UNION EUROPÉENNE

REGION REUNION
www.regionreunion.com

Prolongement et réaménagement de l'axe mixte de Saint-Paul

Dossier d'enquête publique unique

ETUDE D'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT VALANT AUTORISATION AU TITRE DE LA LOI SUR L'EAU

4702681

ARTELIA · VILLES & PAYSAGES · ZONE UP · TP Ingénierie Conseil · ST Stratégies & Territoires · biotope

Prolongement et réaménagement de l'axe mixte de Saint-Paul

Dossier d'enquête publique unique
Région Réunion
Etude d'impact sur l'environnement valant autorisation loi sur l'eau

VERSION	DESCRIPTION	ÉTABLI(E) PAR	APPROUVÉ(E) PAR	DATE
1	Première émission	Matthias BRENIER	Anne Laure. GAUDIEUX ; Theo JEZEQUEL	20 avril 23
2	Version révisée par la Maitrise d'Ouvrage	Mélissa MAGNIER		11 avril 24
3	Seconde émission suite compléments DEAL	Matthias BRENIER	Anne Laure. GAUDIEUX ; Theo JEZEQUEL	12 aout 25
4	Troisième émission suite complément DEAL (12/2025)	Sarah PONEN	Théo JEZEQUEL ; Matthias BRENIER	06 mai 26

Branche Réunion Océan Indien
121 boulevard Jean Jaurès - CS 31005 - 97404 SAINT-DENIS Cedex – TEL : : 02 62 90 96 00 . lareunion@arteliagroup.com

ARTELIA – Siège Social : 16 rue Simone VEIL – 93400 SAINT-OUEN-SUR-SEINE . France
Capital : 13 262 150 Euros . 444 523 526 RCS Bobigny . SIRET 444 523 526 00804 . APE 7112B
N° identification TVA : FR 40 444 523 526 . www.arteliagroup.com

SOMMAIRE

1 PRÉAMBULE 20
1.1 Le contexte du projet 20
1.1.1 Pourquoi un prolongement de l'axe mixte 20
1.1.2 Un projet qui s'inscrit dans une démarche ÉcoCité portée par l'État 21
1.1.2.1 L'Écocité Insulaire et tropicale de la Réunion 21
1.1.3 Un contexte marqué par des politiques fortes en matière de transport en commun 23
1.2 Périmètre projet et phasage 24
1.3 Cadre réglementaire 24
1.3.1 Au titre du code de l'expropriation 24
1.3.1.1 Procédure 25
1.3.2 Au titre du code de l'environnement 25
1.3.2.1 Autorisation Environnementale Unique (AEU) 25
1.3.2.2 Déclaration de projet 29
1.3.2.3 Réserve Naturelle 29
1.3.2.4 Enquête publique 29
1.3.3 Au titre du code de l'urbanisme 29
1.3.4 Au titre du code général de la propriété des personnes publiques 30
1.4 Maitre d'ouvrage 30
2 CONTENU DE L'ÉVALUATION ENVIRONNEMENTALE 31
3 AIRE D'ÉTUDE 33
4 ETAT INITIAL DE L'ENVIRONNEMENT 35
4.1 Milieu physique 35
4.1.1 Contexte climatique 35
4.1.1.1 Sur le territoire réunionnais 35
4.1.1.2 Sur le territoire de la communauté de communes 35
4.1.2 Sols et sous-sol 36
4.1.2.1 Topographie 36
4.1.2.2 Géologie (sous-sols) 37
4.1.2.3 Pédologie (sols) 38
4.1.2.4 Qualité des sols 39

4.1.3 Hydrogéologie : eaux souterraines 42
4.1.3.1 Niveau de nappe 42
4.1.3.2 Qualité des eaux souterraines 45
4.1.3.3 Alimentation en Eau Potable (AEP) 45
4.1.3.4 ENJEU HYDROGEOLOGIQUE GLOBAL 46
4.1.4 Hydrologie 47
4.1.4.1 Ravine Piton Défaud 47
4.1.4.2 Ravine La Plaine 61
4.1.4.3 L'étang de Saint Paul 67
4.1.4.4 Qualité des eaux de surface 68
4.1.5 Risques physiques et naturels 69
4.1.5.1 Risques sismiques 69
4.1.5.2 Aléa éruption volcanique 69
4.1.5.3 Aléa feu de forêt 69
4.1.5.4 Aléa cyclonique 69
4.1.5.5 Aléa maritime 70
4.1.5.6 Risque inondation 71
4.1.5.7 Risque mouvements de terrains 81
4.2 Milieu naturel 82
4.2.1 Zonages à portée réglementaire du patrimoine naturel 82
4.2.1.1 Le Parc National de La Réunion 82
4.2.1.2 Le Conservatoire du Littoral 82
4.2.1.3 Réserve Naturelle Nationale 82
4.2.1.4 Espaces remarquables du littoral 83
4.2.1.5 Les Espaces Naturels Sensibles (ENS) 83
4.2.1.6 Les réservoirs terrestres biologiques avérés reconnus par le TO 83
4.2.1.7 Synthèse 84
4.2.2 Zonages d'inventaire du patrimoine naturel 86
4.2.2.1 Zone Naturelle d'Intérêt Écologique, Faunistique et Floristique (ZNIEFF) 86
4.2.2.2 Zones humides 86
4.2.2.3 Les Réseaux Écologiques à la Réunion (RER) 87
4.2.2.4 Trame terrestre 87
4.2.2.5 Trame aquatique 88
4.2.2.6 Trame marine 88
4.2.2.7 Trame aérienne 88

4.2.2.8 Synthèse 89
4.2.3 Données d'inventaire : habitats, faune et flore 91
4.2.3.1 Habitats naturels 91
4.2.3.2 Flore 103
4.2.3.3 Faune 116
4.2.4 Synthèse des enjeux écologiques au sein de l'aire d'étude rapprochée 138
4.3 Milieu humain 140
4.3.1 Démographie, logements, équipements et services 140
4.3.1.1 Démographie 140
4.3.1.2 Logement 140
4.3.1.3 Equipements et services de proximités 141
4.3.2 Consommation d'espace 142
4.3.3 Risques technologiques 143
4.3.3.1 Risques industriels 143
4.3.3.2 Risques de transports de matières dangereuses (TMD) 144
4.3.4 Mobilité – Trafic 145
4.3.4.1 Description des voies existantes 145
4.3.4.2 Trafic dans la situation actuelle 145
4.3.4.3 Transport en commun 148
4.3.4.4 Les liaisons de mobilités actives 149
4.3.5 Qualité de l'air 151
4.3.5.1 Origine des polluants 151
4.3.5.3 Campagnes de mesures de la qualité de l'air 152
4.3.6 Environnement sonore 158
4.3.6.1 Classement des infrastructures de transport existantes 158
4.3.6.2 Cartes stratégiques du bruits (CSB) et Plan de prévention du bruit dans l'environnement (PPBE) 159
4.3.6.3 Caractérisation de l'état initial par des mesures in-situ 162
4.3.7 Patrimoine 167
4.3.7.1 Monuments historiques 167
4.3.7.2 Sites classés et inscrits 167
4.3.8 Réseaux 168
4.3.8.1 Electricité et télécom 168
4.3.8.2 Réseaux d'irrigation 170
4.3.8.3 Eaux usées et eau potable 172

4.3.8.4 Eaux Pluviales 175
4.3.9 Paysage 176
4.3.9.1 Organisation et structure du paysage 176
4.3.10 Foncier 183
4.4 Synthèse des enjeux environnementaux 185
5 PRÉSENTATION DU PROJET ET DES RAISONS DU CHOIX 193
5.1 Un choix de périmètre guidé par les politiques publiques 193
5.2 Les enjeux d'aménagement de l'axe mixte 195
5.2.1 La mise en œuvre de l'Ecocité Insulaire et Tropicale de la Réunion 195
5.2.2 Améliorer le réseau existant 196
5.2.3 Développer les mobilités alternatives 197
5.2.4 Adapter les aménagements à la vie urbaine 198
5.3 Description du projet et raisons du choix 198
5.3.1 Plan de masse 198
5.3.2 Caractéristiques de la voie et du matériel roulant 199
5.3.3 Description de l'insertion du prolongement de l'axe mixte 200
5.3.3.1 Sur l'axe mixte existant 200
5.3.3.2 SECTEUR 1 Cambaie 200
5.3.3.3 SECTEUR 2 – Savannah 210
5.3.3.4 Les ouvrages d'arts 212
5.3.3.5 Le reprofilage de la Ravine la Plaine 229
5.3.4 Déblais remblais 233
5.3.5 Schéma de mobilité et trafic attendu 234
5.3.5.1 Hypothèses 234
5.3.5.2 Situation de référence 235
5.3.5.3 Situation projet - Phase 1 -2027 236
5.3.5.4 Situation projet - Phase 2 -2029/2030 238
5.3.5.5 Parts modales 239
5.3.6 Les aménagements de biodiversité et paysagers 240
5.3.6.1 Parti d'aménagement 240
5.3.6.2 Les ambiances végétales par secteur 242
5.3.6.3 Modalités de plantation et suivi 244
5.3.7 Les matériaux mis en œuvre 244
5.3.8 L'assainissement des eaux pluviales 245

5.3.8.1 Contexte réglementaire 245
5.3.8.2 Données de sites 245
5.3.8.3 Principes de gestion des eaux pluviales 245
5.3.8.4 BV1 Secteur 1 248
5.3.8.5 BV2 Secteur 1 248
5.3.8.6 BV Secteur 2 249
5.3.9 L'éclairage 250
5.3.10 Les réseaux 251
5.3.11 Le foncier 251
5.3.12 Coût prévisionnel 255
5.3.13 Calendrier et temporalité de réalisation des travaux 255
5.3.13.1 Le phasage des travaux 256
5.4 Modalités techniques envisagées pour l'exécution des travaux 257
5.4.1 Les travaux en section courante 257
5.4.1.1 Libération des emprises et travaux préparatoires 257
5.4.1.2 Dévoiement des réseaux concessionnaires 257
5.4.1.3 Travaux d'assainissement, chaussées, TCSP et modes doux 258
5.4.2 Les travaux d'ouvrages d'art 258
5.4.2.1 Ouvrage d'art « principal » 258
5.4.2.2 Ouvrage d'art « Bretelle » 259
5.4.2.3 Passerelle Quartier Jacquot 259
5.4.2.4 Le pôle d'échange 259
5.4.2.5 Le recalibrage de la ravine la Plaine 260
5.5 Vulnérabilité du projet aux changements climatiques 263
5.5.1 Evolution constatée du climat à la Réunion 263
5.5.2 Les tendances des évolutions du climat au XXIe siècle 263
5.6 Vulnérabilité du projet à des risques d'accidents ou de catastrophes majeurs 265
5.7 Prise en compte des enjeux du réchauffement climatique dans le cadre du projet 266
5.8 Effets attendus sur le développement de l'urbanisation 271
5.9 Analyse des enjeux écologiques et des risques potentiels liés aux aménagements fonciers, agricoles et forestiers portant notamment sur la consommation des espaces agricoles, naturels

ou forestiers induits par le projet, en fonction de l'ampleur des travaux prévisibles et de la sensibilité des milieux concernés 275
5.10 DESCRIPTION DES HYPOTHESES DE TRAFIC, DES CONDITIONS DE CIRCULATION, Evaluation des consommations énergétiques résultant de l'exploitation du projet ET ANALYSE DES COUTS COLLECTIFS DES POLLUTIONS ET DES NUISANCES 276
5.10.1 Description des hypothèses de trafic et des conditions de circulation 276
5.10.2 Analyse des coûts collectifs 279
5.10.2.1 Pollution de l'air locale et régionale 279
5.10.2.2 Effet de serre 280
5.10.3 Bilan des consommations énergétiques 281
6 POSITION DU PROJET PAR RAPPORT AUX DOCUMENTS DE PLANIFICATION, ZONAGES, PROGRAMMES SCHÉMAS ET PLANS 282
6.1 Documents d'urbanisme 282
6.1.1 Schéma d'Aménagement Régional (SAR) & Schéma de Mise en Valeur de la Mer (SMVM) 282
6.1.1.1 Présentation du SAR 282
6.1.1.2 Conformité avec le SAR 282
6.1.1.3 Schéma de Mise en Valeur de la Mer (SMVM) 283
6.1.2 Schéma de Cohérence Territoriale (SCoT) 284
6.1.2.1 Compatibilité avec le projet d'aménagement et de développement durable (PADD) 284
6.1.2.2 Compatibilité avec le document d'orientation et d'objectifs (DOO) 284
6.1.3.1 Le zonage 288
6.1.3.2 Espaces Boisés Classés 289
6.1.3.3 Emplacements réservés 289
6.1.3.4 Les principes du PADD 289
6.1.4 Schéma Départemental des Carrières 292
6.2 Plans liés au transport 293
6.2.1 Le SRIT 293
6.2.2 Le Plan de Déplacement Urbain du TO 295
6.3 Plans et programme relatifs au climat et a l'energie 298
6.3.1 Le SRCAE 298
6.3.2 Programmation Pluriannuelle de l'Énergie 299

6.3.3 PCAET/PCET de Saint Paul et du TO 299
6.4 Plans et programmes relatifs à l'eau 300
6.4.1 Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE) 300
6.4.1.1 Les objectifs environnementaux assignés aux masses d'eau qui intéressent le projet 300
6.4.2 Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SAGE) Ouest 302
6.4.2.1 Règlement du SAGE Ouest 303
6.4.3 SDEP 305
6.4.4 Plan de Prévention des Risques Naturels 306
6.4.4.1 Dispositions applicables à toutes les zones 307
6.4.4.2 Dispositions applicables en zone rouge R1 308
6.4.4.3 Dispositions applicables en zone bleue 308
6.4.4.4 Compatibilité du projet avec le PPRn 309
6.4.5 Plan de Prévention des Risques Littoraux 313
6.4.6 Territoires à risque important d'inondations de Saint Paul 313
6.5 Forage Oméga 315
6.6 Réserve Naturelle de l'etang Saint Paul 316
6.7 Synthèse de la compatibilité 318
7 ANALYSE DES EFFETS DU PROJET ET DES MESURES DESTINÉES À LES ÉVITER, LES RÉDUIRE, LES COMPENSER 320
7.1 Définition et méthodologie 320
7.1.1 Description des impacts 320
7.1.2 Méthodologie de la Séquence Eviter Réduire Compenser 321
7.1.2.1 Les mesures d'évitement 322
7.1.2.2 Les mesures de réduction 322
7.1.2.3 Les mesures de compensation 323
7.2 Les effets et mesures sur le milieu physique 323
7.2.1 Contexte climatique 323
7.2.1.1 Impacts 323
7.2.1.2 Mesures 324
7.2.2 Topographie, sols et sous-sols 324
7.2.2.1 Impacts 325
7.2.2.2 Mesures 327
7.2.3 Hydrologie, hydrogéologie et qualité des eaux 327

7.2.3.1 Effets 329
7.2.3.2 Mesures 343
7.2.4 Le risque inondation 358
7.2.4.1 Effets 359
7.2.4.2 Mesures 369
7.3 Les effets et mesures sur le Milieu naturel 371
7.3.1 Les zones de protection ou d'inventaire 371
7.3.1.1 Effets 371
7.3.1.2 Mesures 371
7.3.2 Sur les habitats et la flore 372
7.3.2.1 Effets 372
7.3.2.2 Mesures 376
7.3.3 Sur la faune 391
7.3.3.1 Impacts bruts sur la faune 392
7.3.3.2 Mesures 393
7.4 Les effets et mesures sur le Milieu humain 400
7.4.1 Démographie – équilibre territorial - mobilité 400
7.4.1.1 Impacts 400
7.4.1.2 Mesures 410
7.4.2 Déchets 412
7.4.2.1 Effets 412
7.4.2.2 Mesures 412
7.4.3 Patrimoine historique et cultuel 414
7.4.3.1 Effets en phase travaux et d'exploitation 414
7.4.3.2 Mesures 417
7.4.4 Réseaux 419
7.4.4.1 Effets et mesures 419
7.4.5 Qualité de vie – bruit, vibration 423
7.4.5.1 Effets 423
7.4.5.2 Mesures 430
7.4.6 Qualité de vie - air 431
7.4.6.1 Impacts 431
7.4.6.2 Mesures 438
7.4.7 Énergie 439
7.4.7.1 Impacts 439

7.4.7.2 Mesures 440
7.4.8 Paysage 441
1.1.1.1. Impacts 441
7.4.8.2 Mesures 443
7.5 SYNTHESE DES IMPACTS MESURES 456
7.6 IMPACTS CUMULES AVEC D'AUTRES PROJETS/ PLANS ET PROGRAMMES 469
7.6.1 Le projet de centrale photovoltaïque au sol à Saint-Paul (ancienne décharge de Cambaie) 469
7.6.2 Projet de modification de l'autorisation d'exploiter la carrière au lieu-dit « Plaine Défaud » sur la commune de Saint-Paul 470
7.6.3 Projet OPALE ALSEI de Zone d'activités CORNU 470
7.6.4 Projet d'extension d'une carrière SCPR de matériaux alluvionnaires sur la commune de Saint-Paul au lieu-dit « plaine Chabrier » 471
7.6.5 Projet de Terres Fertiles 473
7.6.6 ZAC CAMBAIE 475
7.7 Estimation du coût des mesures 484
8 DISPOSITIONS GÉNÉRALES SUR L'ORGANISATION DU CHANTIER, MOYENS DE SURVEILLANCE ET D'INTERVENTION 485
8.1 Cahier des charges environnemental 485
8.2 Démarche de chantier respectueux de l'environnement 485
8.3 Préconisations aux entreprises 486
8.4 Moyen d'intervention en cas d'accident 487
8.4.1 En phase travaux 487
8.4.1.1 Incidents corporels et matériels 487
8.4.1.2 Pollution accidentelle 487
8.4.2 En phase d'exploitation 488
8.4.2.1 Accidents matériels et corporels 488
8.4.2.2 Procédure d'intervention en cas de pollution accidentelle 488
8.4.2.3 Traitement de la pollution sur la voirie et les parkings 488
8.4.2.4 Mesures de prévention et réduction des pollutions accidentelles 489
9 EVOLUTION PROBABLE DE L'ENVIRONNEMENT : SCENARIO PROJET ET SCENARIO AU FIL DE L'EAU 490

10 ANALYSE DES METHODES D'EVALUATION 493
10.1 Méthodes mises en œuvre 493
10.1.1 Prospections faune/flore 493
10.1.2 Etude hydraulique 493
10.1.3 Étude acoustique 493
10.1.4 Etude air 493
10.2 ACQUISITIONS DE DONNEES 493
10.2.1 Bibliographie 493
10.2.2 Réunions et consultations 495
10.3 IDENTIFICATION DES DIFFICULTES RENCONTREES 498
10.4 Auteurs de l'étude 498

TABLEAUX

Tableau 1 – Rubriques de la nomenclature loi sur l'eau susceptible d'être visés par le projet ... 25
Tableau 2 – Rubriques de la nomenclature étude d'impact visées par le projet ... 26
***Tableau 3 – Synthèse des données climatiques* ... 35**
Tableau 4 Synthèses des résultats analytiques ... 41
Tableau 5 : Caractéristiques du bassin versant amont et calcul du temps de concentration ... 60
Tableau 6 : Débits caractéristiques de crue des ravines constituant le bassin versant de l'Etang Saint-Paul ... 62
***Tableau 7 – Caractérisation de l'aléa inondation pour la crue centennale en fonction des vitesses et des hauteurs d'eau* ... 71**
***Tableau 8 – Caractérisation du niveau d'aléa mouvements de terrain en fonction de l'intensité du phénomène* ... 81**
***Tableau 9 – Zonages à portée réglementaire du patrimoine naturel* ... 84**
Tableau 10. ZNIEFF décrites à proximité de la zone d'étude ... 86
Tableau 11 Bio évaluation des habitats recensés sur la zone d'étude (Source ; Biotope 2021, CBNM 2014 et DEAL 2010) ... 97
Tableau 12 INVASIBILITÉ [entre parenthèse, le code du critère d'invasibilité selon LAVERGNE, 2016) (CBNM, 2016) ... 107
Tableau 13 : Liste des espèces exotiques présentant un caractère envahissant ou un risque fort d'invasion (CBNM 2016) ... 108
Tableau 14: Statuts et enjeux écologiques des espèces végétales patrimoniales issus de la bibliographie et présentes dans l'aire d'étude rapprochée (Source SINP 2022) ... 110
Tableau 15: Liste des espèces floristiques patrimoniales et/ou protégées observées en 2025 (Source : Biotope, 2025) ... 114
***Tableau 16 – Description des polluants surveillés (source : ORA)* ... 152**
***Tableau 17 – Données météorologiques pendant la campagne de mesures du 09 au 30 juin 2022 - Station Météo France de La Réunion – Le Port* ... 153**
***Tableau 18 – Concentrations moyennes en NO_2 et benzène relevée pendant la campagne de mesures* ... 155**
***Tableau 19 – Concentrations en moyennes annuelles de NO2 (µg/m3) pour la période 2014-2019 (Stations : Centre pénitentiaire et Plateau Caillou) et comparaison aux valeurs de concentrations obtenues pendant la campagne sur ces mêmes stations.* ... 156**
***Tableau 20 – Comparaison des concentrations pendant les campagnes de 2020 et de 2022 pour des capteurs positionnées au même endroit* ... 157**
Tableau 21 - Classement sonore dans la zone d'étude ... 158
***Tableau 22 – Résultats des mesures* ... 162**
Tableau 23 Évaluation en façade de bâtiment à l'état initial ... 166
***Tableau 24 – Synthèse des enjeux environnementaux* ... 185**
Tableau 25 : Coût lié à l'effet de serre pour une année, en euros ... 268
***Tableau 26 : Consommations dans le domaine d'étude en kilogramme par jour* ... 270**
Tableau 27 Hypothèses étude trafic ... 276
***Tableau 28 : Kilométrage parcourus sur le réseau d'étude* ... 278**
Tableau 29 : Valeurs 2015 de la pollution atmosphérique en euros pour 100 véhicules par km ... 279
Tableau 30 : Valeurs 2015 de la pollution atmosphérique en euros pour 100 véhicules par km ... 279
Tableau 31 Coûts collectifs liés à la pollution atmosphérique pour une année, en euros ... 280
Tableau 32 Coût lié à l'effet de serre pour une année, en euros ... 280
Tableau 33 : Consommations dans le domaine d'étude en kilogramme par jour ... 281
Tableau 34 Récapitulatif des principes d'aménagement du PADD ... 289

Tableau 35 – Orientations et principes d'action du SDAGE 2022-2027 300
Tableau 36 – Transcription entre les différents types de phénomènes, le niveau d'intensité des aléas et le zonage réglementaire 307
Tableau 37 – Synthèse de la compatibilité avec les plans et programmes 318
Tableau 38 : Débits caractéristiques sur le secteur n°1 335
Tableau 39 : Débits caractéristiques sur le secteur n°2 337
Tableau 40 : Volumes de rétention sur le secteur n°2 338
Tableau 41 - Niveaux maximaux admissibles pour les indicateurs de gêne due au bruit d'une infrastructure routière nouvelle 424
Tableau 42 - Trafic sur l'axe mixte pour les scénarios projets aux horizons 2029 et 2049 425
Tableau 43 - Évaluation en façade de bâtiment – Contribution sonore de la voie nouvelle seule 428
Tableau 44 Emissions globales pour les différents scénarios étudiés dans l'aire d'étude en grammes par jour 434
Tableau 45 Consommations dans le domaine d'étude en kilogramme par jour 440
Tableau 46 Tableau de synthèse reprenant les enjeux identifiés à l'état initial, les impacts du projet en phase travaux et en phase d'exploitation, les mesures identifiées pour Eviter Réduire et Compenser et l'identification des impacts résiduels post mesures..... 456

FIGURES

Figure 1 : Plan d'aménagement de la ZAC Cambaie Omega avec le prolongement de l'axe mixte 22
Figure 2 Tracé RRTG / Projet TO 23
Figure 3 Les aires d'études du projet axe mixte 34
Figure 4 – Topographie du secteur et profil altimétrique de l'état initial du giratoire de Cambaie à celui de Savanna 36
Figure 5 – Situation du projet vis-à-vis de la géologie 38
Figure 6 – Situation de la zone d'étude vis-à-vis de la pédologie 39
Figure 7 Plan de localisation des sites - sans échelle (Lacq) 40
Figure 8 Points échantillonnés du Nord (gauche) au Sud 40
Figure 9 – Esquisse générale de la plaine de Saint-Paul et de la Plaine des Galets (source : DOMINIQUE V., 2009) 42
Figure 10 Description du profil altimétrique du secteur et des niveaux de nappes 43
Figure 11 Limite en eau de la ravine la Plaine d'après le suivi piézométrique 2020-2021 45
Figure 12 – Situation du projet vis-à-vis des forages AEP 46
Figure 13 : buse sous la RN1 vue de l'aval 47
Figure 14 : buse sous la RN1 vue de l'aval 47
Figure 15 : aval de la zone de rétention et fossé exutoire 48
Figure 16 : canalisation en aval de la zone de rétention 48
Figure 17 : vue en amont de la buse 48
Figure 18 : vue en aval de la buse 48
Figure 19 : buse depuis l'amont 49
Figure 20 : buse depuis l'aval 49
Figure 21 : buse sous la RN1 vue de l'aval 49
Figure 22 : fin de la canalisation des écoulements – écoulements sur la voirie 49
Figure 23 : fossé au niveau du site URCOOPA 50
Figure 24 : amont de la buse sous le site URCOOPA 50
Figure 25 : schématisation des écoulements sur le secteur amont 50
Figure 26 : fossé le long de la RN 51

Figure 27 : fossé le long de la RN 51
Figure 28 : entrée du site URCOOPA 51
Figure 29 : noue le long des voiries 51
Figure 30 : exemple de mur de séparation le long de l'Axe Mixte (côté est) 52
Figure 31 : exemple de mur de séparation le long de l'Axe Mixte (côté ouest) 52
Figure 32 : schématisation des écoulements sur le secteur central 52
Figure 33 : fin du mur côté ouest – rond-point de Cambaie 53
Figure 34 : séparateur central de chaussée 53
Figure 35 : zone de déversement possible vers les zones basses à l'ouest du giratoire de Cambaie 53
Figure 36 : schématisation des écoulements sur le secteur aval 54
Figure 37 : Ouvrages existants et cheminement des eaux en période de crue (source : étude Ecocité) 56
Figure 38 : Ecoulements sur le secteur des carrières (source : étude Ecocité) 57
***Figure 39 : Découpage en bassins versants (source : étude Ecocité)* 58**
Figure 40 : répartition des débits au niveau du giratoire de Cambaie (source : étude Ecocité) .. 59
Figure 41 : Délimitation des bassins versants constituant l'étang Saint-Paul 61
Figure 42Vidange de l'étang dans la mer, à gauche et exondation du plan d'eau à droite, suite à l'ouverture « anthropique » du cordon littoral. Source : Attié, 2012 68
Figure 43 Les aléas inondation et le périmètre projet 72
Figure 44 : Configuration de référence – Evènement centennal – Débits maximaux calculés 73
Figure 45 : Emprise du modèle Ravine La Plaine – Etang Saint-Paul 75
***Figure 46 – Secteur d'étude vis-à-vis des zones inondables issues du PPRi (secteur de la Ravine La Plaine)* 76**
***Figure 47 : Cartographie de la topographie du modèle (Etat actuel)* 76**
Figure 48 Aléa mouvement de terrain et périmètre projet 81
***Figure 49 – Périmètres de protection réglementaire des milieux naturels* 85**
***Figure 50 – Périmètres de protection des milieux naturels de types inventaires* 90**
Figure 51. Ourlet hélophytique à Fimbristylis cymosa (Biotope, 2021) 93
Figure 52. Végétation marécageuse de basse altitude (Réunion) (Biotope, 2021) 93
Figure 53. Végétations hélophytique à Typha domingensis (CBNM, 2021) 94
Figure 54. Prairie marécageuse à Setaria geminata (CBNM, 2021) 94
Figure 55. Savane herbacée à gauche et tonsure à Zornia gibbosa à droite (Biotope, 2021) 95
Figure 56. Fourrés secondaires de diverses espèces exotiques à tendance semi-xérophile (Biotope, 2021) 95
Figure 57. Végétation aquatique flottante héliophile à Eichhornia crassipes et Pistia stratiotes (CBNM, 2021) 96
Figure 58 Cartographie des 3 zones prospectées en 2025 (Source : Biotope, 2025) 99
Figure 59 Cartographie des habitats avec un focus sur 3 zones prospectées en 2025 dans le cadre du recalibrage de l'axe mixte de Saint-Paul (Source : Biotope, 2025) 101
Figure 60. Diagramme de représentativité des espèces végétales recensées dans la zone d'étude (Biotope, 2021) 104
Figure 61. Fiche d'identification de Zornia gibbosa (Biotope, 2021). 105
Figure 62 Habitat secondaire du Zornia gibbosa présentant les plus fortes densités du site d'étude : ancienne décharge de Cambaie située au Nord-Est présentant des zones pionnières (secteurs érodés – Biotope, 2021). 105
Figure 63. Habitat primaire du Zornia gibbosa : tonsures de savanes herbacées à Heteropogon contortus et Aristida spp. (Biotope, 2021). 106
Figure 64. Habitat anthropique du Zornia gibbosa : bordures des trottoirs et massifs ornementaux. (Biotope, 2021) 106

Figure 65 Nesaea triflora à gauche et Aristida setacea à droite (Biotope, 2021), deux espèces classées respectivement en danger et quasi menacée (IUCN, 2013). 107
Figure 66 Synthèse des enjeux floristiques sur les zones prospectées lors des inventaires de 2025 (note : tous les individus d'espèces patrimoniales et/ou protégées à fort enjeu n'ont pas nécessairement été inventoriés du fait de leur densité mais leur répartition est indiquée) (Source : Biotope, 2025) 115
Figure 67 : Caméléon panthère femelle (©Marie BELLAY, 2020) 120
Figure 68. Occurrence spécifique (présence/absence) lors des points d'écoute (n=7, 2 saisons) (Biotope, 2021) 122
Figure 69. Part d'observations d'individus par espèce sur l'ensemble des points d'écoute (n=7, 2 saisons) (Biotope, 2021) 122
Figure 70. Proportion d'individus observés en termes de statut d'origine (Biotope, 2021) 123
Figure 71SCHEMA DE PRINCIPE, vue en plan et vues en profil pour la restauration des habitats aquatiques d'un chenal Type, OCEA, 2012 136
***Figure 72 – Principaux équipements* 141**
Figure 73 Evolution des surfaces urbanisées entre 2013 et 2018 (source Mairie de Saint Paul – Codra) 142
***Figure 74 – ICPE de la Plaine de Cambaie* 144**
Figure 75 Taux d'occupation à l'HPM en situation actuelle 147
Figure 76 Taux d'occupation à l'HPS en situation actuelle 148
Figure 77 Offre 2018 de transport en commun 149
Figure 78 Les liaisons de mobilité actives du secteur d'étude 150
***Figure 79 – Carte des stations fixes de surveillance de la qualité de l'air (Source : ORA)* 151**
***Figure 80 – Localisation des points de mesures air* 153**
Figure 81 –Concentrations moyennes en NO2 (en µg/m3) relevées pendant la campagne de mesures du 09 au 30 juin 2022 156
***Figure 82 – Concentrations moyennes en NO2 (µg/m3) obtenus dans le cadre de l'étude de la ZAC Cambaie* 157**
Figure 83 - Secteurs affectés par le bruit tels que désignés par l'arrêté préfectoral sur le classement sonore des infrastructures routières (Source : http://administration.reunion.gouv.fr) Remarque : La zone du projet est représentée par le rectangle noir 159
Figure 84 - Carte de bruit stratégique type A - Lden 160
Figure 85 - Carte de bruit stratégique type A – Lnight 160
Figure 86 - Carte de bruit stratégique type C – Lden 161
Figure 87 - Carte de bruit stratégique type C - Lnight 161
***Figure 88 – Résultats des mesures* 162**
Figure 89 – Carte des isophones à 4 m du sol à l'état initial pour la période jour 164
Figure 90 Carte des isophones à 4 m du sol à l'état initial pour la période nuit 165
Figure 91 Évaluation en façade de bâtiment à l'état initial 166
***Figure 92 – Situation du projet vis-à-vis du patrimoine historique* 167**
Figure 93 Réseaux ILO existant 171
Figure 94 Plan du système de collecte des eaux usées de Saint-Paul – secteur Nord-Ouest 172
***Figure 95 – Carte de synthèse des enjeux (source : Atlas des paysages de La Réunion)* 177**
Figure 96 Bloc diagramme des paysages des Pentes de l'Ouest et des pentes de St Paul / Le Port / La Possession 178
***Figure 97 – L'antenne Oméga au temps de son fonctionnement* 181**
Figure 98 Synthèse des principaux enjeux 191
Figure 99 Fig. 1. Cartographie du cœur d'agglomération décrit au SCOT 2006 193
Figure 100 Schéma de synthèse du SAR 194

Figure 101 Le projet Ecocité sur la Plaine de Cambaie en 2045 à gauche et en première phase 2030 à droite 194
Figure 102 Le giratoire de Cambaie en projet 197
Figure 103 : schématisation des écoulements sur le secteur aval de la Ravine Piton Defaud ... 203
Figure 104 : Configuration de référence – Evènement centennal – Débits maximaux calculés. 203
Figure 105 : Configuration « SCENARIO 4 » – Topographie 205
Figure 106 : Configuration PROJET SCENARIO 4– Evènement centennal – Débits maximaux calculés **..... 206**
Figure 107 Perspective du rond-point de Cambaie SCENARIO 4 206
Figure 108 Plan et perspective du Pôle d'échange multimodal 208
Figure 109 Plan du Parking Relais 208
Figure 110 Ouvrage principale en phase PRO 223
Figure 111 Travaux envisagés en 2018 pour assurer la protection de la zone 230
Figure 112 Description des voies de circulation sur le secteur 2 en phase 1 237
Figure 113 Charge en véhicule à l'Heure de Pointe du Matin HPM (gauche) et à l'Heure de Pointe du Soir (droite) à la mise en service du secteur 1 237
Figure 114 Charge en véhicule à l'Heure de Pointe du Matin HPM (gauche) et à l'Heure de Pointe du Soir (droite) à la mise en service du secteur 2 238
Figure 115 Description des voies de circulation sur le secteur 2 en phase 2 239
Figure 116 Détail du principe d'aménagement des bordures 241
Figure 117 : Détail du principe d'aménagement des traversées piétonnes 242
Figure 113 Croquis d'ambiance de la ravine la Plaine 243
Figure 119 : Bassins versants du secteur n°1 245
Figure 120 : Bassins versants routiers du secteur n°2 **..... 246**
Figure 121 : Bassins versants routiers du secteur n°2 **.....** Erreur ! Signet non défini.
Figure 122 Pourcentage d'espaces naturels agricoles et forestiers (NAF) par commune 266
Figure 123 Schémas de principe de l'implantation bâtie le long de l'axe mixte en fonction des situations 273
Figure 124 Schéma de principe de l'armature viaire de la ZAC Cambaie-Omega 274
Figure 125 Réseau routier retenu **..... 277**
Figure 126 : Evolution du kilomètre parcouru **..... 278**
Figure 127 – Situation du périmètre du projet sur la carte de destination générale des sols du SAR **..... 283**
Figure 128 Réservoir de biodiversité et corridor écologique sur la cartographie de l'étude préalable d'identification et de cartographie des réseaux écologiques (2014) 285
Figure 129 Les principes du PADD de Saint Paul 290
Figure 130 – Zonage du PLU de Saint-Paul **..... 291**
Figure 131 Zoom sur le secteur d'étude et l'espace carrière EC15_01B **..... 292**
Figure 132 Extrait du zonage des Eaux Pluviales du SDEP de Saint Paul 306
Figure 133 – Situation du périmètre du projet vis-à-vis des PPRN et PPRL de Saint-Paul **..... 313**
Figure 134 Périmètre d'étude et périmètres de protection de la ressource en eau 315
Figure 135 Périmètre projet et périmètre de la Réserve Naturelle 316
Figure 136 : Représentation schématique du bilan écologique de la séquence éviter, réduire et compenser les atteintes à la biodiversité Source : Business and Biodiversity Offsets, Programme modifié **..... 322**
Figure 137 Profil en long du projet au droit de l'ex carrière SCPR 326
Figure 138 Limite en eau de la ravine la Plaine d'après le suivi piézométrique 2020-2021 329
Figure 139 : Coupe-type de la noue recueillant les eaux de ruissellement pluvial 333
Figure 140 : Profil en long type de la noue 333
Figure 141 : Profil en travers de l'axe mixte (configuration n°1) 334

Figure 142 : Profil en travers de l'axe mixte (configuration n°2) 334
Figure 143 : Bassins versants routiers du secteur n°1 335
Figure 144 : Bassins versants routiers du secteur n°2 337
Figure 145 Exemple d'échantillonnage de la turbidité pour une zone de travaux 350
Figure 146 : Implantation du bassin de rétention du BV2 du secteur 1 ... Erreur ! Signet non défini.
Figure 147 : Implantation du bassin de rétention du BV1 du secteur 2 ... Erreur ! Signet non défini.
Figure 148 : Implantation du bassin de rétention du BV2 du secteur 2 ... Erreur ! Signet non défini.
Figure 149 : Implantation du bassin de rétention du BV3 du secteur 2 356
Figure 150 : Implantation du décanteur-lamellaire sur la bretelle de sortie de la RN 1 357
Figure 151 : schématisation des écoulements sur le secteur aval de la Ravine Piton Defaud ... 358
Figure 152 – Secteur d'étude vis-à-vis des zones inondables issues du PPRi (secteur de la Ravine La Plaine)..... 359
Figure 153 Intention de situation des bases vie 359
Figure 154 : Configuration PROJET SCENARIO 4– Evènement centennal – Débits maximaux calculés..... 361
Figure 155 Description des voies de circulation sur le secteur 2 en phase 1 406
Figure 156 Charge en véhicule à l'Heure de Pointe du Matin HPM (gauche) et à l'Heure de Pointe du Soir (droite) à la mise en service du secteur 1..... 406
Figure 157 Charge en véhicule à l'Heure de Pointe du Matin HPM (gauche) et à l'Heure de Pointe du Soir (droite) à la mise en service du secteur 2..... 407
Figure 158 Description des voies de circulation sur le secteur 2 en phase 2 408
Figure 159 : Détail du principe d'aménagement des bordures hautes entre la voirie VL et les cycles quand ils sont côté à côté..... 411
- Figure 160 : Détail du principe d'aménagement des traversées piétonnes surélevées par un plateau pour faire ralentir les automobilistes et les cyclistes 411
Figure 161 Vue 1 depuis le domaine de la Poncetière qui est dans le dos du preneur de vue avec en face la RN1 puis, le projet axe mixte 416
Figure 162 Vue 2 en bordure de la RN1 et en direction du Domaine de la Poncetière, on aperçoit le troisième étage du CHOR. Aucune vue n'est permise sur le bâti du Domaine de la Poncetière du CHOR..... 417
Figure 163 - Identification des différentes sections (1&2) de l'axe mixte et localisation de la coupe verticale 426
Figure 164 - Coupe verticale de la contribution sonore de la nouvelle voirie à proximité de la future ZAC – Horizon 2029..... 427
Figure 165 - Coupe verticale de la contribution sonore de la nouvelle voirie à proximité de la future ZAC – Horizon 2049..... 428
Figure 166 Évaluation en façade des bâtiments - Contribution sonore de la voie nouvelle seule 429
Figure 167 Fig. 1. Ampleur relative des émissions de polluants atmosphériques dues aux activités de construction 432
Figure 168 Réseau routier retenu 433
Figure 169 Contribution des sources modélisées aux concentrations moyennes annuelles dans l'air en NO2 (gauche) et en PM10 (droite) en µg/m3 - État initial..... 435
Figure 170 Contribution des sources modélisées aux concentrations moyennes annuelles dans l'air en NO2 en µg/m3 – Scénario référence 2029 à gauche, et en scenario projet 2029 à droite 436
Figure 171 Contribution des sources modélisées aux concentrations moyennes annuelles dans l'air en particule PM10 en µg/m3 – Scénario référence 2029 et en scenario projet 2029 à droite 436

Figure 172 Contribution des sources modélisées aux concentrations moyennes annuelles dans l'air en NO2 en µg/m3 – Scénario référence 2049 à gauche, et en scenario projet 2049 à droite 437
Figure 173 Contribution des sources modélisées aux concentrations moyennes annuelles dans l'air en particule PM10 en µg/m3 – Scénario référence 2049 et en scenario projet 2049 à droite 437
Figure 174 Secteur 1 à l'état initial et à l'état projet 442
Figure 175 Secteur 2 à l'état initial et à l'état projet 443
Figure 176 Coupe au droit de l'ouvrage de franchissement principal de l'Axe Mixte et montrant également la RN1 qui la surplombe 443
Figure 177 Croquis d'ambiance de la ravine la Plaine, zone sèche 446
Figure 178 Le passage en radier à l'état initial 446
Figure 172 La passerelle qui traverse la ravine de l'étang de Saint Paul, Photo G. PAYET 447
Figure 180 Croquis d'ambiance de la ravine recalibrée au niveau du radier existant 447
Figure 174 Coupe type de la noue 448
Figure 182 Périmètre projet vis-à-vis des surfaces d'extraction SCPR et de sa surface d'extension projetée 471
Figure 183 Extension du périmètre du plan d'extraction envisagé par le TO et maitrise foncière SCPR 472
Figure 184 - Carte des isophones scénario projet 2029 - Période diurne
Figure 185 - Carte des isophones scénario projet 2029 - Période nocturne 479
Figure 186 - Carte des isophones scénario projet 2049- Période diurne à gauche et période nocturne à droite 480
Figure 187 Coupe secteur 1 482
Figure 188 Coupe secteur 2 483

SIGLES

ABF : ARCHITECTE DES BATIMENTS DE FRANCE

AEP : ALIMENTATION EN EAU POTABLE

AEU : AUTORISATION ENVIRONNEMENTALE UNIQUE

ARS : AGENCE REGIONALE DE LA SANTE

BTEX : BENZENE, TOLUENE, ÉTHYLBENZENE, XYLENES

CDNPS : COMMISSION DEPARTEMENTALE DE LA NATURE, DES PAYSAGE ET DES SITES

DCE : DIRECTIVE CADRE SUR L'EAU

DAAF : DIRECTION DE L'ALIMENTATION, DE L'AGRICULTURE ET DE LA FORET

DEAL : DIRECTION DE L'ENVIRONNEMENT, DE L'AMENAGEMENT ET DU LOGEMENT

DUP : DECLARATION D'UTILITE PUBLIQUE

EBC : ESPACE BOISE CLASSE

HAP : HYDROCARBURES AROMATIQUES POLYCYCLIQUES

HCT : HYDROCARBURES TOTAUX

HPM : HEURE DE POINTE DU MATIN

HPS : HEURE DE POINTE DU SOIR

ICPE : INSTALLATION CLASSEE POUR LA PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT

ISDI : INSTALLATION DE STOCKAGE DE DECHETS INERTES

PADD : PROJET D'AMENAGEMENT ET DE DEVELOPPEMENT DURABLE

PEM : POLE D'ECHANGE MULTIMODAL

PLU : PLAN LOCAL D'URBANISME

PPA : PROJET PARTENARIAL D'AMENAGEMENT

PPE : PROGRAMMATION PLURIANNUELLE DE L'ENERGIE

PPR : PLAN DE PREVENTION DES RISQUES

RRTG : RESEAU REGIONAL DE TRANSPORT GUIDE

SAGE : SCHEMA D'AMENAGEMENT ET DE GESTION DES EAUX

SAR : SCHEMA D'AMENAGEMENT REGIONAL

SCOT : SCHEMA DE COHERENCE TERRITORIALE

SDAGE : SCHEMA DIRECTEUR D'AMENAGEMENT ET DE GESTION DES EAUX

SMVM : SCHEMA DE MISE EN VALEUR DE LA MER

TMD : TRANSPORT DE MATIERE DANGEREUSE

TO : TERRITOIRE DE LA COTE OUEST

TCSP : TRANSPORTS COLLECTIFS EN SITE PROPRE

VPC = VEHICULE PERSONNEL CONDUCTEUR

VPP = VEHICULE PERSONNEL PASSAGER

ZAC : ZONE D'AMENAGEMENT CONCERTE

ZNIEFF : ZONE NATURELLE D'INTERET ÉCOLOGIQUE, FAUNISTIQUE ET FLORISTIQUE

1 PREAMBULE

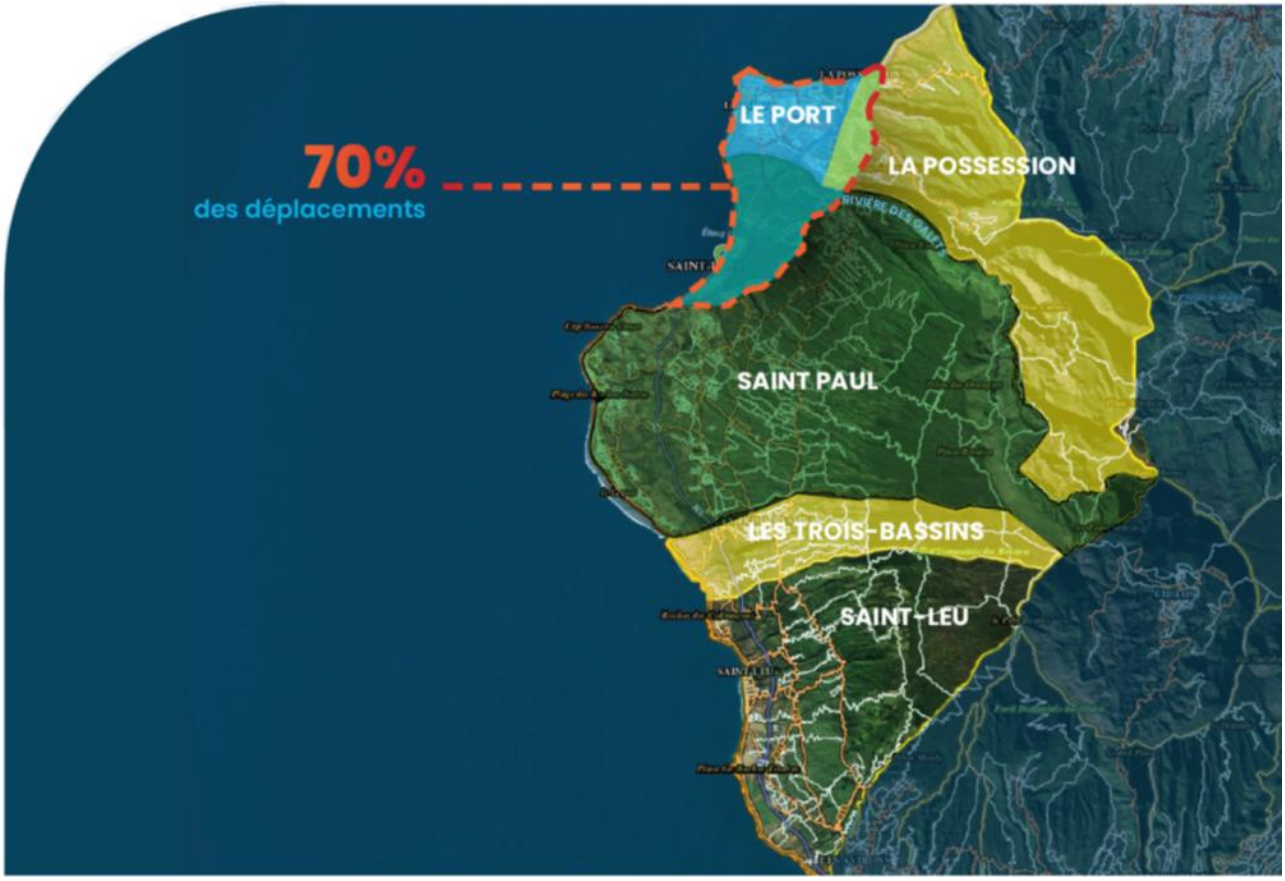
L'opération objet de la présente étude est le prolongement d'un axe routier structurant existant, la RN7, au sud du giratoire de l'échangeur de Cambaie. Ce prolongement, nommé boulevard de Cambaie, est particulièrement stratégique dans la structuration du réseau routier car c'est le chaînon manquant, complémentaire à la RN1 dans la liaison entre Saint-Paul et Le Port. Il relie ainsi le giratoire de Cambaie à l'échangeur de Savanna sur un linéaire de 1950 mètres environ, réutilisant partiellement des voies déjà aménagées.

Cette nouvelle liaison permet également la circulation des Transports en Commun TC en site propre continu entre l'Etang de Saint-Paul et la rivière des Galets, développe leur efficacité en réduisant et régulant leur temps de parcours. Cet aménagement préfigure l'arrivée du transport régional guidé en réservant une plateforme dédiée, compatible au futur transport ferré.

1.1 LE CONTEXTE DU PROJET

1.1.1 Pourquoi un prolongement de l'axe mixte

Le « cœur d'agglomération » du Territoire de l'Ouest (TO), constitué des centres-villes de La Possession, de Saint- Paul et du Port, concentre environ 70% des déplacements internes à l'intercommunalité pour une surface ne représentant que 14% du territoire formé par les cinq communes.



Unique voie de liaison entre Cambaie et Savanna, la RN1 doit supporter tous les types de déplacements. Ainsi, la portion de route nationale située entre Saint-Paul et La Possession est l'une des plus saturées de l'île avec 90 000 véhicules par jour en moyenne. Cette congestion de l'infrastructure existante et des échangeurs la desservant (Savanna, Cambaie, Sacré-Cœur et Sainte-Thérèse) conduit à des situations accidentogènes et nuit à l'attractivité des transports en commun

contraints d'emprunter la RN1. De plus, le réseau viaire actuel offre une desserte insuffisante du quartier Jacquot et de la zone d'activité de Cambaie (Cinéma, Parc des expositions) puisque le seul accès à double sens est le radier submersible de Savanna qui devient infranchissable en cas d'épisode pluvieux important.

Au regard de ces éléments, il est apparu indispensable de renforcer le maillage viaire du cœur d'agglomération, au droit de la RN1 existante et de développer les modes alternatifs à la voiture, en vue d'améliorer les conditions générales de circulation sur le secteur.

1.1.2 Un projet qui s'inscrit dans une démarche ÉcoCité portée par l'État

La démarche Ecocité portée par l'Etat vise à favoriser l'innovation urbaine des grands territoires urbains, métropoles et grandes agglomérations. Au nombre de 31, elles bénéficient de l'accompagnement de l'État et du soutien financier du programme d'investissements d'avenir « Ville de demain » géré par la Banque des Territoires.

Portant sur les enjeux de la qualité de l'air, la gestion de l'énergie et de l'eau, des déchets, de la mobilité ou encore de la cohésion sociale, **les Ecocités, font émerger une nouvelle façon de concevoir, construire et gérer la ville, dans un objectif de rayonnement national et international.**

1.1.2.1 L'Écocité Insulaire et tropicale de la Réunion

1.1.2.1.1 Le projet Cambaie-Omega au sein de la démarche Ecocité

L'Écocité du Territoire de l'Ouest, unique ÉcoCité d'Outre-Mer, est une démarche de développement urbain qui concerne le cœur d'agglomération du TO constitué par les bas de la commune de la Possession, le Port, le centre-ville de Saint-Paul, Cambaie et Savanna. Le TO ambitionne d'accueillir 50 % des besoins en construction neuve du territoire Ouest sur le cœur d'agglomération, permettant ainsi de lutter contre le mitage des mi-pentes et ses conséquences environnementales, de permettre l'accueil des entreprises en lien notamment avec l'activité portuaire et d'accompagner la politique de renforcement des transports en commun.

La labellisation ÉcoCité du Cœur d'agglomération du TO s'est traduit par l'élaboration d'un plan-guide approuvé en 2015 et mis à jour en 2020. Celui-ci fixe les orientations d'aménagement et de développement sur un périmètre de 5 000 ha qui s'étend de la route du littoral au Cap La Houssaye et du front de mer aux mi-pentes, sur les trois communes de Saint-Paul, Le Port et La Possession.

La démarche Ecocité de la Réunion a donné lieu à la signature d'un projet partenarial d'aménagement (PPA) fin 2020 entre le TO, les communes de Saint-Paul, La Possession, Le Port, la Région, l'Etat et le Département. Le PPA fixe les orientations et les priorités d'intervention des partenaires sur la période 2020-2030 sur le cœur d'agglomération. La première opération d'aménagement identifié est la ZAC Cambaie-Omega. Or la réalisation de cette dernière est conditionnée par le réaménagement et le prolongement de l'axe mixte.

La ZAC Cambaie Oméga

L'opération publique d'aménagement Cambaie Oméga s'inscrit autour du tissu existant de la Plaine de Loisirs, tout en s'articulant avec projet de prolongement de l'axe mixte depuis le giratoire de Cambaie.

Figure 1 : Plan d'aménagement de la ZAC Cambaie Omega avec le prolongement de l'axe mixte

Elle est constituée de plusieurs secteurs :

- **Au nord**, le secteur Cambaie/Omega ➔ nouveau quartier avec une zone d'activité tertiaire, de nombreux logements, un groupe scolaire, un hôtel d'affaire, …
- **Au sud**, au niveau du parc des loisirs ➔ développement de l'offre actuel avec la création de terrains de sport, d'un hébergement pour sportifs, des équipements de loisirs, des commerces, …
- **Au centre** ➔ espace public de grande ampleur avec la création du parc des loisirs et la mise en œuvre d'une lisière entre le nouveau quartier Cambaie Oméga et la RN1.

1.1.3 Un contexte marqué par des politiques fortes en matière de transport en commun

A ce jour, la Région a validé, en concertation avec l'ensemble des acteurs publics de transport, le tracé de référence du Réseau Régional de Transport Guidé (RRTG), les stations ainsi que le mode préférentiel. D'une manière générale, le RRTG a vocation à être préfiguré en mode routier dans l'attente d'une évolution en mode ferré sur certains secteurs.

Le secteur Ouest, depuis le futur pôle d'échange multimodal de Bertin à Saint-Denis jusqu'à l'échangeur de l'Eperon à Saint-Paul, est identifié comme l'un des secteurs prioritaires pour la réalisation des premières tranches du RRTG, considérant les congestions routières grandissantes en entrée Ouest de Saint-Denis et en traversée de l'Ouest de l'île.

Aussi, dans le cadre des études de tracé du RRTG menées par la Région et achevées en 2016, il a été acté un tracé de référence basé sur la traversée du cœur d'agglomération du Territoire de l'Ouest.

Le TO a engagé une étude de programmation visant la réalisation d'une ligne de bus à haut niveau de service (BHNS) et de prioriser son action vers une préfiguration en mode routier de la ligne La Possession – Saint Paul Centre-Ville. Le projet du TO s'insèrera sur les tronçons en site propre existant ou en cours d'étude et ainsi dans la continuité des études réalisées dans le cadre des études de faisabilité RRTG – tram Ouest, menées en 2018/2019. Le transport en commun se développe sur un grand axe de 50 m de large, reliant la ville de Saint-Paul à la ville du Port. Il passe au travers du projet urbain de Cambaie, sur l'Axe Mixte prolongé en projet (Boulevard de Cambaie).

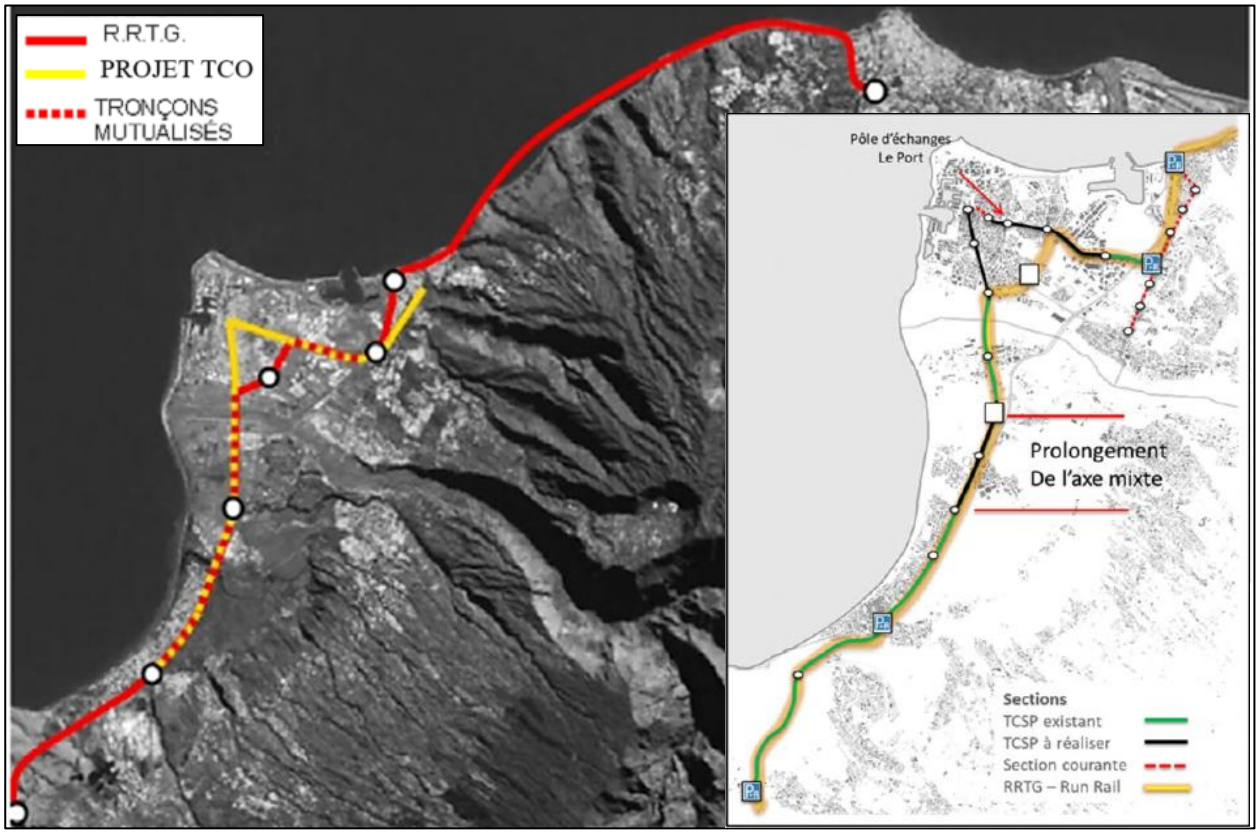
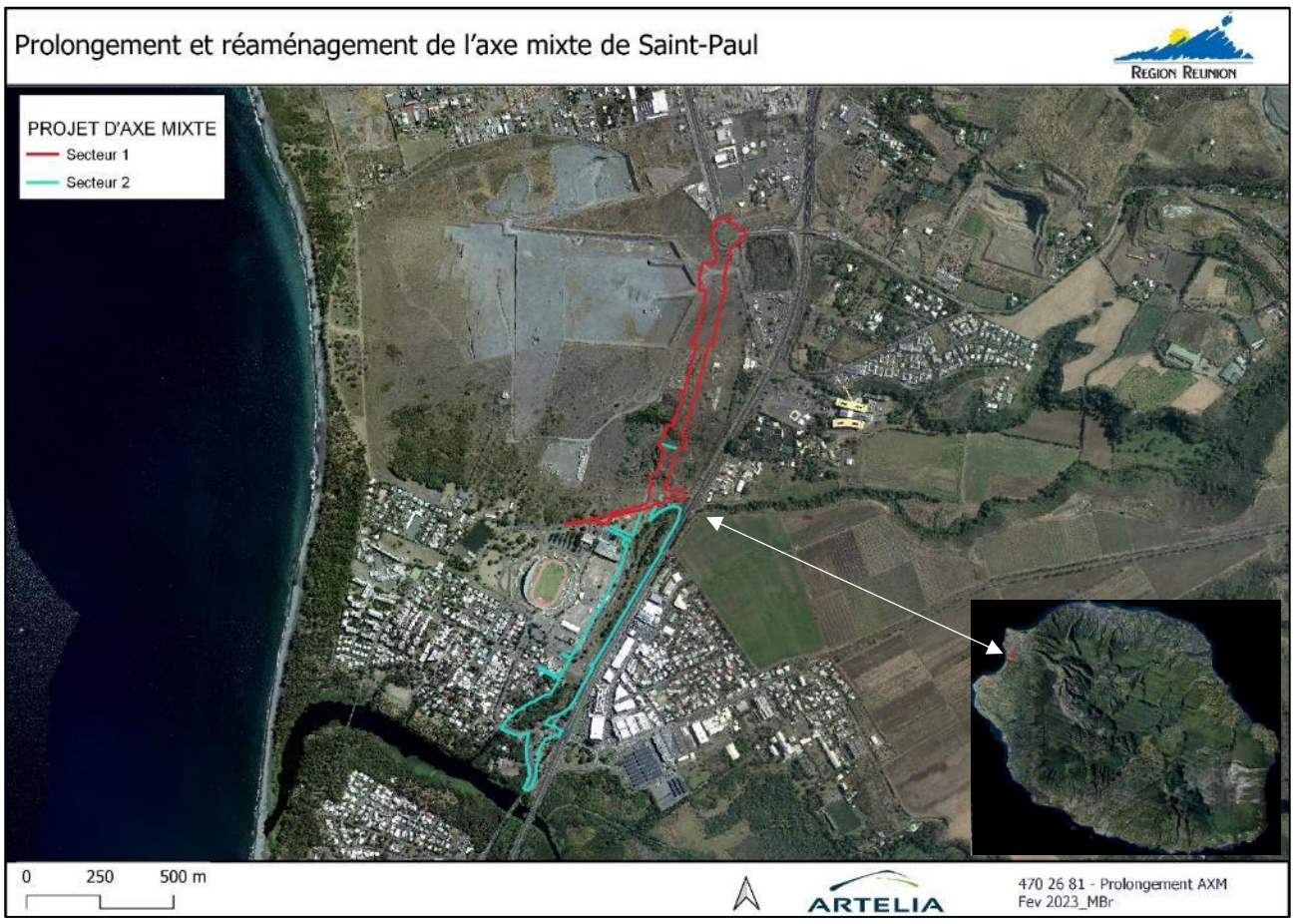


Figure 2 Tracé RRTG / Projet TO

1.2 PERIMETRE PROJET ET PHASAGE

Sur la commune de Saint Paul, le projet prolonge la Nationale 7 dite Axe Mixte du giratoire de Cambaie jusqu'à l'échangeur de Savanna. On distingue compte tenu du phasage de l'opération deux secteurs dans le périmètre. Le secteur 1 qui correspond à la phase 1 de l'opération dont les travaux sont programmés à compter de 2027 [1]et le secteur 2 qui correspond à la phase 2 de l'opération et pour laquelle les travaux sont programmés à compter de 2029.



1.3 CADRE REGLEMENTAIRE

Le projet est soumis à plusieurs procédures réglementaires relevant du code de l'expropriation, du code de l'urbanisme et du code de l'environnement.

1.3.1 Au titre du code de l'expropriation

L'emprise foncière du projet peut nécessiter des acquisitions de parcelles privées. En l'absence d'accord amiable, la Région devra recourir à l'expropriation. Pour cela le projet doit être reconnu d'utilité publique. Cette déclaration d'utilité

[1] Notez que les horizons de mise en service ont été révisés en raison de l'allongement des délais d'études. Ces ajustements n'ont toutefois pas nécessité de modification des horizons modélisés sur la mobilité (2025, 2027 et 2047), qui demeurent pertinents pour l'analyse du projet et la justification de l'intérêt public. Dans la suite du rapport pour une meilleur lecture les années sur les modèles de mobilité et sur les modèles air et bruit sont décrits 2027-2029-2049.

publique (DUP) ne peut intervenir que suite à enquête publique, comme l'indique l'article L 1 du Code de l'Expropriation reporté ci-dessous.

- *« L'expropriation, en tout ou partie, d'immeubles ou de droits réels immobiliers ne peut être prononcée qu'à la condition qu'elle réponde à une utilité publique préalablement et formellement constatée à la suite d'une enquête et qu'il ait été procédé, contradictoirement, à la détermination des parcelles à exproprier ainsi qu'à la recherche des propriétaires, des titulaires de droits réels et des autres personnes intéressées. Elle donne lieu à une juste et préalable indemnité. »*

1.3.1.1 Procédure

La DUP est une procédure administrative qui permet de réaliser une opération d'aménagement sur des terrains privés en pratiquant des expropriations, précisément pour cause d'utilité publique.

La procédure d'expropriation se décompose en deux phases :

- La phase administrative dont la finalité est la déclaration d'utilité publique du projet prononcé par arrêté préfectoral (enquête d'utilité publique) et la détermination des parcelles à exproprier définies par un arrêté préfectoral de cessibilité (enquête parcellaire) ;
- La phase judiciaire, qui correspond à la procédure de transfert de propriété des biens et d'indemnisation des propriétaires. Cette procédure est instruite par le juge de l'expropriation dès la transmission du dossier administratif finalisé par le préfet au juge de l'expropriation.

1.3.2 Au titre du code de l'environnement

1.3.2.1 Autorisation Environnementale Unique (AEU)

Il s'agit de décrire la position du projet vis-à-vis de l'Autorisation Environnementale Unique. Deux entrées sont étudiées : Loi sur l'eau et ICPE.

1.3.2.1.1 Loi sur l'eau - entrée de la procédure AEU

Le Code de l'Environnement prévoit à l'article L.214-1 que les installations, les ouvrages, travaux et activités en lien avec l'eau, les milieux aquatiques ou marins sont soumis aux dispositions réglementaires des articles L.214-2 à L.214-6.

Ces installations, ouvrages, travaux et activités sont définis dans une nomenclature et soumis à autorisation ou à déclaration suivants les dangers qu'ils présentent et la gravité de leurs effets sur la ressource en eau et les écosystèmes aquatiques. Cette nomenclature est définie par décret en Conseil d'Etat, la version actuellement en vigueur étant celle du décret n°2006-880 du 17 juillet 2006.

Tableau 1 – Rubriques de la nomenclature loi sur l'eau susceptible d'être visés par le projet

Rubriques		Seuil	Position du projet
Titre Ier : Prélèvements :			Non concerné
Titre II : Rejets			
2.1.5.0	Rejet d'eaux pluviales dans les eaux douces superficielles ou sur le sol ou dans le sous-sol, la surface totale du projet, augmentée de la surface correspondant à la partie du bassin naturel dont les écoulements sont interceptés par le projet, étant :		Le périmètre projet additionné de son bassin versant présente une superficie supérieure à 20 ha. **Concerné par le régime d'Autorisation.**
	1° Supérieure ou égale à 20 ha	A	
	2° Supérieure à 1 ha mais inférieure à 20 ha	D	
Titre III : Impacts sur le milieu aquatique ou sur la sécurité publique			
3.1.1.0	Installations, ouvrages, remblais et épis, dans le lit mineur d'un cours d'eau, constituant :		La mise en place des aménagements sur la ravine la Plaine améliore les conditions d'écoulements entre l'état initial et l'état projet - Non Concerné
	1° Un obstacle à l'écoulement des crues	A	
	2° Un obstacle à la continuité écologique :		
	a) Entraînant une différence de niveau supérieure ou égale à 50 cm, pour le débit moyen annuel de la ligne d'eau entre l'amont et l'aval de l'ouvrage ou de l'installation	A	

Rubriques		Seuil	Position du projet
	b) Entraînant une différence de niveau supérieure à 20 cm mais inférieure à 50 cm pour le débit moyen annuel de la ligne d'eau entre l'amont et l'aval de l'ouvrage ou de l'installation	D	
3.1.2.0	Installations, ouvrages, travaux ou activités conduisant à modifier le profil en long ou le profil en travers du lit mineur d'un cours d'eau		Sur le site en projet, la ravine la Plaine et l'Étang de Saint Paul constituent des cours d'eau au titre de l'arrêté du 21 août 2006 relatif à l'identification et la gestion du Domaine Public Fluvial de l'Etat à la Réunion. Le projet prévoit le recalibrage de la ravine la Plaine sur une longueur supérieure à 100 m - **Autorisation**
	1° Sur une longueur de cours d'eau supérieure ou égale à 100 m ;	A	
	2° Sur une longueur de cours d'eau inférieure à 100 m.	D	
3.1.4.0	Consolidation ou protection des berges, à l'exclusion des canaux artificiels, par des techniques autres que végétales vivantes :		Mise en place de protection en enrochements au droit des ouvrages de franchissement de la Ravine La Plaine – longueur inférieure à 200 m - **Déclaration**
	1° Sur une longueur supérieure ou égale à 200 m (A)	A	
	2° Sur une longueur supérieure ou égale à 20 m mais inférieure à 200 m (D)	D	
3.1.5.0	Installations, ouvrages, travaux ou activités, dans le lit mineur d'un cours d'eau, étant de nature à détruire les frayères, les zones de croissance ou les zones d'alimentation de la faune piscicole, des crustacés et des batraciens, ou dans le lit majeur d'un cours d'eau, étant de nature à détruire les frayères de brochet :		Le projet de recalibrage de la Ravine la plaine inclus des aires des zones de croissance ou les zones d'alimentation de la faune piscicole, des crustacés et des batraciens sur des surfaces supérieures à 200 m² - **Autorisation**
	1° Destruction de plus de 200 m2 de frayères ;	A	
	2° Dans les autres cas.	D	
3.2.2.0	Installations, ouvrages, remblais dans le lit majeur d'un cours d'eau : Au sens de la présente rubrique, le lit majeur du cours d'eau est la zone naturellement inondable par la plus forte crue connue ou par la crue centennale si celle-ci est supérieure. La surface soustraite est la surface soustraite à l'expansion des crues du fait de l'existence de l'installation ou ouvrage, y compris la surface occupée par l'installation, l'ouvrage ou le remblai dans le lit majeur.		Remblaiement de l'axe mixte au droit de la Ravine La Plaine **Autorisation**
	1° Surface soustraite supérieure ou égale à 10 000 m²	A	
	2° Surface soustraite supérieure ou égale à 400 m² et inférieure à 10 000 m² (D)	D	
3.3.1.0	Assèchement, mise en eau, imperméabilisation, remblais de zones humides ou de marais, la zone asséchée ou mise en eau étant :		Le projet n'est pas en zone humide classée mais interfère avec des zones humides situées en aval et est classée RAMSAR dans sa partie Ravine la Plaine (surface inférieure à 1 ha). **Déclaration**
	1° Supérieure ou égale à 1 ha	A	
	2° Supérieure à 0,1 ha, mais inférieure à 1 ha	D	

⇨ Le projet est soumis à autorisation au titre de la rubrique 2.1.5.0, 3.1.2.0, 3.1.5.0 et 3.2.2.0 et à déclaration au titre des rubriques 3.1.4.0 et 3.3.1.0.

1.3.2.1.2 Autorisation encadrée par l'Autorisation Environnementale Unique

a. Evaluation environnementale

La réglementation relative à l'évaluation environnementale est codifiée par le code de l'environnement par les articles L.122-1 et suivants pour sa partie législative et par les articles R.122-1 et suivants pour son application réglementaire.

L'annexe à l'article R.122-2 du Code de l'Environnement identifie selon la catégorie d'aménagements, d'ouvrages et de travaux les projets soumis à évaluation environnementale et ceux soumis à la procédure de « cas par cas » :

Tableau 2 – Rubriques de la nomenclature étude d'impact visées par le projet

CATÉGORIES de projets	PROJETS soumis à évaluation environnementale	PROJETS soumis à examen au cas par cas	Position du projet vis-à-vis de la rubrique
Infrastructures de transport			
6. Infrastructures routières (les ponts, tunnels et tranchées couvertes supportant des infrastructures routières	a) Construction d'autoroutes et de voies rapides. b) Construction d'une route à quatre voies ou plus, élargissement d'une route existante à deux voies ou moins pour en faire une route à quatre voies ou plus, lorsque la nouvelle route ou la section de route alignée et/ ou élargie	**a) Construction de routes classées dans le domaine public routier de l'Etat**, des départements, des communes et des établissements publics de coopération intercommunale non mentionnées aux b) et c) de la colonne précédente. b) Construction d'autres voies non mentionnées au a) mobilisant des techniques de stabilisation des sols et d'une longueur supérieure à 3 km. En	Le projet est concerné par l'a) de la colonne précédente. Il est soumis au titre de cette rubrique à examen au cas par cas. → **Cas par cas**

CATÉGORIES de projets	PROJETS soumis à évaluation environnementale	PROJETS soumis à examen au cas par cas	Position du projet vis-à-vis de la rubrique
doivent être étudiés au titre de cette rubrique).	excède une longueur ininterrompue d'au moins 10 kilomètres. c) Construction, élargissement d'une route par ajout d'au moins une voie, extension d'une route ou d'une section de route, lorsque la nouvelle route ou la section de route élargie ou étendue excède une longueur ininterrompue d'au moins 10 kilomètres.	Guyane, ce seuil est porté à 30 km pour les projets d'itinéraires de desserte des bois et forêts mentionnés au premier alinéa de l'article L. 272-2 du code forestier, figurant dans le schéma pluriannuel de desserte forestière annexé au programme régional de la forêt et du bois mentionné à l'article L. 122-1 du code forestier et au 26° du I de l'article R. 122-17 du code de l'environnement. c) Construction de pistes cyclables et voies vertes de plus de 10 km.	
Milieux aquatiques, littoraux et maritimes			
10. Canalisation et régularisation des cours d'eau.		Ouvrages de canalisation, de reprofilage et de régularisation des cours d'eau s'ils entraînent une artificialisation du milieu sous les conditions de respecter les critères et seuils suivants : -installations, ouvrages, travaux ou activités (IOTA) conduisant à modifier le profil en long ou le profil en travers du lit mineur d'un cours d'eau sur une longueur de cours d'eau supérieure ou égale à 100 m ; -consolidation ou protection des berges, par des techniques autres que végétales vivantes sur une longueur supérieure ou égale à 200 m ; -installations, ouvrages, travaux ou activités, dans le lit mineur d'un cours d'eau, étant de nature à détruire les frayères, les zones de croissance ou les zones d'alimentation de la faune piscicole, des crustacés et des batraciens, ou dans le lit majeur d'un cours d'eau, étant de nature à détruire les frayères de brochet pour la destruction de plus de 200 m ^{2} de frayères ; -installations, ouvrages, travaux ou activités conduisant à la dérivation d'un cours d'eau sur une longueur supérieure ou égale à 100 m.	**Cas par cas**
41. Aires de stationnement ouvertes au public, dépôts de véhicules et garages collectifs de caravanes ou de résidences mobiles de loisirs.		a) Aires de stationnement ouvertes au public de 50 unités et plus. b) Dépôts de véhicules et garages collectifs de caravanes ou de résidences mobiles de loisirs de 50 unités et plus.	Le projet aménage un parking relais de plus de 50 unités. **Le projet est soumis à examen au cas par cas**
47. Premiers boisements et déboisements en vue de la reconversion de sols.	a) Défrichements portant sur une superficie totale, même fragmentée, égale ou supérieure à 25 hectares.	a) Défrichements soumis à autorisation au titre de l'article L. 341-3 du code forestier en vue de la reconversion des sols, portant sur une superficie totale, même fragmentée, de plus de 0,5 hectare.	Le projet ne constitue pas une opération d'urbanisation ou d'implantation industrielle ou d'exploitation de matériaux. Il entraîne des défrichements sur plus de 0,5ha. **Le projet est soumis à examen au cas par cas**
	b) **Pour La Réunion et Mayotte, dérogations à l'interdiction générale de défrichement**, mentionnée aux articles L. 374-1 et L. 375-4 du code forestier, ayant pour objet des opérations d'urbanisation ou d'implantation industrielle ou d'exploitation de matériaux.	b) Autres déboisements en vue de la reconversion des sols, portant sur une superficie totale, même fragmentée, de plus de 0,5 hectare. En Guyane, ce seuil est porté à : -20 ha dans les zones classées agricoles par un plan local d'urbanisme ayant fait l'objet d'une évaluation environnementale ou, en l'absence d'un tel plan local d'urbanisme, dans le schéma d'aménagement régional ; -5 ha dans les autres zones. c) Premiers boisements d'une superficie totale de plus de 0,5 hectare.	

La Région soumet de façon volontariste à l'évaluation environnementale systématique.

b. Dérogation espèces protégées

Le projet ne permet pas d'éviter l'impact sur des espèces protégées. Des dossiers de dérogation espèces protégées sont donc réalisés et sont encadrés par l'Autorisation Environnementale Unique.

c. Dérogation à l'interdiction générale de défricher

L'Office National des Forêts s'est prononcé sur la nécessité de déroger à l'interdiction générale de défricher. Les pièces complémentaires propres à cette dérogation sont présentées dans le dossier d'Autorisation Environnementale Unique.

d. Installations Classées pour le Protection de l'Environnement

Une rubrique ICPE est à considérer. Il s'agit de la rubrique ICPE 2510-3 :

2510. Exploitation de carrière ou autre extraction de matériaux

1. Exploitation de carrières, à l'exception de celles visées au 5 et 6. (A - 3)

2. Sans objet.

3. Affouillements du sol (à l'exception des affouillements rendus nécessaires pour l'implantation des constructions bénéficiant d'un permis de construire et des affouillements réalisés sur l'emprise des voies de circulation), lorsque les matériaux prélevés sont utilisés à des fins autres que la réalisation de l'ouvrage sur l'emprise duquel ils ont été extraits et lorsque la superficie d'affouillement est supérieure à1000 mètres carrés ou lorsque la quantité de matériaux à extraire est supérieure à 2000 tonnes (A - 3)

Le projet d'aménagement d'Axe Mixte fait partie des exemptions décrites à la rubrique 2510.3 « affouillements réalisés sur l'emprise des voies de circulation ». En effet le projet dans sa globalité vise effectivement à la réalisation de voies de circulation. *

⇨ **Non concerné**

1.3.2.2 Déclaration de projet

L'article L122-1 du code de l'expropriation stipule que « Si l'expropriation est poursuivie au profit d'une collectivité territoriale, d'un de ses établissements publics ou de tout autre établissement public, l'autorité compétente de l'Etat demande, au terme de l'enquête publique, à la collectivité ou à l'établissement intéressé de se prononcer, dans un délai qui ne peut excéder six mois, sur l'intérêt général du projet dans les conditions prévues à l'article L. 126-1 du code de l'environnement. Après transmission de la déclaration de projet ou à l'expiration du délai imparti à la collectivité ou à l'établissement intéressé pour se prononcer, l'autorité compétente de l'Etat décide de la déclaration d'utilité publique ».

1.3.2.3 Réserve Naturelle

Au titre de l'article L332-9 du CE, les territoires classés en réserve naturelle ne peuvent être ni détruits ni modifiés dans leur état ou dans leur aspect, sauf autorisation spéciale du conseil régional pour les réserves naturelles régionales, ou du représentant de l'Etat ou du ministre chargé de la protection de la nature pour les réserves naturelles nationales.

La ravine objet du recalibrage ne fait pas partie du périmètre de la Réserve Naturelle Nationale.

Or, la réglementation applicable à une réserve naturelle est strictement circonscrite à son périmètre légalement défini et ne peut s'étendre au-delà (sauf en cas de création d'un périmètre de protection spécifique, ce qui ne semble pas être le cas en l'espèce). Par conséquent, les prescriptions et protections attachées au statut de réserve naturelle ne sauraient s'appliquer en dehors de ses limites géographiques. Les travaux envisagés ne sont donc pas susceptibles d'être considérés comme modifiant l'état ou l'aspect de la réserve, et ne sont, par conséquent, pas soumis à autorisation préalable au titre de l'article L. 332-9 du code de l'environnement.

1.3.2.4 Enquête publique

Le projet fait l'objet d'une enquête publique qui a pour objet d'assurer l'information et la participation du public ainsi que la prise en compte des intérêts des tiers lors de l'élaboration des décisions susceptibles d'affecter l'environnement mentionnées à l'article L. 123-2.

1.3.3 Au titre du code de l'urbanisme

Protection du patrimoine : L'article R421-3 du code de l'urbanisme dispose que les ouvrages d'infrastructure terrestre implantés dans le périmètre d'un site patrimonial remarquable ou dans les abords des monuments historiques sont concernés par les dispositions du code de l'urbanisme.

Le projet se situant dans le périmètre de protection des abords du Domaine de la Poncetière, monument historique inscrit**, l'autorisation préalable de l'architecte des bâtiments de France est portée par la procédure d'autorisation environnementale.**

Archéologie préventive : Au regard des affouillements réalisés, le projet peut potentiellement mettre à jour des vestiges. La région a transmis en avril 2022 au service régional de l'archéologie le dossier de prolongement de l'axe mixte afin que ce dernier examine si le projet est susceptible de donner lieu à des prescriptions archéologiques.

Par retour en date du 12 avril et après examen de référence 2022/2983/DGAGCTD/DTD/IM, **le service régional de l'archéologie décrit qu'en l'état des connaissances archéologiques sur le secteur concerné, et de la nature et de l'impact des travaux projetés, il ne donnera pas lieu à prescription d'archéologie préventive.**

Concertation : Une concertation prise au titre du code de l'urbanisme a été organisée par la Région Réunion sur 6 semaines du 9 novembre au 18 décembre 2020.

Article L.121-6 du Code de l'Urbanisme : L'article L.121-6 du Code de l'Urbanisme énonce que « les nouvelles routes de transit sont localisées à une distance minimale de 2 000 mètres du rivage ». **Le prolongement de l'axe mixte ne constitue pas une voie de transit.**

Article L.111-6 et 7 du Code de l'Urbanisme (issus loi Barnier) : L'article L.111-6 du Code de l'Urbanisme énonce « qu'en dehors des espaces urbanisés des communes, les constructions ou installations sont interdites dans une bande de cent mètres de part et d'autre de l'axe des autoroutes, des routes express et des déviations au sens du code de la voirie routière et de soixante-quinze mètres de part et d'autre de l'axe des autres routes classées à grande circulation ».

Et l'art. 111-7 du Code de l'Urbanisme décrit que « L'interdiction mentionnée à l'article L. 111-6 ne s'applique pas aux constructions ou installations liées ou nécessaires aux infrastructures routières ». **Le projet prolongement de l'axe mixte n'est pas concerné par la Loi Barnier.**

1.3.4 Au titre du code général de la propriété des personnes publiques

Le projet est concerné dans le cadre des travaux réalisés sur la Ravine la Plaine par une demande d'Autorisation d'Occupation Temporaire du Domaine Public Fluvial au titre de l'article L2122-1.

1.4 MAITRE D'OUVRAGE

MAÎTRISE D'OUVRAGE
RÉGION RÉUNION **Hôtel de Région Pierre Lagourgue** **Avenue René Cassin - Moufia** **97490 Sainte-Clotilde**

SIRET : 239 740 012 00012

2 CONTENU DE L'EVALUATION ENVIRONNEMENTALE

Le contenu de l'évaluation environnementale d'un projet est réglementé dans l'article R122-5 du code de l'environnement. Le tableau suivant décrit pour chacun des items réglementaires les pièces du dossier d'enquête et chapitres auquel le lecteur se rapportera pour le contenu dédié.

Evaluation Environnementale Projet (R122-5/ 29 juin 2021)	Cf.
1° Un résumé non technique	Pièce C
2° Une description du projet, y compris en particulier : – une description de la localisation du projet ; – une description des caractéristiques physiques de l'ensemble du projet, y compris, le cas échéant, des travaux de démolition nécessaires, et des exigences en matière d'utilisation des terres lors des phases de construction et de fonctionnement ; – une description des principales caractéristiques de la phase opérationnelle du projet, relatives au procédé de fabrication, à la demande et l'utilisation d'énergie, la nature et les quantités des matériaux et des ressources naturelles utilisés ; – une estimation des types et des quantités de résidus et d'émissions attendus, tels que la pollution de l'eau, de l'air, du sol et du sous-sol, le bruit, la vibration, la lumière, la chaleur, la radiation, et des types et des quantités de déchets produits durant les phases de construction et de fonctionnement.	Pièce B -Chap.5
3° Une description des aspects pertinents de l'état initial de l'environnement, et de leur évolution en cas de mise en œuvre du projet ainsi qu'un aperçu de l'évolution probable de l'environnement en l'absence de mise en œuvre du projet, dans la mesure où les changements naturels par rapport à l'état initial de l'environnement peuvent être évalués moyennant un effort raisonnable sur la base des informations environnementales et des connaissances scientifiques disponibles ;	Pièce B -Chap. 4
4° Une description des facteurs mentionnés au III de l'article L. 122-1 susceptibles d'être affectés de manière notable par le projet : la population, la santé humaine, la biodiversité, les terres, le sol, l'eau, l'air, le climat, les biens matériels, le patrimoine culturel, y compris les aspects architecturaux et archéologiques, et le paysage	Pièce B -Chap. 7
5° Une description des incidences notables que le projet est susceptible d'avoir sur l'environnement résultant, entre autres : a) De la construction et de l'existence du projet, y compris, le cas échéant, des travaux de démolition ; b) De l'utilisation des ressources naturelles, en particulier les terres, le sol, l'eau et la biodiversité, en tenant compte, dans la mesure du possible, de la disponibilité durable de ces ressources ; c) De l'émission de polluants, du bruit, de la vibration, de la lumière, la chaleur et la radiation, de la création de nuisances et de l'élimination et la valorisation des déchets ; d) Des risques pour la santé humaine, pour le patrimoine culturel ou pour l'environnement ; e) Du cumul des incidences avec d'autres projets existants ou approuvés, en tenant compte le cas échéant des problèmes environnementaux relatifs à l'utilisation des ressources naturelles et des zones revêtant une importance particulière pour l'environnement susceptibles d'être touchées. f) Des incidences du projet sur le climat et de la vulnérabilité du projet au changement climatique ; g) Des technologies et des substances utilisées.	Pièce B -Chap. 7

Evaluation Environnementale Projet (R122-5/ 29 juin 2021)	Cf.
6° Une description des incidences négatives notables attendues du projet sur l'environnement qui résultent de la vulnérabilité du projet à des risques d'accidents ou de catastrophes majeurs en rapport avec le projet concerné. Cette description comprend le cas échéant les mesures envisagées pour éviter ou réduire les incidences négatives notables de ces événements sur l'environnement et le détail de la préparation et de la réponse envisagée à ces situations d'urgence ;	Pièce B –Chap. 7
7° Une description des solutions de substitution raisonnables qui ont été examinées par le maître d'ouvrage, en fonction du projet proposé et de ses caractéristiques spécifiques, et une indication des principales raisons du choix effectué, notamment une comparaison des incidences sur l'environnement et la santé humaine ;	Pièce B Chap. 5
8° Les mesures prévues par le maître de l'ouvrage pour : – éviter les effets négatifs notables du projet sur l'environnement ou la santé humaine et réduire les effets n'ayant pu être évités ; – compenser, lorsque cela est possible, les effets négatifs notables du projet sur l'environnement ou la santé humaine qui n'ont pu être ni évités ni suffisamment réduits. S'il n'est pas possible de compenser ces effets, le maître d'ouvrage justifie cette impossibilité. La description de ces mesures doit être accompagnée de l'estimation des dépenses correspondantes, de l'exposé des effets attendus de ces mesures à l'égard des impacts du projet sur les éléments mentionnés au 5° ;	Pièce B –Chap.7
9° Le cas échéant, les modalités de suivi des mesures d'évitement, de réduction et de compensation proposées ;	Pièce B -Chap. 7
10° Une description des méthodes de prévision ou des éléments probants utilisés pour identifier et évaluer les incidences notables sur l'environnement ;	Pièce B -Chap. 10
11° Les noms, qualités et qualifications du ou des experts qui ont préparé l'étude d'impact et les études ayant contribué à sa réalisation ;	Pièce B -Chap. 10.4
Pour les infrastructures de transport visées aux 5° à 9° du tableau annexé à l'article R. 122-2 (le projet vise la rubrique 6 et est donc concerné), l'étude d'impact comprend, en outre : – une analyse des conséquences prévisibles du projet sur le développement éventuel de l'urbanisation ; – une analyse des enjeux écologiques et des risques potentiels liés aux aménagements fonciers, agricoles et forestiers portant notamment sur la consommation des espaces agricoles, naturels ou forestiers induits par le projet, en fonction de l'ampleur des travaux prévisibles et de la sensibilité des milieux concernés ; – une analyse des coûts collectifs des pollutions et nuisances et des avantages induits pour la collectivité. Cette analyse comprendra les principaux résultats commentés de l'analyse socio-économique lorsqu'elle est requise par l'article L. 1511-2 du code des transports ; – une évaluation des consommations énergétiques résultant de l'exploitation du projet, notamment du fait des déplacements qu'elle entraîne ou permet d'éviter ; – une description des hypothèses de trafic, des conditions de circulation et des méthodes de calcul utilisées pour les évaluer et en étudier les conséquences.	Pièce B –Chap 5.8 Pièce B -Chap5.9 Pièce B -Chap5.10.2 Pièce B –Chap 5.10.3 Pièce B -Chap5.10.1

Evaluation Environnementale Projet (R122-5/ 29 juin 2021)	Cf.
Elle indique également les principes des mesures de protection contre les nuisances sonores qui seront mis en œuvre en application des dispositions des articles R. 571-44 à R. 571-52.	Pièce B -Chap7
Pour les installations, ouvrages, travaux et aménagements relevant du titre Ier du livre II et faisant l'objet d'une évaluation environnementale, l'étude d'impact contient les éléments mentionnés au II de l'article R. 181-14 : « Lorsque le projet est susceptible d'affecter des intérêts mentionnés à l'article L. 211-1 (ici la préservation des écosystèmes aquatiques), l'étude d'incidence environnementale porte sur la ressource en eau, le milieu aquatique, l'écoulement, le niveau et la qualité des eaux, y compris de ruissellement, en tenant compte des variations saisonnières et climatiques. Elle précise les raisons pour lesquelles le projet a été retenu parmi les alternatives au regard de ces enjeux. Elle justifie, le cas échéant, de la compatibilité du projet avec le schéma directeur ou le schéma d'aménagement et de gestion des eaux et avec les dispositions du plan de gestion des risques d'inondation mentionné à l'article L. 566-7 et de sa contribution à la réalisation des objectifs mentionnés à l'article L. 211-1 ainsi que des objectifs de qualité des eaux prévus par l'article D. 211-10. »	Pièce B – Chap 5 et 7

3 AIRE D'ETUDE

L'aire d'étude conditionne la pertinence des analyses. Les limites d'aire d'étude sont définies par l'impact potentiel ayant les répercussions notables les plus lointaines. Elles varient sensiblement en fonction des thèmes étudiés :

- L'aire d'étude éloignée constitue la zone qui englobe tous les impacts potentiels. Deux aires d'études (1-2) éloignées sont décrites :
    - La Réunion (1) dans son ensemble est prise en considération, par exemple sur les thèmes du climat, des transports ou encore des risques qui peuvent s'apprécier à cette échelle ;
    - Le territoire de la Communauté de Communes (2) d'une part, et le territoire de de Saint Paul qui constitue un zoom plus fin. Des thèmes comme la démographie, l'économie, l'emploi sont notamment appréciés à cette échelle.
- L'aire d'étude rapprochée. L'effort d'inventaires des études Faune Flore a été maximal sur cette zone.
- L'aire d'étude immédiate qui est constitué par le périmètre sur lequel ont été élaborées les études d'opportunité, de faisabilité, puis de description des scénarios d'aménagement.

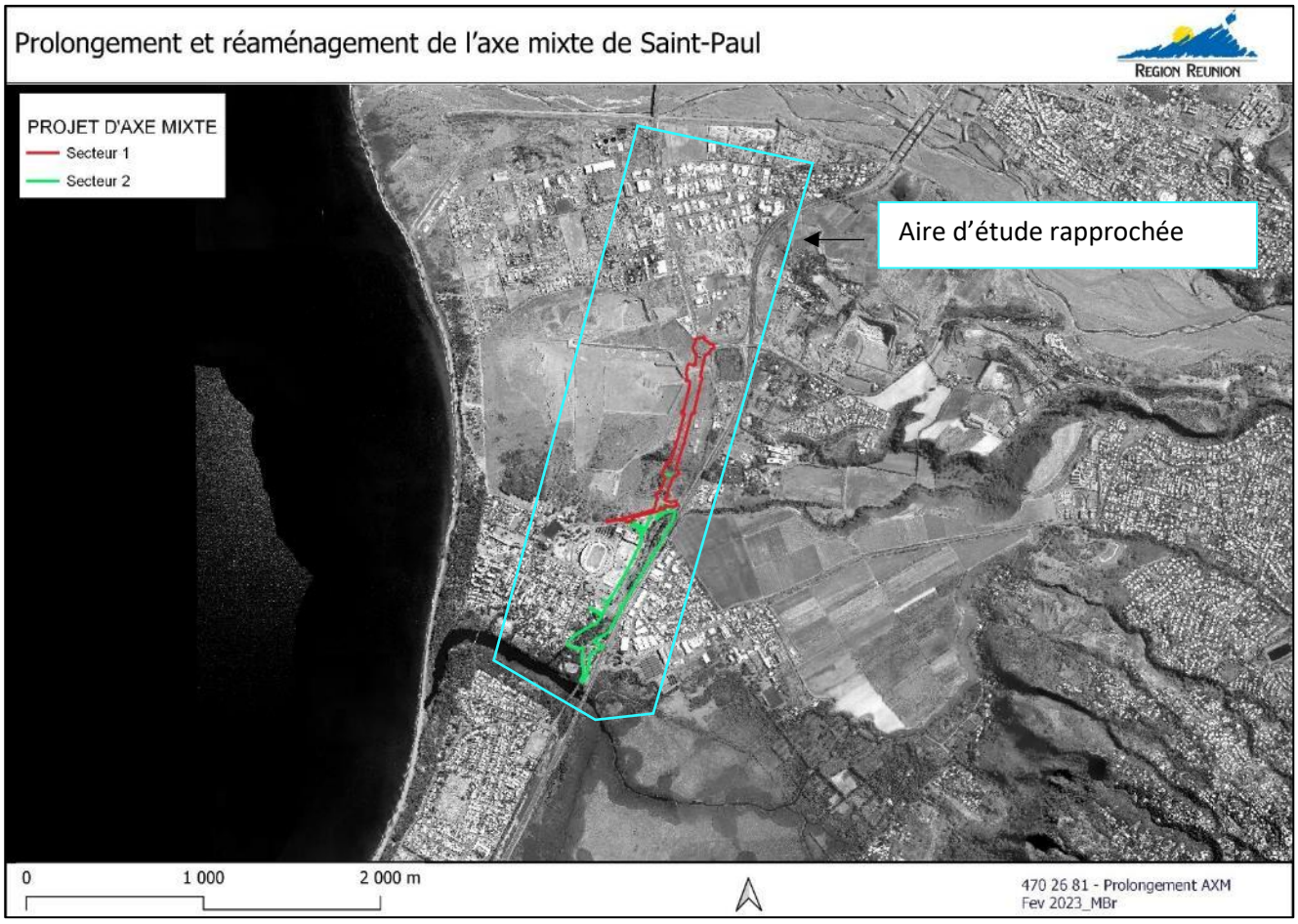


Figure 3 Les aires d'études du projet axe mixte

4 ETAT INITIAL DE L'ENVIRONNEMENT

4.1 MILIEU PHYSIQUE

4.1.1 Contexte climatique

4.1.1.1 Sur le territoire réunionnais

L'île de La Réunion est influencée par un climat tropical humide, marqué par des températures assez peu variables et des précipitations très contrastées selon la saison :

- Saison sèche (hiver austral), d'avril à novembre, avec des températures fraiches pouvant descendre jusqu'à 8°C dans les hauts de l'île ;
- Saison des pluies, chaude et humide (été austral), de novembre à avril, marquée par une forte pluviométrie (plus de 100 à 300 mm par mois) et un régime de perturbations tropicales pouvant s'intensifier en cyclones avec des vents violents de l'ordre de 100 à 150 km/h (Vmax sur la période 2001/2010 : 180 km/h le 22 janvier 2002).

Ce climat est sujet à des perturbations atmosphériques dues aux effets modérateurs des masses d'eau océaniques : influence cyclonique en saison chaude, influence australe en hiver.

La Réunion doit son climat contrasté à :

- Sa situation océanique ;
- Sa latitude australe assez basse (latitude 21°06' - au *nord* du tropique du Capricorne).
- La « compacité » orographique et son altitude élevée :

  Les deux traits dominants en sont d'une part, un régime assez régulier d'alizés d'*est* / *sud-est* durant la saison froide et d'autre part, un régime plus ou moins régulier de mousson du *nord* / *nord-est* pendant la saison chaude. L'exposition au vent dominant (vent d'*est*) et le relief déterminent une division de l'île en deux parties : la région dite « au vent » au *nord* et à l'*est*, à forte pluviométrie, et la région dite « sous le vent » au *sud* et à l'*ouest*, à moyenne ou faible pluviométrie ;

  De plus, durant le régime de « perturbations tropicales » de la saison chaude, La Réunion est affectée par des passages cycloniques parfois violents et destructeurs, provoquant des pluies abondantes ;

  La mesure et la surveillance des données climatiques sont assurées par Météo France. 32 stations de mesures sont implantées sur le département.

4.1.1.2 Sur le territoire de la communauté de communes

Située de la façade Ouest de l'île, la zone du projet présente les caractéristiques météorologiques suivantes :

Tableau 3 – Synthèse des données climatiques[2]

Type de donnée	Caractéristiques
Température	Moyenne annuelle : 24-27°C Moyenne mensuelle des températures maximales en mars : 35-37°C Moyenne mensuelle des températures minimales en juillet : 20-22°C
Insolation	Zonage d'insolation : 1 700 à 1 900 J/cm² (ensoleillé)
Précipitations	Zonage pluviométrique : entre 0,5 et 1 m/an (très peu pluvieux)

[2] Source : Météo France, Bilan climatologique, 2015

Type de donnée	Caractéristiques
Vents (moyenne 2001-2010)	Station de référence : Le Port Direction des vents dominants : *Sud-Est* (vents calmes) et *Nord-Est* (vents forts) 2,1 % de vents > 8 m/s. 22,5 % de vents compris entre 4 et 8 m/s ; 73,6 % de vents compris entre 1 et 4 m/s ; 1,8 % de vents ≤ 1 m/s.

→ Enjeu faible

4.1.2 Sols et sous-sol

4.1.2.1 Topographie

Le site est localisé en front de mer, dans une zone globalement plane, à une altitude comprise entre 3 et 32 m NGR. Il s'agit d'un territoire privilégié en matière d'aménagement puisque les pentes n'excèdent pas 10%. La topographie est néanmoins marquée localement par des dépressions « aléatoires » d'anciennes carrières (en particulier ancienne carrière SCPR), présentant des profondeurs variant de 2.5 m à 9.0 m par rapport au TN.

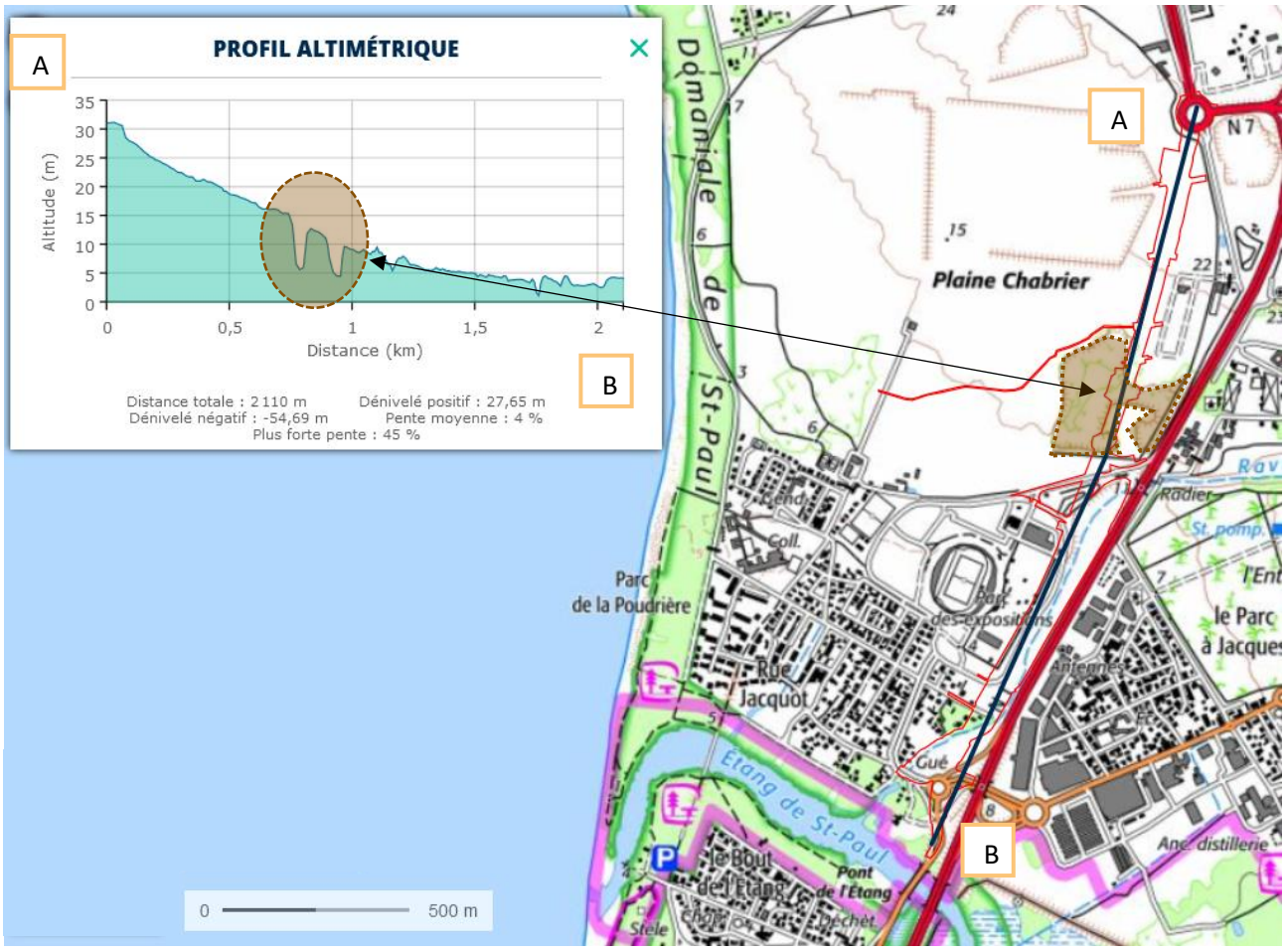
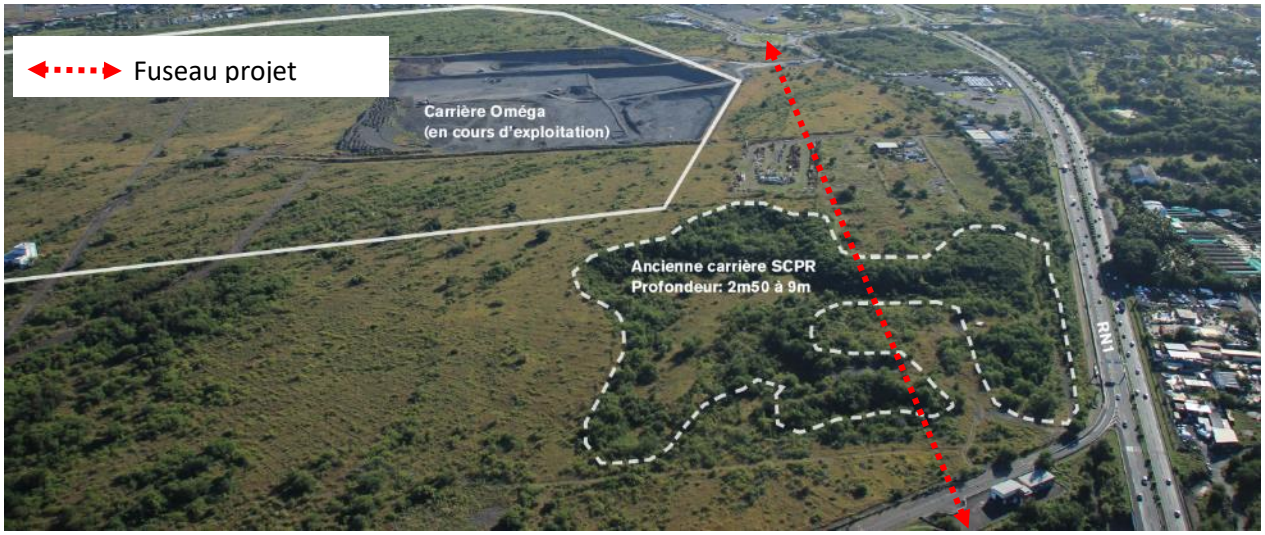


Figure 4 – Topographie du secteur et profil altimétrique de l'état initial du giratoire de Cambaie à celui de Savanna



A noter que la zone d'étude ne dispose pas d'exutoire naturel dans toute la partie de la plaine Chabrier, les eaux de pluies ruissellent vers les points bas du secteur situés entre la plaine et le cordon littoral. Elles s'infiltrent ensuite naturellement dans le sol.

→ Enjeu Fort

4.1.2.2 Géologie (sous-sols)

4.1.2.2.1 Commune de Saint-Paul

De la Rivière des Galets, au Nord, à la Ravine des Trois Bassins, au Sud, la commune de Saint-Paul s'étend sur un élément géomorphologique relativement simple qui est constitué de la partie septentrionale du grand triangle de la planèze Ouest du massif du Piton des Neiges. Cette planèze culmine à 2 896 mètres au Grand Bénare.

Le territoire est formé de 3 grands ensembles selon un relief contrasté :

1. **La plaine alluviale de la Rivière des Galets**, zone littorale, sur laquelle sont implantés le centre-ville de Saint Paul et l'Etang.
2. **La planèze de Saint Paul**, formée de couches successives de coulées de laves du Piton des Neiges, constitue la majeure partie du territoire entre 0 et 2 900 mètres d'altitude. Cette zone, organisée en une mosaïque de 52 lanières, fait l'objet de pression foncière (mitage urbain et infrastructures). Les ravines sont les gardiennes de vestiges de la végétation indigène, elles représentent les principaux éléments de continuité territoriale.
3. **L'effondrement du cirque de Mafate**, marqué par un relief extrêmement prononcé, avec son exutoire, la Rivière des Galets, située entre 200 m et 1 000 m d'altitude.

4.1.2.2.2 Sur la zone d'étude

La zone d'étude s'étend sur des formations superficielles : **alluvions anciennes (*Fy)*** entre le giratoire de Cambaie et la ravine de la Plaine, puis sur des dépôts littoraux et marins : **alluvions fluviomarines (*Fm*)** entre la ravine de la Plaine et l'exutoire de l'étang Saint Paul.

Les Alluvions fluviatiles anciennes (*Fy*) sont composées de matériaux mixtes, sables, graviers, galets et blocs basaltiques. Ces éléments forment un ensemble peu compact, légèrement consolidé. La puissance du recouvrement alluvionnaire formant le cône de déjection de la Rivière des Galets peut atteindre une épaisseur d'au moins 140 m dans la partie basse, en zone littorale au-dessus d'un substrat de coulées volcaniques.

Les alluvions fluviomarines (*Fm*) (argiles, silts, limons, sables, graviers, galets basaltiques) à dominance limoneuse ou argileuse sont issues de la décantation des eaux en conditions peu turbulentes. On les trouve donc dans des situations géomorphologiques particulières qui sont essentiellement les plaines d'ennoyage littorales, situées entre les cônes de déjection à galets et les cordons sableux littoraux.

Les formations rencontrées sont ainsi issues de l'importante accumulation de matériaux détritiques acheminées par la rivière des Galets. Ces alluvions et colluvions forment des mélanges hétérogènes de sables limoneux, de graviers et galets reposant sur un substratum basaltique.

→ Enjeu faible

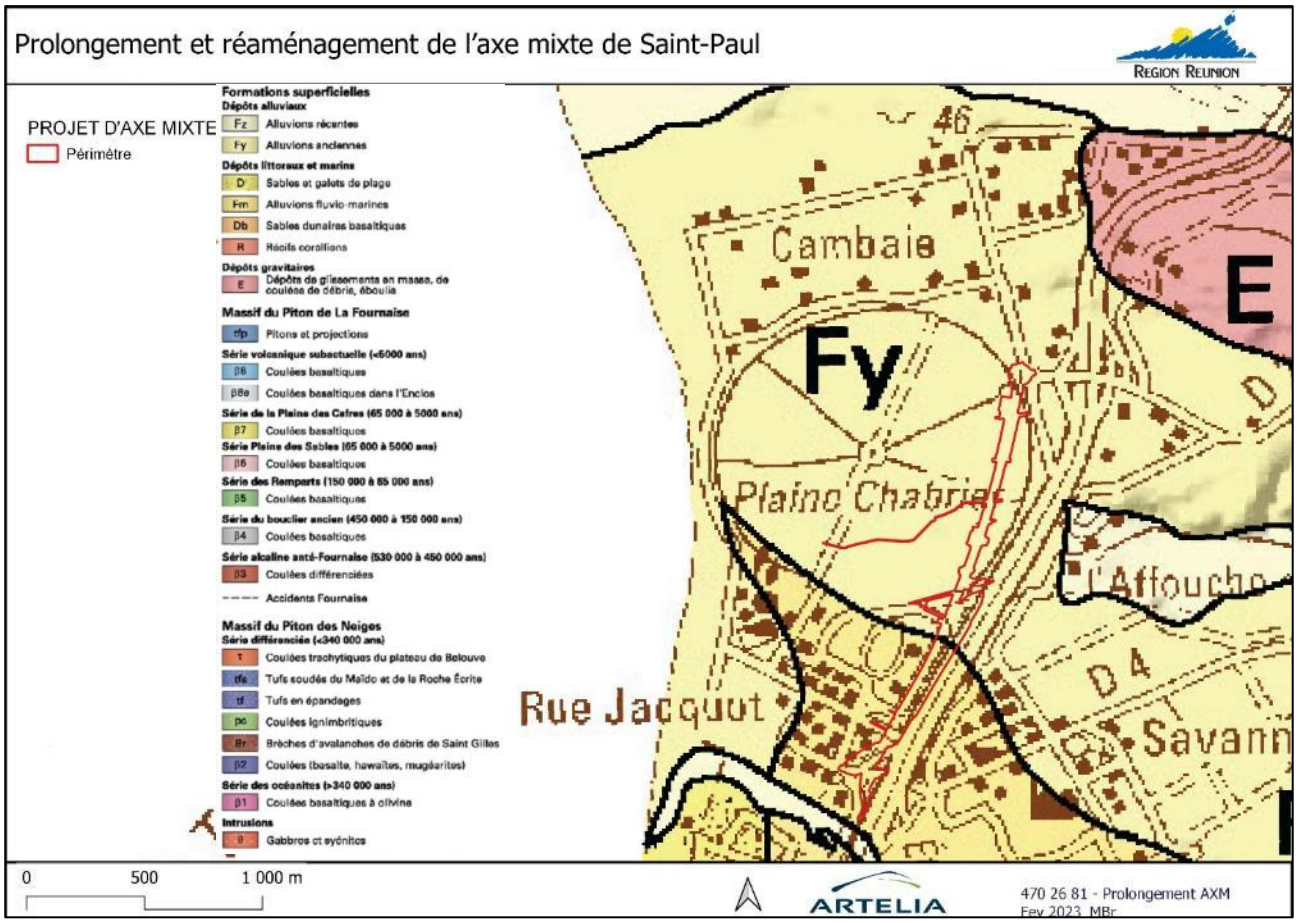


Figure 5 – Situation du projet vis-à-vis de la géologie

4.1.2.3 Pédologie (sols)

4.1.2.3.1 Commune de Saint-Paul

Sur la commune, les catégories de sols peuvent être classées en trois zones :

1. **La Plaine Saint Paul** : il s'agit d'une ancienne lagune formée derrière un cordon littoral issu d'un très important lahar, coulée boueuse d'origine volcanique. L'ancienne lagune a été comblée par les alluvions des ravines et notamment par ceux de la ravine Bernica : limons, limons sableux fins, alluvions fluvio-marines ainsi que de sables dunaires noirs à galets. La disposition de ces formations dans un système fluviatile en tresse est aléatoire, constitué de lentilles imbriquées très hétérogènes.
2. **Les mi-pentes et la savane** : cette dernière est située au-dessus de la falaise dominant Saint-Paul Ville. La majeure partie de la savane est constituée des tufs de Saint-Gilles qui ont recouvert les anciennes coulées de phase I et II. Ces coulées ont contourné les reliefs en envahissant les vallées et les gouttières existantes à l'époque. Elles ont formé des planèzes à relief à pente très douce. En terme pédologique, en dessous d'une couche de terre végétale de 20 cm à 1 m d'épaisseur, on rencontre des sols bruns aptes à l'agriculture, des sols bruns vertiques et des vertisols. Les différents types de sols rencontrés dépendent de la morphologie du substrat.
3. **Les Hauts de la commune** : la majorité des sols appartient à la classe des andosols. Sous la végétation naturelle, l'andosol présente une perméabilité très élevée. Il absorbe une grande quantité d'eau de pluie sans ruisseler.

Aussi, une très grande richesse en eau caractérise ces andosols. Ils peuvent contenir 150 à 300% d'humidité pondérale. La majeure partie du domaine soumis au régime forestier repose sur des andosols encore assez mal connus mais dont on sait qu'ils présentent bon nombre de lourdes contraintes.

4.1.2.3.2 Sur la zone d'étude

Le secteur Nord repose sur des sols peu évolués d'apport sur galets non altérés à matrice sablo-basaltique.

Le secteur central est concerné par des sols peu évolués d'apport sur galets non altérés à matrice sablo-basaltique en partie Ouest, par des sols bruns vertiques et vertisols à galets non altérés ainsi que par des sols peu évolués et hydromorphes en profondeur en partie Est. Enfin, dans sa partie Sud, le secteur est concerné par des **sols hydromorphes inondés ou totalement engorgés.**

Les sols du périmètre de projet sont principalement des sols pauvres et caillouteux, retenant très peu l'eau et en partie déjà perturbés ou modifiés.

→ Enjeu faible

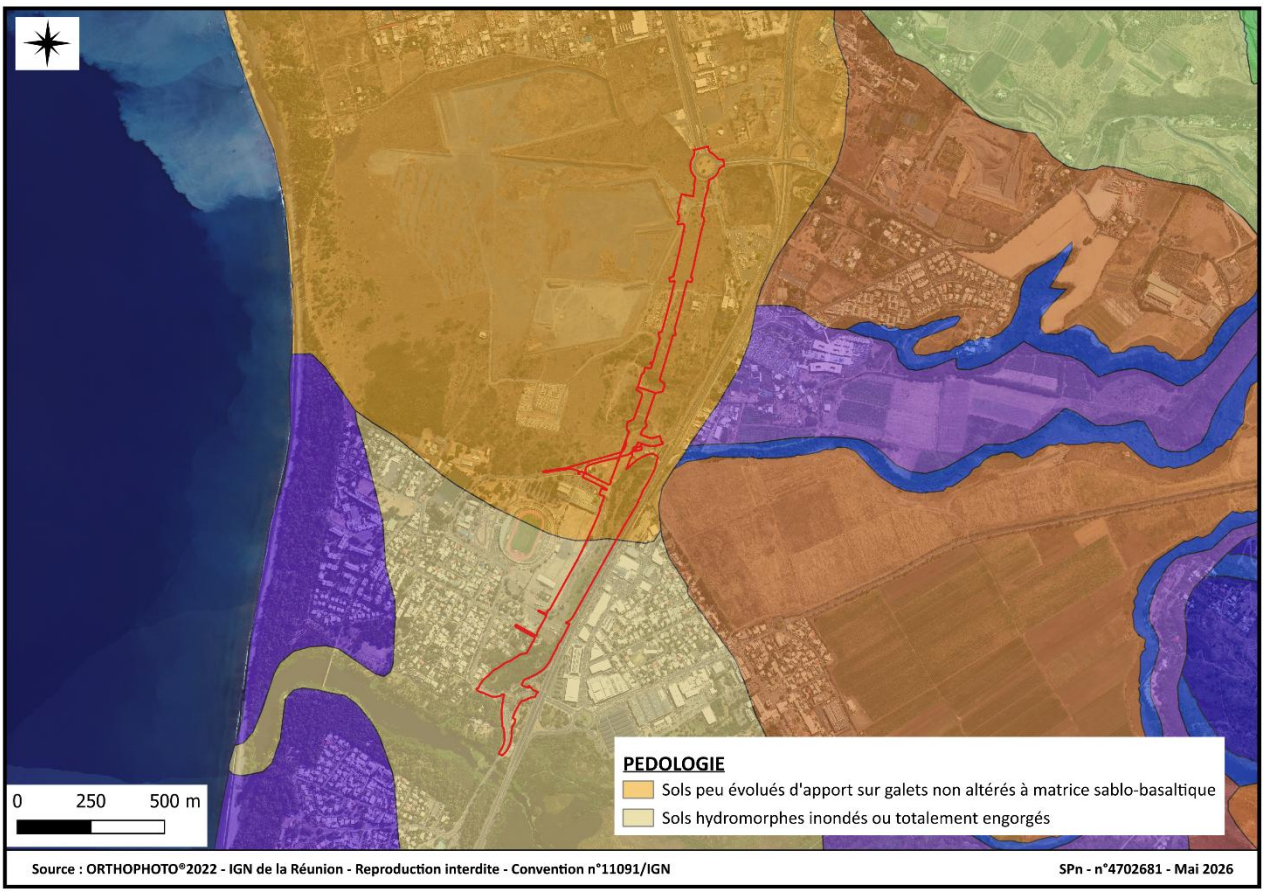


Figure 6 – Situation de la zone d'étude vis-à-vis de la pédologie

4.1.2.4 Qualité des sols

La Base des Anciens Sites Industriels et Activités de Service (BASIAS) ne renseigne aucune activité historique dans le périmètre projet (cf. 4.3.3.1).

Une étude radiologique des sols a été réalisée en 2016 dans le périmètre de la plaine de Cambaie dans l'objectif d'infirmer ou d'affirmer la présence de radioactivité liée à l'ancienne tour de radionavigation Omega, d'en délimiter le périmètre et d'en qualifier la nature et l'intensité. L'étude a diagnostiqué l'absence de pollution. En effet, aucune anomalie n'a été découverte suite à la phase de détection des émergences de rayonnements gamma en surface.

Enfin, la Région Réunion a fait réaliser des analyses de type ISDI+ETM+CHOV afin de vérifier le caractère inerte des terrains présents au droit du projet. Il a été réalisé 8 sondages géologiques à la pelle mécanique et plus précisément au droit des zones potentiellement remblayées (SM1 à SM8) jusqu'à 2.0 m de profondeur par rapport au terrain actuel (TA). Pour chaque sondage au droit du site (SM1 à SM8), un relevé d'observation a été effectué avec notamment un examen organoleptique (couleur, traces visuelles d'imprégnation, odeurs…). L'implantation des sondages a été réalisée en fonction de l'implantation prévisionnelle du projet, des réseaux au droit du site, des zones accessibles et des différentes contraintes identifiées (présence d'une dalle, passage pour accéder au site, co-activité, etc…).

Figure 7 Plan de localisation des sites - sans échelle (Lacq)

Figure 8 Points échantillonnés du Nord (gauche) au Sud

Résultats

Les terrains reconnus ne présentent pas d'indice organoleptique (odeur, couleur, aspect) laissant supposer une pollution dans les sols.

Les synthèses des résultats analytiques sont présentées en pages suivantes. Pour les éléments traces métalliques (ETM), le BRGM a édité en 2008 un rapport définissant le fond géochimique des sols de l'île de La Réunion (BRGM/RP-56576-RF). Ainsi, les concentrations en ETM retrouvées sur le site d'étude peuvent être comparées à ce référentiel.

Tableau 4 Synthèses des résultats analytiques

paramètre	Unité	seuils ISDI	LQ	SM1-0,2/2,5	SM2-0,4/0,7	SM3-0,2/0,4	SM4-0/0,5	SM5-0,4/0,7	SM6-0/0,5	SM7-0,0/0,5	SM8-0,3/05	
matière sèche	% massique	**<30**	--	95	97,7	92,5	96,2	93,8	96	91,8	95,5	
COT	mg/kg MS	**30000**	<2000	8540	3690	6500	4020	3280	7880	3210	4700	
température pour mes. pH	°C		<1									**Valeurs de bruit de fond (la Reunion)**
pH (KCl)	-		<1									
METAUX												
Antimoine	mg/kg MS		<1	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	3,46	-
arsenic	mg/kg MS		<1	1,48	1,18	1,63	<1,00	1,8	1,45	<1,00	2,75	54
baryum	mg/kg MS		<1	29,2	24,8	26,2	21,1	57,7	35,9	28,4	38,7	-
cadmium	mg/kg MS		<0.2	<0,40	<0,40	<0,40	<0,40	<0,40	<0,40	<0,40	<0,40	0,8
chrome	mg/kg MS		<1	71	71,1	78,8	83,4	105	84,8	74,4	71,3	30-1468
cuivre	mg/kg MS		<1	65,9	61,9	59,8	53,4	62,7	56,1	50,7	48,8	6-206
Molybdène	mg/kg MS		<1	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	-
mercure	mg/kg MS		<0.05	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	1,46
Sélénium	mg/kg MS		<1	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	1,29	-
plomb	mg/kg MS		<10	<5,00	5,51	<5,00	<5,00	17	8,12	6,77	12,7	51
nickel	mg/kg MS		<1	372	373	425	477	198	396	380	361	642
zinc	mg/kg MS		<10	59,5	77	65,9	65,9	153	74,4	71,4	69,4	26-309
COMPOSES AROMATIQUES VOLATILS												
Somme des 19 COHV	mg/kg MS			<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	
BTEX totaux	mg/kg MS	**6**	<0.02	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	
HYDROCARBURES AROMATIQUES POLYCYCLIQUES												
Somme des HAP (16) - EPA	mg/kg MS	**50**	<0.16	**0,58**	**0,683**	**0,38**	**0,49**	**0,315**	**0,51**	**0,53**	0,12	
POLYCHLOROBIPHENYLS (PCB)												
PCB totaux (7)	µg/kg MS	**1000**	<7	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	
HYDROCARBURES TOTAUX												
hydrocarbures totaux C10-C40	mg/kg MS	**500**	<20	**37,1**	**36,9**	18,1	**21,9**	**61,5**	**46,6**	18,3	**80**	

La campagne de reconnaissance sur les sols du 09/08/2022 a permis de mettre en évidence des remblais puis des sables limono graveleux à galets jusqu'à 2.0 à 2.4 m de profondeur/TA. Absence de venues d'eau. On remarque dans les sondages PM5 et PM8 la présence de remblais avec des déchets du BTP plus ou moins important (plastiques, bétons, carrelages etc.)

Pour les Eléments Traces Métalliques (ETM), les analyses sont conformes au fond géochimique local (données BRGM).

Pour les polluants de type HCT, les analyses mettent en évidence des concentrations quasi généralisées comprises entre 18.1 et 80 mg/kg MS pour les HCT.

Pour les polluants de type HAP, les concentrations sont légèrement supérieures aux Limites de Quantification (LQ) oscillant entre 0.32 et 0.58. Enfin, pour les PCB, somme CHOV et BTEX, les concentrations sont toutes inférieures aux LQ.

Sur les 8 analyses de type ISDI (Installation de Stockage de Déchets Inertes) effectuées sur les remblais, toutes répondent aux critères chimiques d'acceptabilité en ISDI définis par l'AM du 12/12/2014.

→ **Enjeu faible**

4.1.3 Hydrogéologie : eaux souterraines

La zone d'étude est concernée par la Masse d'Eau (ME) souterraine FRLG112 Formations volcaniques et volcano-sédimentaires du littoral de l'étang Saint-Paul à la Plaine des Galets. De manière générale, les eaux s'infiltrent sur la planèze ou à la faveur d'accidents topographiques (ravines, pieds de planèze). Les eaux souterraines circulent ensuite à la faveur de niveaux imperméables locaux (paléosols).

Le SAR et le SDAGE identifient la nappe phréatique de Saint-Paul comme ressource stratégique d'alimentation en eau potable. Sont considérées comme ressources stratégiques à préserver les ressources de bonne qualité permettant de maintenir une qualité de l'eau compatible avec la production d'eau potable sans recourir à des traitements lourds.

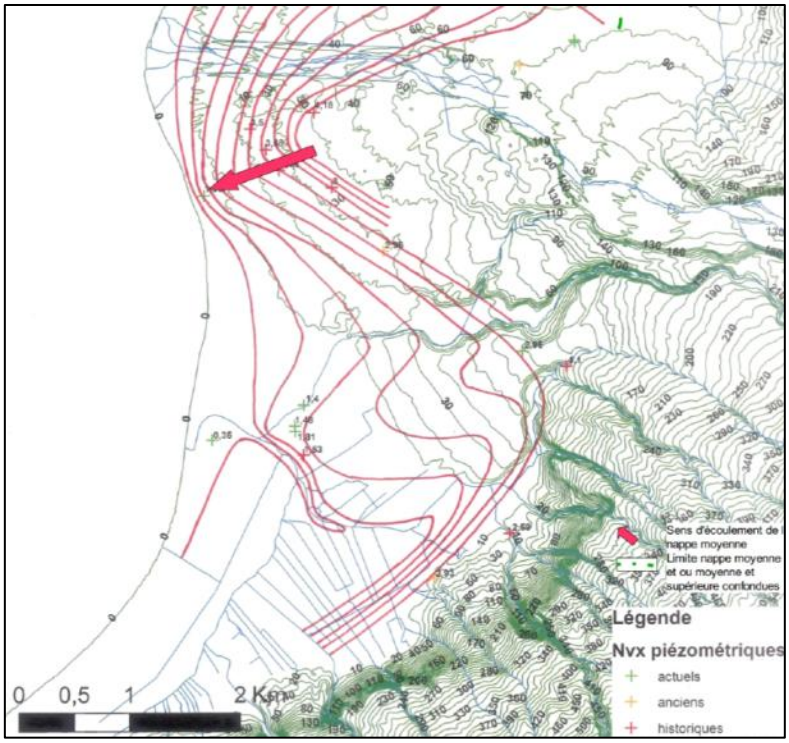


Figure 9 – Esquisse générale de la plaine de Saint-Paul et de la Plaine des Galets (source : DOMINIQUE V., 2009)

4.1.3.1 Niveau de nappe

A la lecture des données collectées sur le site du BRGM, sur le site de l'Office de l'Eau et des données collectées auprès du TO et des carriers, on constate :

- que le niveau de la nappe se situe autour de 2,5 m NGR au niveau de la côte et des ravines,
- que le niveau peut s'établir jusqu'à 3,5 m NGR à l'intérieur des terres dans des zones non vulnérables car le TN est très supérieur à cette cote ;
- lors d'un épisode pluvieux du type Haliba (mars 2015), son niveau varie entre 2,7 m NGR et 4,2 m NGR

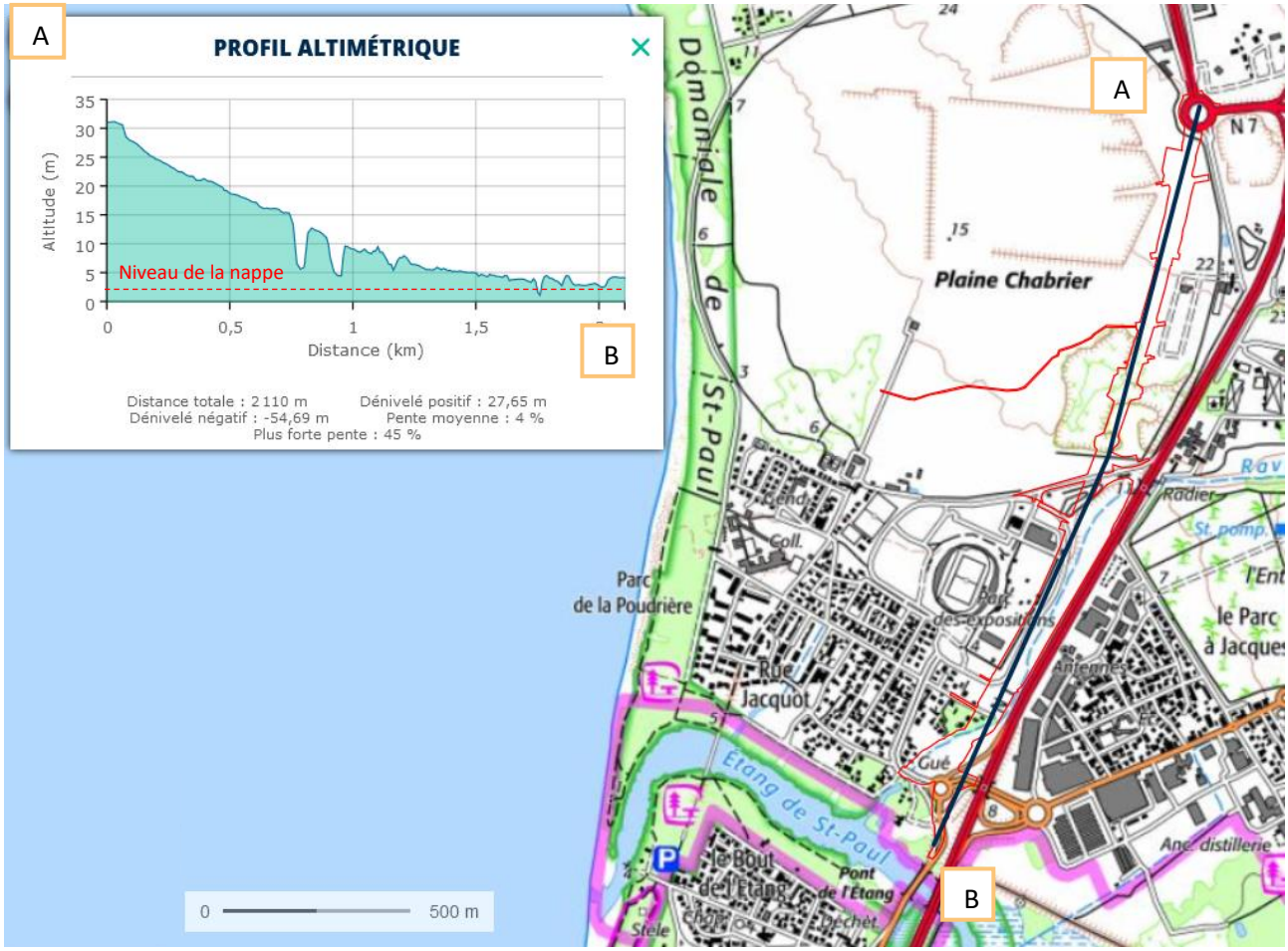
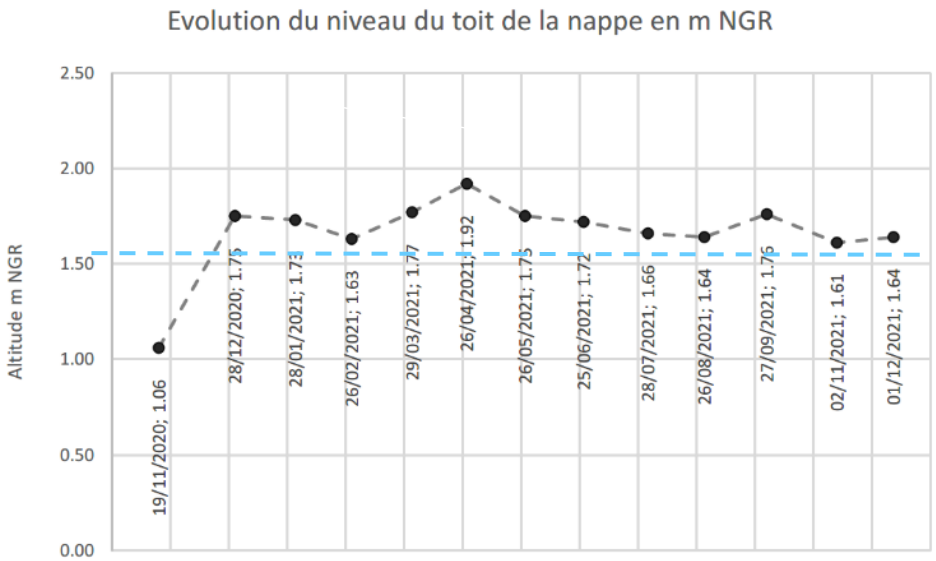


Figure 10 Description du profil altimétrique du secteur et des niveaux de nappes

Au droit de la zone de projet un piézomètre a été mis en œuvre.

La tête de forage est à 4,24mNGR (TN à 3,8mNGR) et le niveau d'eau a varié sur ce piézomètre sur 1 an entre 1,06mNGR et 1,92mNGR. Au droit de ce sondage, le radier de la ravine qui le borde est à environ 1,5mNGR et se trouve donc en eau la majeure partie de l'année.



Les relevés piézométriques indiquent en 2020-2021 un niveau d'eau maximal atteint à 1,92 mNGR correspondant à la limite haute en eau ci-dessous sur le relevé topographique du radier de la ravine la Plaine.

Figure 11 Limite en eau de la ravine la Plaine d'après le suivi piézométrique 2020-2021

4.1.3.2 Qualité des eaux souterraines

L'état chimique de la masse d'eau (ME) FRLG112 - Formation volcaniques et volcano-sédimentaires du littoral de l'étang Saint Paul – Plaine des Galets est analysé sur six forages et des dépassements de la valeur seuil sont constatés en 2018. La masse d'eau est décrite de l'état des lieux chimique 2015 en mauvais état et de qualité médiocre en 2019. L'objectif de bon état est reporté à 2039.

La ME est exposée de manière importante aux pressions des pollutions agricoles.

La population en assainissement autonome est estimée à 7 200 habitants sur son bassin versant. Avec l'influence des flux amont, l'émission annuelle d'azote est évaluée à 410 kg N/km2. Considérant ce flux, la pression de l'assainissement non collectif est considérée comme modérée.

La pression du ruissellement urbain est forte vis-à-vis de la masse d'eau FRG112, et sa capacité d'infiltration aussi.

Ce bassin versant accueille des installations industrielles classées pour la protection de l'environnement (ICPE) (activité de matériaux, production d'électricité, traitement de bois, imprimerie…). Cependant, aucune ne rejette ses eaux de procédés dans la masse d'eau souterraine FRLG112. Les seules ICPE (centrales thermiques) qui rejettent leurs eaux industrielles, le font dans la masse d'eau côtières FRLC108). Ainsi, la pression des ICPE sur la masse d'eau souterraine FRLG112 est absente.

La pression BASIAS est qualifiée de « forte », avec 39 anciennes activités industrielles présentes, de natures diverses (sucreries, collecte et stockage des déchets non dangereux, centrales thermiques…) sur ce bassin versant. Par ailleurs, ce bassin versant présente un nombre élevé de sites et sols pollués.

Parmi ces sites, deux disposent de chroniques d'analyses (1 centrale thermique et 1 entreprise d'enrobage à chaud de matériaux routiers). Les fortes concentrations dans les eaux souterraines en tétrachloroéthylène et trichloroéthylène sur deux sites proches l'un de l'autre induit la qualification de de la pression de forte sur la masse d'eau.

La pression de l'assainissement collectif est décrite comme non significative.

Sur la pression ruissellement urbain, le SDAGE décrit un pourcentage d'imperméabilisation du BV de cette masse d'eau souterraine de l'ordre de 58%. La pression du ruissellement urbain est décrite comme forte.

4.1.3.3 Alimentation en Eau Potable (AEP)

Une portion de la zone d'étude est concernée par le Périmètre de Protection Rapproché (PPR) du forage Oméga. Le forage Oméga est réglementé par arrêté préfectoral n°00-1824/SG/DICV/3 du 27 juillet 1999 en vue de son alimentation en eau potable. Le forage Oméga présente une capacité de 3 000 m^3/j. La distribution d'eau potable depuis le forage Oméga a été arrêtée à cause d'une contamination en atrazine déséthyl en 2008. Un rapport d'inspection sanitaire du 29 mars 2018 met en évidence des écarts majeurs à la réglementation et conclut à l'obligation de l'arrêt d'exploitation. L'arrêté préfectoral du 14 juin 2019 arrête la nécessité pour la commune en cas de volonté de remise en exploitation :

- des actions préventives (notamment sur le sujet des phytosanitaires) ;
- la révision des périmètres de protection autour du forage via une HGE ;
- la mise en place d'un process d'élimination de l'atrazine.

Le projet (dans son extrémité nord) est situé en Périmètre de Protection Rapproché du forage Oméga.

La CREOLE indique en février 2022 qu'il n'est pas exclu que cette ressource soit de nouveau exploitée dans les prochaines années et qu'ainsi le périmètre de protection du forage Oméga a vocation à être maintenu même si la ressource n'est à ce jour pas exploitable.

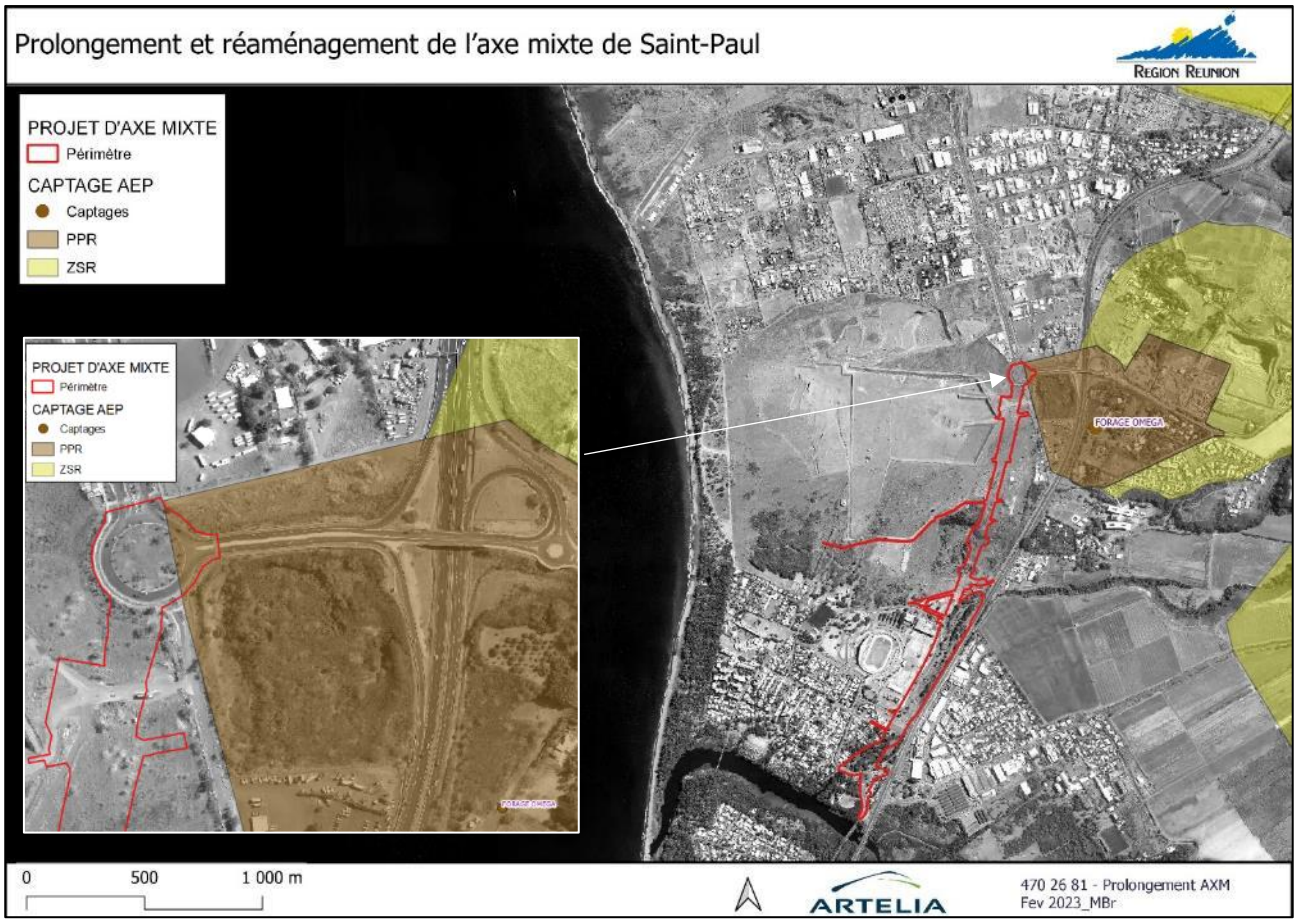


Figure 12 – Situation du projet vis-à-vis des forages AEP

4.1.3.4 ENJEU HYDROGEOLOGIQUE GLOBAL

Le SDAGE décrit la masse d'eau « FRLG 112 : Formations volcaniques et volcano-sédimentaires du littoral de l'Étang de Saint-Paul-Plaine des Galets » **comme enjeu stratégique.**

→ Les objectifs de bon état SDAGE sur cette masse d'eau était sur le DAGE 2016-2021 à l'horizon 2027 et il y a un nouveau report de l'atteinte au bon état fixé au présent SDAGE à 2039.

→ Enjeu fort

4.1.4 Hydrologie

Le périmètre d'étude est concerné :

- au nord du projet, le territoire est sensible aux débordements de la Ravine Défaud lors des épisodes de crues ;
- au sud par le bassin versant de la Ravine la Plaine, où les eaux sont drainées par La Ravine La Plaine et rejoignent ensuite l'embouchure de l'étang Saint-Paul.

4.1.4.1 Ravine Piton Défaud

4.1.4.1.1 Pré-analyse du fonctionnement hydraulique du secteur d'étude

Les problématiques d'inondation observées sur la zone d'étude sont mixtes : les inondations sont générées pour partie par les débordements de la Ravine Piton Défaud et pour partie par les apports du ruissellement pluvial de la zone industrielle.

La caractérisation des risques à considérer sur ce secteur nécessite donc de **prendre en considération conjointement les deux origines possibles des inondations.** Il ne s'agit pas ici de considérer uniquement les inondations générées par le seul débordement de la ravine comme cela est proposé par le Plan de Prévention des Risques Inondation.

Sur ce territoire, les écoulements s'effectuent en zone urbaine dense : les éléments structurants du territoire (murs de clôtures principalement) jouent donc un rôle très important sur le comportement hydraulique en canalisant les écoulements principalement sur les voiries.

Les écoulements s'effectuent sur de faibles lames d'eau et présentent des vitesses importantes dues aux pentes des voiries et à la nature des sols (sols « lisses »).

Sur cette zone, les éléments de faible taille (bordure de trottoirs, ilots séparateurs, murs de soutènement, portails ouverts, etc.) possèdent donc un rôle très important et restent des éléments complexes à modéliser.

Il a été indispensable de réaliser une visite de terrain et une phase de pré-diagnostic poussée afin de correctement représenter dans l'outil de modélisation la configuration du territoire et les éléments structurants (éléments jouant un rôle sur le comportement hydraulique).

Une fois identifiés, ces éléments ont été intégrés dans la conception de l'outil de modélisation hydraulique mis en œuvre et décrit dans les paragraphes suivants.

Les principaux éléments structurants du territoire sont les suivants :

- La Ravine Piton Défaud concentre les écoulements du bassin versant naturel en amont de la RN1 et franchit cette voie par l'intermédiaire d'un ouvrage hydraulique conséquent (buse DN2000).

Figure 13 : buse sous la RN1 vue de l'aval

Figure 14 : buse sous la RN1 vue de l'aval

- En aval de cet ouvrage se trouve une zone dépressionnaire boisée qui sert de stockage aux eaux issues de l'amont. Cette zone est bordée en aval par la voirie de l'Avenue des Baies Roses.
- Au *sud* de cette zone, l'évacuation des eaux vers l'aval s'effectue via un caniveau béton.

Figure 15 : aval de la zone de rétention et fossé exutoire

Figure 16 : canalisation en aval de la zone de rétention

- Celui-ci se poursuit vers l'aval et sous forme de caniveaux bétonnés et de fossés, séparés par différents passages busés permettant l'accès aux parcelles.
- Au niveau de l'accès en rive gauche vers un lotissement, une buse DN1000 permet le franchissement de la voirie. Cette buse présente un fort angle par rapport à l'axe principal des écoulements. Elle est grillagée et fortement obstruée. Au niveau de celle-ci, une majeure partie des écoulements déborde donc sur la voirie.

Figure 17 : vue en amont de la buse

Figure 18 : vue en aval de la buse

Figure 19 : buse depuis l'amont

Figure 20 : buse depuis l'aval

- En aval de cet ouvrage, la canalisation est réalisée par un caniveau bétonné jusqu'à la jonction avec l'Avenue des Baies Roses. **En aval de cette intersection, les écoulements ne sont plus canalisés et s'effectuent directement sur la voirie.**

Figure 21 : buse sous la RN1 vue de l'aval

Figure 22 : fin de la canalisation des écoulements – écoulements sur la voirie

- Les voiries sont bordées par des murs de clôtures pleins, les accès aux parcelles sont très souvent surélevés par rapport au nivellement de la voirie : cette configuration présente donc très peu de possibilité pour les écoulements de « sortir » de l'axe d'écoulement principal constitué par la voirie.
- Dans le coude aval, il existe peu de possibilité pour les écoulements de sortir de l'axe de la chaussée, sauf à l'approche de l'usine URCOOPA : dans l'emprise de l'usine, les écoulements sont à nouveau canalisés via un fossé enherbé. Celui-ci longe un muret bas qui peut être submergé. En aval de ce fossé, une buse DN1200 recueille les eaux pour les faire passer sous une partie du site et les rejeter en aval. L'entrée de cette buse est grillagée, ce qui facilite le dépôt de flottants et favorise l'obstruction de l'ouvrage. Dans ce cas, les écoulements débordent du fossé et débouchent directement dans l'enceinte de l'usine.

Figure 23 : fossé au niveau du site URCOOPA

Figure 24 : amont de la buse sous le site URCOOPA

La figure suivante présente la schématisation des écoulements sur la partie amont de la zone d'étude.

Figure 25 : schématisation des écoulements sur le secteur amont

- En aval de l'usine, les eaux sont récupérées par un fossé naturel longeant la RN en direction du *sud*, puis suivant la bretelle d'accès en direction de l'*ouest*. Ce fossé n'est pas marqué et s'avère de capacité réduite. En aval, il franchit la bretelle via un ouvrage obstrué.

Figure 26 : fossé le long de la RN

Figure 27 : fossé le long de la RN

- Les écoulements de surface qui se produisent sur le site URCOOPA s'effectuent selon deux directions principales et sont très fortement contraints par les obstacles présents sur le site (bâtiments, bordures, murets) :
  - la première en direction de l'*ouest*, via la partie *nord* du site. Ces écoulements débouchent alors Avenue du Grand Piton, dans la zone industrielle/d'activités de Cambaie. Ces écoulements poursuivent leur progression via le réseau de voirie et les noues existantes en direction de l'*ouest*, jusqu'à atteindre la Route de Cambaie ;
  - la seconde en direction du *sud-ouest*, sur la partie *est* du site. Les écoulements rejoignent alors le site de HOLCIM et les carrières.

Figure 28 : entrée du site URCOOPA

Figure 29 : noue le long des voiries

- Au niveau de la zone industrielle, les parcelles sont généralement entourées de murets et sont légèrement surélevées, ce qui limite la possibilité pour les eaux de la voirie d'entrer dans celles-ci. Les apports pluviaux sur cette zone, très fortement imperméabilisée, sont concentrés par les voiries et noues orientées *est/ouest*. Ils débouchent sur la Route de Cambaie (Axe Mixte actuel). Les écoulements y sont canalisés et prennent alors une direction *nord/sud*.

- C'est également le cas pour l'ensemble des parcelles bordant l'Axe Mixte (Route de Cambaie) plus au *sud.* Les parcelles situées à l'*ouest* de cet axe se situent en contrebas de la voirie (sur certaines parcelles, la différence de niveau atteint 3 m), mais les murets présents empêchent les eaux d'atteindre ces parcelles. Les seules possibilités offertes aux écoulements de progresser vers l'*ouest* se situent au niveau des différents portails d'accès à celles-ci, au niveau desquelles une légère rehausse du terrain naturel est observé et sur les quelques voies d'accès existantes.

Figure 30 : exemple de mur de séparation le long de l'Axe Mixte (côté est)

Figure 31 : exemple de mur de séparation le long de l'Axe Mixte (côté ouest)

Figure 32 : schématisation des écoulements sur le secteur central

- Enfin, au niveau du giratoire de Cambaie, on observe la fin du muret en « rive droite » : une partie des écoulements peut se déverser vers les terrains plus bas sur ce secteur. Seule la bordure du trottoir permet ici de contenir les écoulements sur la chaussée. La présence d'un séparateur central impose également une séparation des écoulements au niveau du giratoire Cambaie entre les parties droite et gauche de la chaussée. Une partie de ces écoulements contourne le giratoire (partie centrale de ce dernier très haute) et se rejoignent en aval, en continuant leur progression sur la Route de Cambaie.

Figure 33 : fin du mur côté ouest – rond-point de Cambaie

Figure 34 : séparateur central de chaussée

Figure 35 : zone de déversement possible vers les zones basses à l'ouest du giratoire de Cambaie

Figure 36 : schématisation des écoulements sur le secteur aval

4.1.4.1.2 Analyse du site et du cheminement des écoulements

Les éléments suivants sont issus de l'étude Ecocité-Plaine de Cambaie réalisée par ARTELIA pour le compte du TO en avril 2019. Ces éléments complètent ceux présentés précédemment.

Ils présentent successivement :

- l'analyse du site, et de la définition du cheminement des eaux qui en découle,
- la description de la zone de carrière Oméga, et du fonctionnement hydraulique de la zone,
- l'analyse hydrologique de la zone et l'estimation du débit de pointe de la Ravine pour différentes périodes de retour,
- une analyse à dire d'expert permettant d'estimer les débits de pointe arrivant au niveau du giratoire Cambaie.

« *Il est présenté dans le présent paragraphe les conditions actuelles d'écoulement de la ravine dans sa traversée de la zone de Cambaie (en termes d'écoulement notamment et de zones potentiellement inondables). Cette analyse a été menée sur les calculs hydrauliques locaux, permettant de déterminer les capacités hydrauliques maximales des différents ouvrages existants, et sur notre reconnaissance détaillée du terrain.*

Pour rappel, les débits caractéristiques de la crue de la ravine Piton Défaud au droit de la RN1 sont :

- $Q_{10ans} = 4\ m^3/s$
- $Q_{100ans} = 11\ m^3/s$

L'analyse que nous faisons de ces écoulements est :

- *l'ouvrage de la RN 1 apparaît suffisant pour évacuer la crue de fréquence centennale de la ravine et bénéficie d'une revanche de l'ordre de 60 cm facilitant le passage des débris végétaux flottants ;*
- *le long de la rue des Baies Roses, le canal béton initial ne peut absorber plus de 3 m³/s (< Q_{10ans}) ce qui entraine un débordement sur la chaussée avec une hauteur d'eau moyenne de 15 cm en crue décennale et de 45 cm en crue centennale. Compte tenu de la présence continue de murs le long de la voirie, les eaux restent confinées sur cette dernière ;*
- *plus en aval, la disparition du canal se traduit par des écoulements s'effectuant exclusivement sur la voirie où la hauteur d'eau atteinte en crues décennale et centennale est respectivement estimée à 50 et 85 cm. Bien qu'il soit relevé de nombreux obstacles (murets, clôtures, habitations), c'est sur ce tronçon que des débordements peuvent se produire en direction de la zone d'activités de Cambaie. La majeure partie des écoulements se dirige cependant vers la buse Ø 1 200, présente sous la plateforme Urcoopa, qui forme le point bas du secteur ;*
- *cette buse dispose d'une capacité comprise entre 3 et 4 m³/s, proche du débit décennal de la ravine. La présence d'une grille sur sa face amont, destinée à retenir les débris végétaux, perturbe toutefois son alimentation si bien que sa capacité réelle est très vraisemblablement inférieure. Des débordements se produisent donc inévitablement sur le terrain naturel entre l'usine et la RN 1 ;*
- *la capacité du fossé qui prolonge cet ouvrage est évaluée entre 8 et 9 m³/s et apparait donc légèrement inférieur au débit centennal tandis que celle de la buse implantée sous la bretelle reliant l'Axe Mixte à la RN 1 (Ø 600) apparait très faible (~ 0,5 m³/s).*

Ces éléments peuvent être illustrés par une cartographie reflétant les écoulements actuels sur la zone de Cambaie. Cette carte met ainsi clairement en évidence l'orientation des écoulements en direction du sud-ouest (plaine Chabrier) ponctuellement contrariés par la présence de l'Axe Mixte. »

L'analyse proposée dans le cadre de l'étude Ecocité est cohérente avec l'analyse menée dans le cadre de la présente étude.

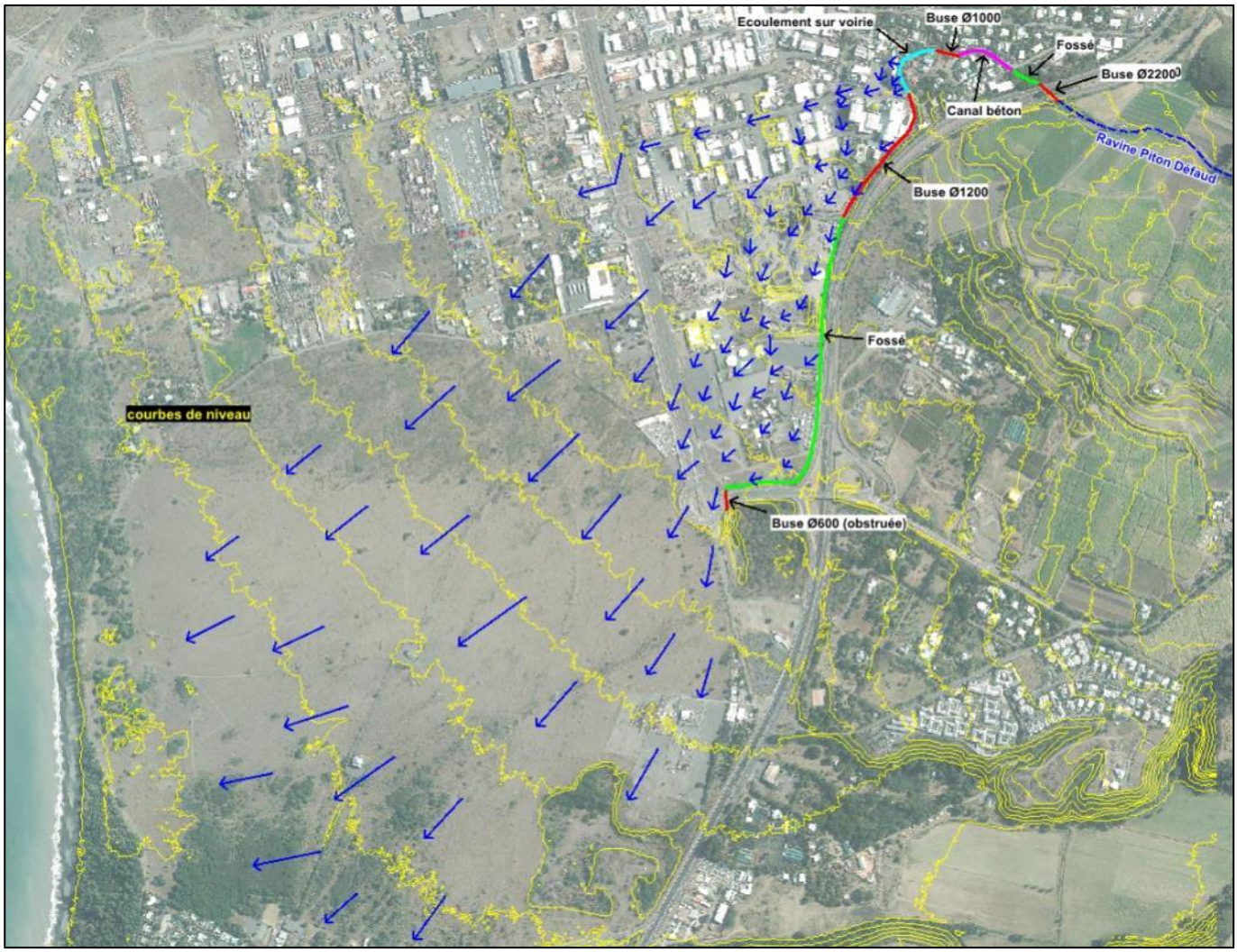


Figure 37 : Ouvrages existants et cheminement des eaux en période de crue (source : étude Ecocité)

4.1.4.1.3 Carrières Oméga et fonctionnement hydraulique

« L'exploitation des carrières sur la plaine de Cambaie a débuté en 2015 et est à ce jour terminée.

Ces carrières étant situées en zone inondable, des ouvrages hydrauliques ont été mis en place afin de gérer les eaux de débordement et de ne pas inonder la zone en cours d'exploitation. Ainsi, des fossés trapézoïdaux ont été mis en place tout autour de la zone exploitée pour envoyer les eaux en aval vers une zone d'infiltration. Ces ouvrages ont été dimensionnés afin de faire transiter 1,4 fois la crue centennale. Ces aménagements réalisés permettent donc de modifier l'écoulement des eaux au droit du site.

Avec les carrières actuellement autorisées sur le site (zone rouge ci-dessous), les écoulements au droit du projet sont les suivants (flèches bleues : écoulement des eaux / zone en bleu en aval : zone d'infiltration) :

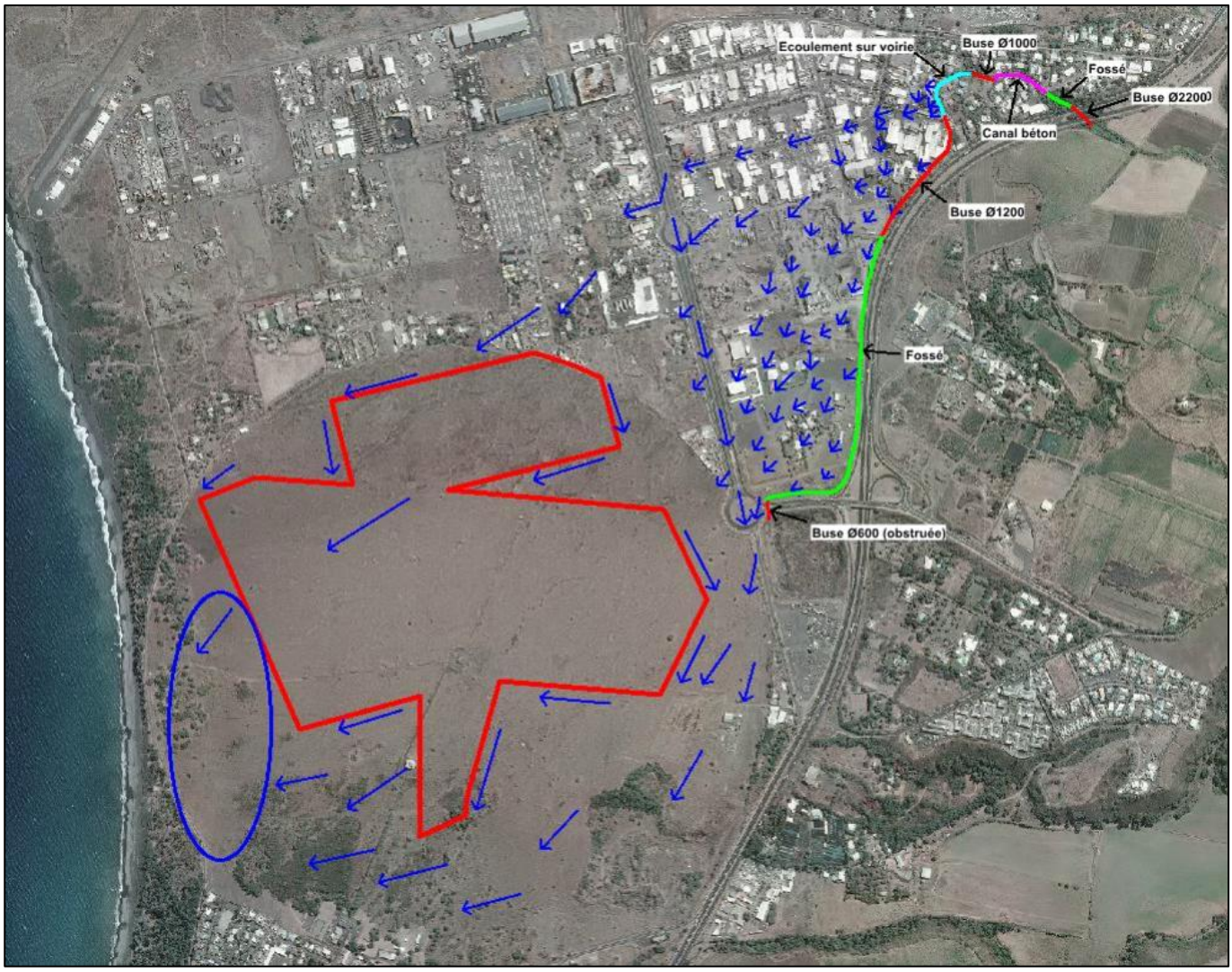


Figure 38 : Ecoulements sur le secteur des carrières (source : étude Ecocité)

A noter que le bassin versant de la zone urbanisée possède un réseau d'eaux pluviales qui se rejette dans un dalot situé sous l'Axe Mixte. Ce dalot est de dimension 1.5 x 1.5 m, soit d'une capacité estimée à 9 m^3/s. Ce dalot longe l'Axe Mixte, pour ensuite rejoindre l'enseigne Hyperjardin, longer la RN1 et enfin se rejeter dans la Ravine La Plaine. »

La présente étude n'a pas pour objet de caractériser finement le devenir des eaux d'inondation une fois que celles-ci quittent la voirie de l'Axe Mixte. L'étude Ecocité indique que les aménagements des parcelles de la carrière Oméga sont dimensionnés pour gérer des apports bien supérieurs à ceux d'une crue centennale.

Pour s'assurer que le projet d'Axe Mixte ne crée pas d'aggravation du risque pour les tiers, il conviendra donc de s'assurer du fait que les volumes envoyés sur ces parcelles *ouest* en configuration projet n'évoluent pas par rapport à ceux envoyés pour la configuration actuelle du site.

4.1.4.1.4 Analyse hydrologique et estimation des débits de pointe

« Les débits caractéristiques des bassins versants urbains et naturels de la Ravine Piton Défaud cumulés sont les suivants :

- *Q_{10ans} = 14 m^3/s*
- *Q_{100ans} = 24 m^3/s*

Ainsi, les débits s'écoulant sur la chaussée de l'Axe Mixte et ne pouvant pas être collectés dans le dalot sont estimés à :

- *Q_{10ans} = 5 m^3/s*
- *Q_{100ans} = 15 m^3/s*

Le dimensionnement des ouvrages est réalisé pour une crue de période de retour 100 ans, soit 15 m^3/s débordant sur l'Axe Mixte. »

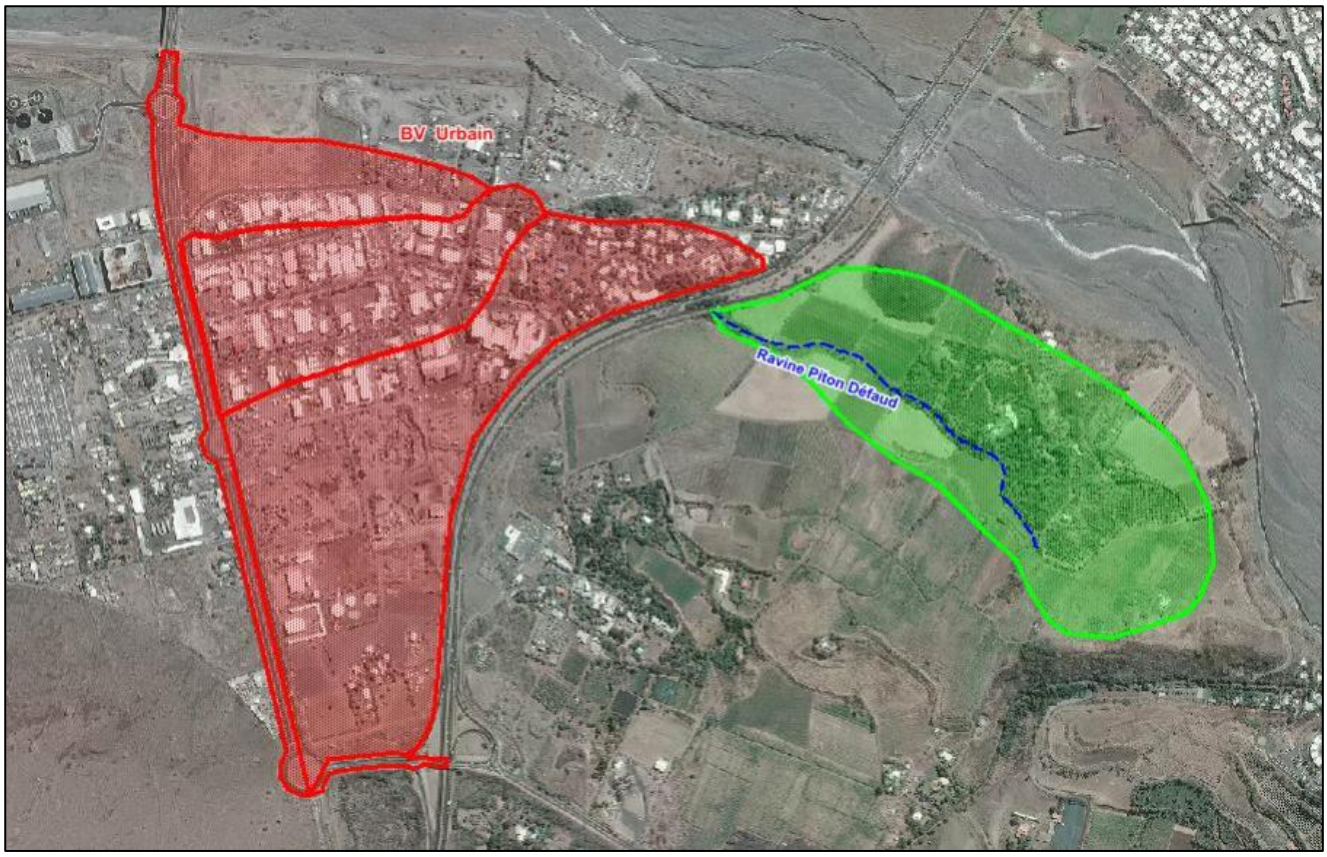


Figure 39 : Découpage en bassins versants (source : étude Ecocité)

4.1.4.1.5 Estimation des débits de pointe arrivant sur le Giratoire Cambaie

« Bien que le terrain naturel soit orienté vers la mer, l'Axe Mixte fait office de drain et une majorité de l'eau arrivant sur l'Axe Mixte est concentrée sur la chaussée étant donné la présence de bordures et murs de séparation qui ne permettent pas l'écoulement vers les parcelles situées en aval.

Cependant, quelques rues et impasses situées en aval (côté mer) sont alignées sur la voie et permettent un écoulement des eaux vers ces voies. On considère que 20 % des eaux sont dirigées vers ces voies annexes. Ainsi, 80 % des eaux rejoindront le giratoire de Cambaie, soit 12 m³/s. La hauteur d'eau est alors estimée à 30 cm (vitesse estimée des écoulements : 2 m/s).

Au niveau du giratoire de Cambaie, l'Axe Mixte ayant une pente transversale nulle sur toute sa longueur, on considère que le débit est réparti uniformément. Ainsi, on considère que 6 m³/s passe de chaque côté du giratoire :

- *pour la partie située côté montagne, les eaux se dirigent directement vers la branche du giratoire opposée (entrée jardinerie) ;*
- *pour la partie située côté mer, le trottoir est situé 15 cm au-dessus de la chaussée. Si la hauteur d'eau est supérieure à ces 15 cm, l'eau surverse vers les parcelles situées en aval. On considère ainsi que 3 m³/s sont conservés sur la chaussée, et 3 m³/s sont surversés vers les parcelles situées en aval.*

Ainsi, le débit estimé au niveau de l'entrée « jardinerie » du giratoire de Cambaie sera de 9 m³ /s. »

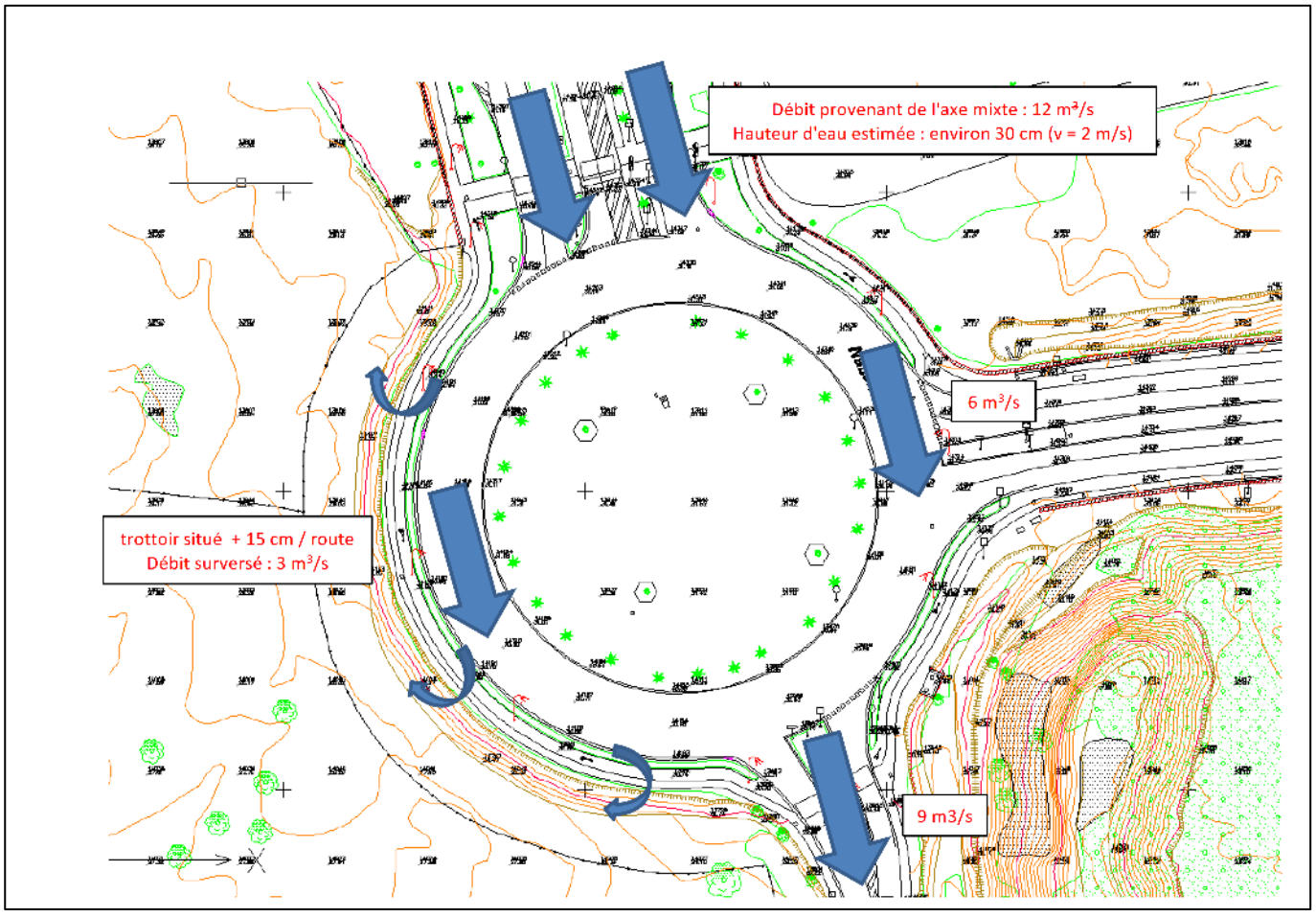


Figure 40 : répartition des débits au niveau du giratoire de Cambaie (source : étude Ecocité)

Ces analyses sont réalisées à dire d'expert. L'outil de modélisation mis en œuvre dans le cadre de la présente mission permet d'affiner la répartition des eaux en fonction de la réalité topographique du territoire, en configuration actuelle et projet, et des mécanismes hydrauliques en jeu.

4.1.4.1.6 Définition des évènements hydro-météorologiques de référence

4.1.4.1.6.1 Méthodologie de modélisation retenue

Afin de représenter les deux types d'origines pour les eaux de débordements observées sur le secteur d'étude (ruissellement et débordement), les choix méthodologiques suivants ont été fait pour construire l'outil de modélisation :

- Le bassin versant amont de la Ravine Piton Défaud n'est pas représenté. L'hydrogramme de la Ravine Piton Défaud est injecté dans l'outil en aval immédiat de l'ouvrage hydraulique de franchissement de la RN 1. Cette représentation est une méthodologie « classique » pour la représentation des phénomènes d'inondation par débordements de cours d'eau.
- Pour représenter les mécanismes générateurs des phénomènes de ruissellement urbains, l'ensemble du bassin versant urbain de la zone de Cambaie est modélisé. Une pluie de projet est imposée sur cette emprise. Le modèle permet alors de restituer la pluie nette, et de présenter ensuite la concentration des ruissellements et leur propagation sur le réseau de surface. Cette méthodologie permet de représenter fidèlement les phénomènes de ruissellement urbains.
- A noter que pour l'analyse des différentes variantes de projet étudiées, les apports pluviaux sont imposés uniquement sur le bassin versant intercepté par le projet d'Axe Mixte (et pas sur les bassins versant situés en aval). Ce choix permet de ne focaliser les analyses que sur les écoulements possiblement impactés par le projet.
- Ces apports (« fluviaux » et pluviaux) sont calculés de manière conjointe et l'outil permet de représenter le transfert des écoulements vers l'aval, indépendamment de l'origine des apports.

Les réflexions sont menées ici pour un évènement d'occurrence centennale.

4.1.4.1.6.2 Apports amonts

Les caractéristiques du bassin versant amont sont les suivantes :

Tableau 5 : Caractéristiques du bassin versant amont et calcul du temps de concentration

Bassin versant rural amont - Caractéristiques		Temps de concentration	
		Giandotti	45 min.
		Passini	22 min.
Superficie	0,3 2km²	Rectangle Equivalent	16 min.
Longueur	965 m	Turazza	20 min.
Pente moyenne	4 %	Kirpich	13 min.
Coefficient de ruissellement centennal	0.91	Kirpich2	10 min.
		Temps de concentration retenu	**16 min.**

Le bassin se situe entièrement dans la zone pluviométrique n°1. Celle-ci se caractérise par les coefficients de Montana suivants :

- a = 60,00
- b = -0,33

L'hydrogramme amont est déterminé de la manière suivante (hypothèses cohérentes avec celles retenues par l'étude Ecocité Cambaie) :

- Temps de montée pris égal au temps de concentration du bassin versant rural amont, soit 16 minutes ;
- Temps de descente égal au temps de concentration du bassin versant : 16 minutes ;

- Débit de pointe égal au débit de pointe centennal : 10,6 m^3/s.

4.1.4.2 Ravine La Plaine

4.1.4.2.1 Rappel des débits caractéristiques de pointe

Pour mémoire, la Ravine La Plaine s'inscrit au sein du bassin versant de l'étang Saint-Paul qui peut être décomposé lui-même en 11 sous-bassins-versants, comme illustré sur la figure suivante.

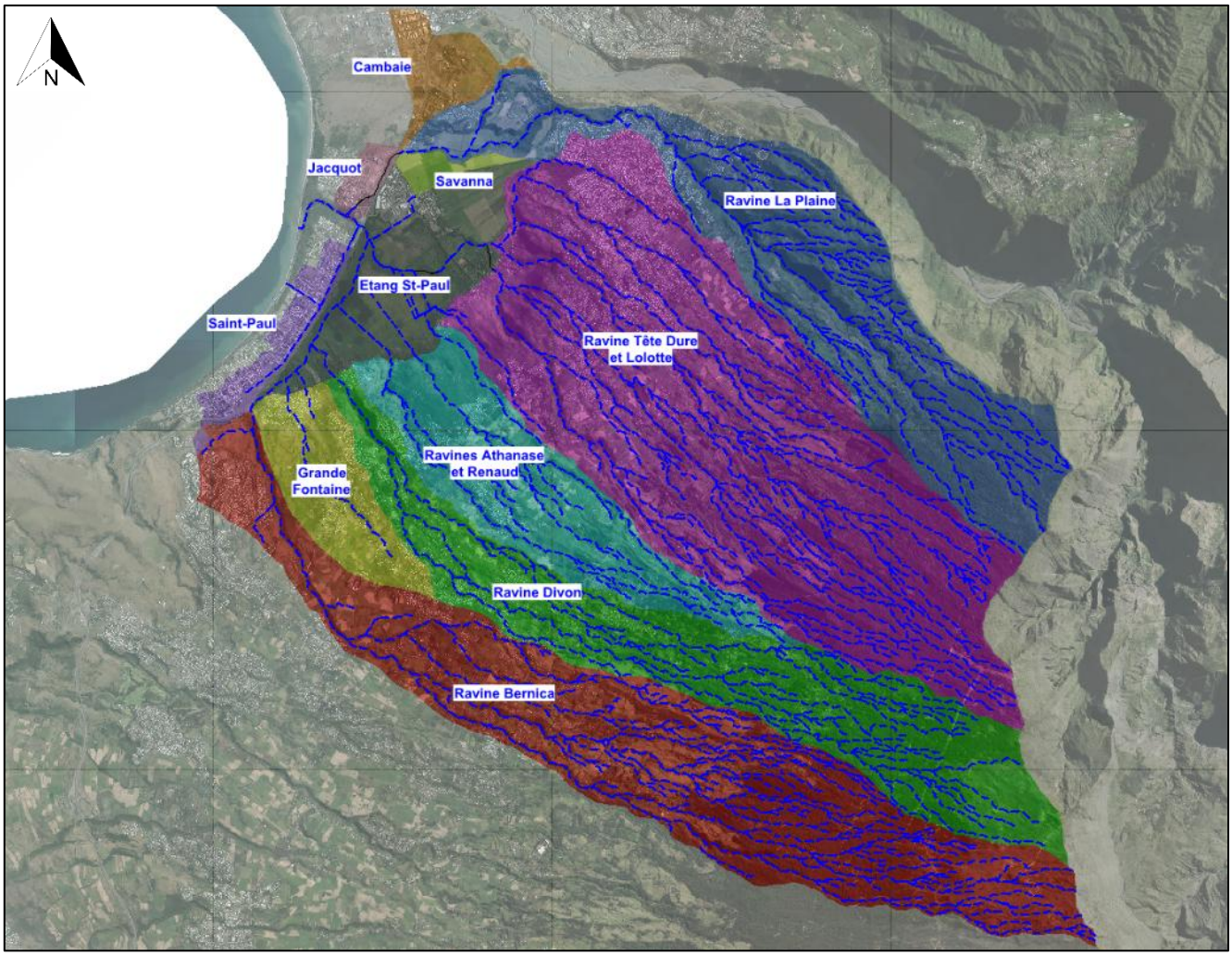


Figure 41 : Délimitation des bassins versants constituant l'étang Saint-Paul

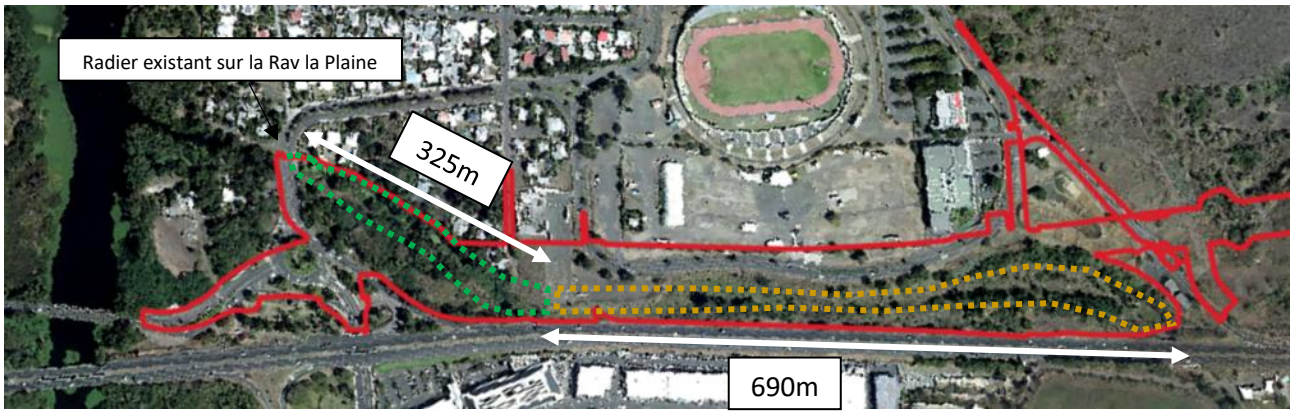
Les valeurs des débits de pointe représentatifs des périodes de retour 10, 30 et 100 ans définies dans le Plan de Prévention des Risques (volet inondation) de la commune de Saint-Paul[3] sont synthétisées dans le tableau présenté ci-après.

[3] Plan de Prévention Multirisques de Saint-Paul approuvé le 26 octobre 2016

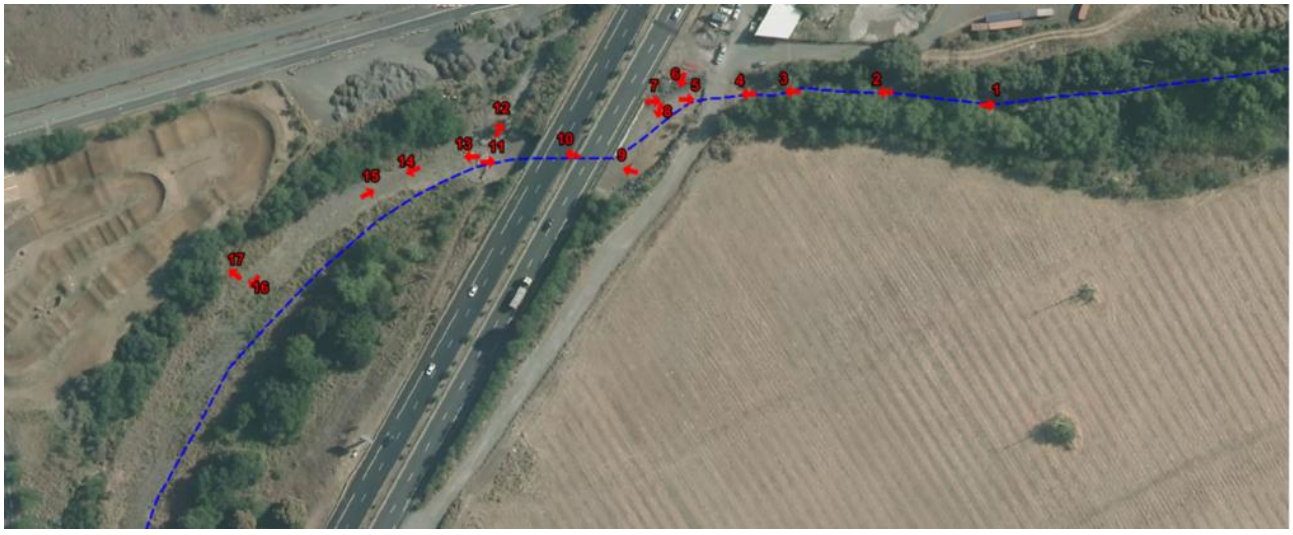
Tableau 6 : Débits caractéristiques de crue des ravines constituant le bassin versant de l'Etang Saint-Paul

N° DU BV	NOM DU BV	DEBITS (M^3/S)		
		Q_{10ans}	Q_{30ans}	Q_{100ans}
1	Ravine Bernica	215	342	507
2	Grande Fontaine	53	77	110
3	Ravine Divon	156	245	360
4	Ravines Athanase et Renaud	95	149	209
5	Ravines Tête Dure et Lolotte	292	449	666
6	**Ravine La Plaine (amont RN 1)**	**144**	**227**	**355**
7	Etang Saint-Paul (amont RN 1)	46	66	89
8	Savanna	6	11	15
9	Cambaie	19	27	37
10	Jacquot	9	11	16
11	Saint-Paul	16	20	27

On observe deux profils distincts sur la portion de Ravine la Plaine concernée par le périmètre projet :



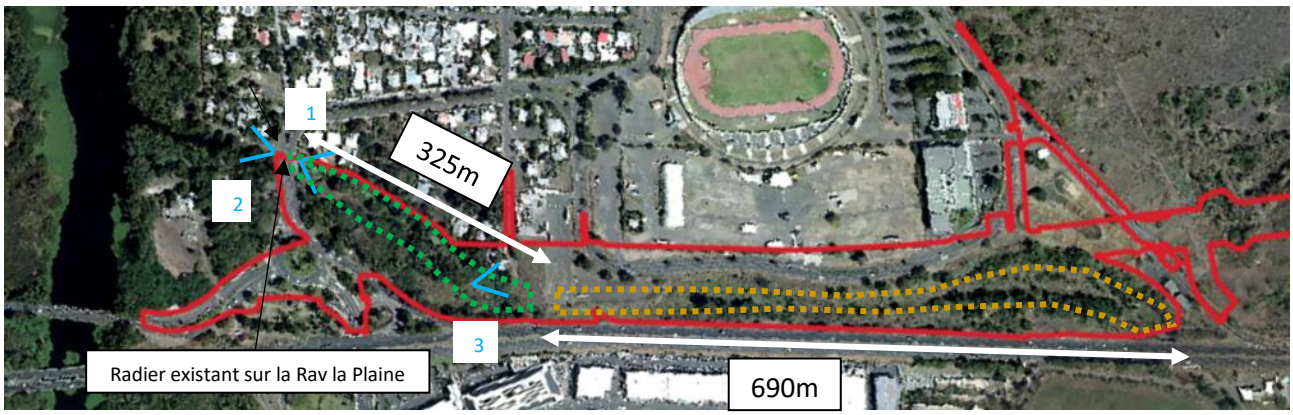
- Le premier situé depuis le passage sous le RN1 et sur les deux tiers de son parcours dans le périmètre projet constitue une zone sèche et partiellement bétonnée.



18
19

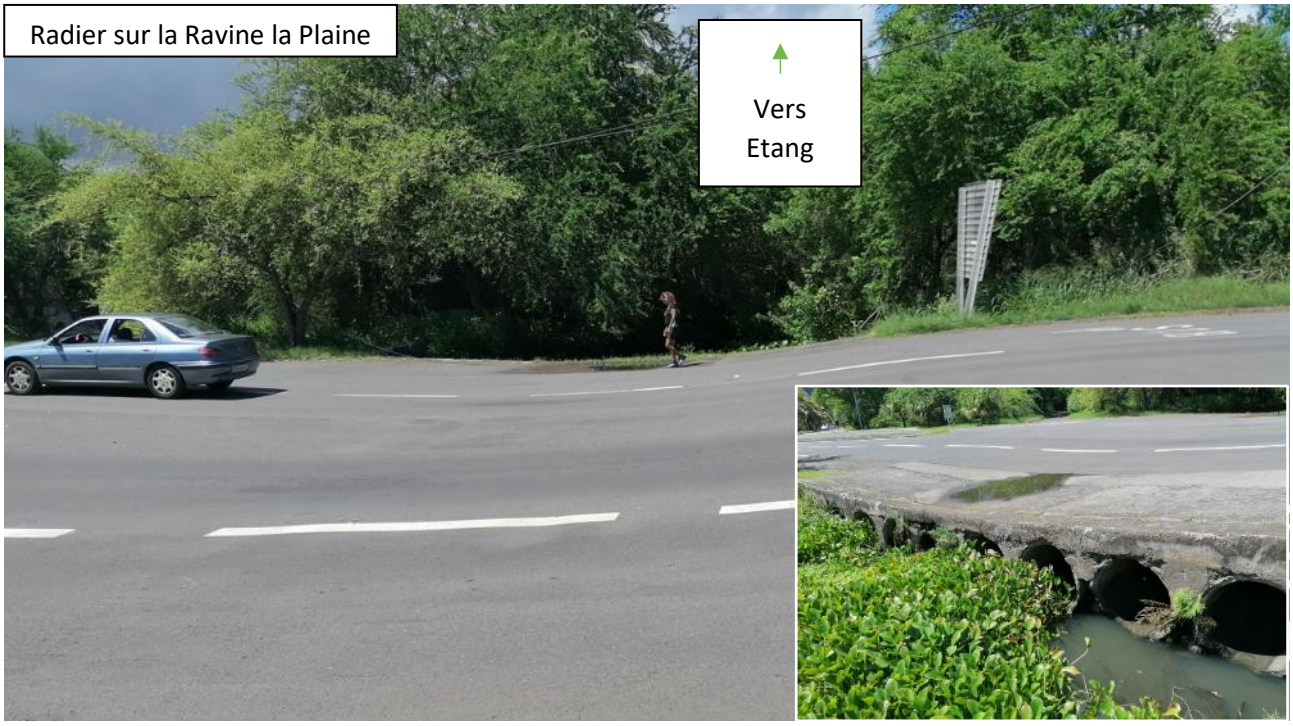
20
21
22

- Le second, derniers tiers du parcours dans le périmètre projet et situé près de l'Etang



1 - Ravine la Plaine, entre le radier existant et l'Etang

2 - Rav la Plaine en amont hydraulique du radier



4.1.4.3 L'étang de Saint Paul

L'Etang de Saint-Paul est une zone humide arrière littorale dont le fonctionnement hydrologique est déterminé par les apports en eau de surface ; les relations avec les eaux souterraines ; le contrôle sur les niveaux réalisés par le cordon littoral, l'influence des conditions marines ; la morphologie de la zone humide et le phénomène d'évaporation.

Les principales ravines du bassin versant du Grand Bénare (Ravine Bernica, Divon, Laforge, etc.), alimentent l'étang lors d'évènements pluvieux. Toutes ces ravines sont non pérennes.

Ce sont les émergences d'eau souterraine et sources qui constituent, hors période de pluie, l'intégralité de l'alimentation de l'Etang de Saint-Paul. Celles-ci sont situées en périphérie de l'étang, dans des secteurs où le niveau de l'eau est élevé (supérieur à 1,30m NGR). Les sources du Moulin et les sources Champcourt contribuent à la majeure partie des apports de l'étang. Le plan de gestion de l'étang décrit que la somme des débits estimés ou mesurés des

émergences connues en novembre 1998 donne un débit de 790L/s, à rapprocher de la mesure à l'exutoire de l'étang, de 870L/s.

En termes de valeurs piézométriques, il est relevé en moyenne 2,5m NGR au niveau de la route du Tour des Roches, environ 3m NGR en amont de Savanna. Au sud de l'étang, la piézométrie augmente à partir de Bouillon en allant vers la Grande Fontaine, où elle atteint 7m NGR en l'absence de pompage.

Une variation naturelle du niveau d'eau correspond à :

- une montée des niveaux de l'étang avec l'engraissement d'un cordon littoral (niveau supérieur à 2m NGR sans intervention) ;
- une chute rapide à l'ouverture du cordon, avec des niveaux très bas (jusqu'à 0,30m NGR) ;
- une remontée progressive.

Le cordon littoral de galets est façonné par la houle. Les mouvements sédimentaires les plus importants se produisent à proximité immédiate du littoral, c'est-à-dire dans la zone où les vagues déferlent. Ces mouvements sont à l'origine de la construction du cordon littoral.

De façon générale, les houles australes sont à l'origine de remontées régulières de la hauteur du cordon littoral au débouché de l'Etang Saint- Paul. La hauteur de la crête du cordon de galets est sensiblement égale à la hauteur de la houle au déferlement. Les épisodes pluviométriques intenses participent par ailleurs activement à l'ouverture du cordon littoral, libérant les eaux douces de l'étang dans la mer et permettant la migration de l'ichthyofaune.

Afin de limiter la hauteur maximale du niveau de l'étang, pour la sécurité des biens et des personnes, mais aussi pour le maintien des activités économiques, une procédure d'ouverture du cordon littoral est appliquée lorsque le niveau d'eau atteint 1,70m NGR, niveau maximal critique semblant pouvoir porter préjudice à l'aval de l'étang, selon les observations réalisées. Lors d'une ouverture du cordon littoral, « contrôlée » ou non, un temps d'exondation important en période estivale, lié à la non fermeture du cordon est observé (parfois de l'ordre d'un mois).

Figure 42Vidange de l'étang dans la mer, à gauche et exondation du plan d'eau à droite, suite à l'ouverture « anthropique » du cordon littoral. Source : Attié, 2012

4.1.4.4 Qualité des eaux de surface

Etang de Saint Paul :

L'étang de Saint Paul était, dans le SDAGE précédent, classé en plan d'eau. Cet étang, dont le fonctionnement est à l'interface entre le milieu marin et terrestre, ne correspond plus à cette typologie et est désormais classé en eau de transition.

L'état global de l'étang de Saint Paul est passé de 2015 de mauvais à moyen en 2019. Du fait du changement de typologie, les règles d'évaluation de l'état écologique de la masse d'eau de transition a évolué entre 2015 et 2019. Néanmoins, globalement la qualité de l'étang s'améliore légèrement mais reste en dessous d'un bon état.

L'étang de Saint Paul présente un état global moyen du fait de l'état écologique qualifié de moyen. Des travaux menés en 2016 ont montré un recul important du Cherax exotique au profit des espèces indigènes. Par ailleurs, les actions de gestion de l'étang réalisées par la régie de la réserve ont eu des effets bénéfiques en matière d'amélioration de la qualité de l'eau, de la restauration écologique et de la lutte contre les espèces exotiques envahissantes. Malgré tout, des efforts supplémentaires doivent être fournis pour améliorer la qualité de l'eau et les peuplements d'espèces locales.

Pour l'Étang de Saint-Paul l'atteinte des objectifs environnementaux en 2027 est possible dans l'hypothèse du maintien de la reconquête de la qualité écologique de l'étang, c'est pourquoi il est identifié comme présentant un doute face au RNAOE.

Notez que le périmètre projet n'intercepte pas le périmètre de la Réserve Naturelle de Saint Paul.

Masse d'eau côtière : La ME côtière Saint Paul FRLC107 est décrite en bon état 2015 et 2019. Le littoral compris entre la pointe des Galets et l'étang de Saint-Paul est caractérisé par une plage à galets au Nord et une plage sableuse au Sud. Les fonds marins du secteur sont caractérisés par l'alternance de franges à galets de rivière et d'une pente sableuse basaltique. Localement, mais plus en profondeur, on observe la présence d'affleurements rocheux (BCEOM/PARETO/ARVAM, 2004). La nature meuble du substrat confère globalement à ce secteur un faible potentiel de développement des peuplements marins.

La réserve marine qui s'étend entre la Cap la Houssaye au Nord et la Roche aux Oiseaux au Sud n'est pas située en interface avec le projet.

→ Les écoulements superficiels sur la zone de projet constituent un enjeu fort.

4.1.5 Risques physiques et naturels

4.1.5.1 Risques sismiques

L'Île de la Réunion est dans sa totalité située dans une zone de faible sismicité (décrets n°2010-1254 et n°2010-1255 du 22 octobre 2010, modifiés par l'arrêté du 15 septembre 2014).

→ L'enjeu est faible.

4.1.5.2 Aléa éruption volcanique

Le Piton de la Fournaise n'ayant pas d'activité explosive, le seul risque qui peut concerner la zone Ouest de l'île est la retombée de produits de projection et de dégazage : les cheveux de Pelé et les pluies acides. Les cheveux de Pelé sont des fibres de verre volcanique dont l'apparition résulte de l'interaction entre le jaillissement d'une lave extrêmement fluide, le dégazage et le vent. À Saint-Paul, ce risque est faible.

4.1.5.3 Aléa feu de forêt

Étant donné la présence de grandes surfaces végétalisées (Étang Saint-Paul, forêt littorale de Saint-Paul) en continuité avec la frange boisée le long de la ravine de l'Étang, le climat semixérophile (sec et chaud) et la forte fréquentation du site (zone périurbaine, route), le risque incendie est élevé aux abords de la zone et sur la zone d'étude d'après le Plan Départemental de Protection des Forêts Contre les Incendies (PDPFCI).

L'ONF qui tient un historique des incendies sur la Forêt Domaniale de Saint-Paul définit la forêt domaniale de Saint-Paul en végétation forestière sensible à l'incendie (induction de feux courants), et où le risque d'incendie lié à la fréquentation de la forêt est moyen. La forêt domaniale est située dans la zone de l'île où le risque potentiel est le plus grand, du fait du climat (les précipitations sont les moins abondantes et où la saison sèche et longue et très marquée).

Le risque augmente d'autant plus avec la fréquentation du public (imprudences, causes accidentelles, actes de malveillances), qui est elle-même en augmentation sur cette zone.

→ Enjeu modéré

4.1.5.4 Aléa cyclonique

La menace cyclonique à La Réunion s'étend de novembre à avril, avec un maximum de risque sur les trois mois d'été austral, entre janvier et mars. Néanmoins, dans le bassin cyclonique du sud-ouest de l'océan Indien, des cyclones matures ont déjà été observés dès le mois d'octobre et jusqu'en mai.

Même si statistiquement, il apparaît que les régions Est et Nord-Est de la Réunion sont davantage exposées, tous les secteurs de l'île sont néanmoins susceptibles d'être touchés par la partie la plus active d'un cyclone tropical.

Les statistiques donnent une **période de retour d'environ 6 ans** pour l'observation de vents cycloniques sur l'île. Ceci dit, il est déjà arrivé que deux cyclones passent sur l'île à un an d'intervalle (par exemple en 1944 et 1945).

Par ailleurs, les tempêtes tropicales peuvent aussi provoquer des dégâts importants lorsqu'elles passent à proximité immédiate de l'île, de par les pluies abondantes qu'elles peuvent générer.

Aussi, si l'on considère l'ensemble des cyclones et tempêtes qui sont passés à moins de 100 km des côtes ces dernières 40 années, la durée de retour d'un tel phénomène s'établit alors à environ 2 ans, avec toutefois une répartition très irrégulière dans le temps.

Le caractère destructeur des phénomènes cycloniques est dû :

- **Aux vents**, dont les rafales peuvent dépasser les 300 km/h. Les changements de direction et les renforcements, souvent brutaux, notamment de part et d'autre du passage de l'œil, peuvent être à l'origine de dégâts considérables ; par ailleurs, le vent, lorsqu'il atteint des valeurs très élevées, transforme en projectiles les objets parfois très lourds qu'il est alors capable d'emporter ;
- **Aux précipitations souvent torrentielles**, source d'aléas importants : inondations, glissements de terrain et coulées boueuses en particulier ;
- **À une surélévation du niveau de la mer** anormale et temporaire qui, associée à la marée astronomique, donne ce que l'on appelle la « marée de tempête » ;
- **A la houle cyclonique**, dont les vagues générées par le vent, hautes d'une dizaine de mètres ou plus, peuvent être observées jusqu'à 1 000 km du cyclone à l'origine de sa formation.

Le périmètre projet est concerné par ce risque. L'analyse des perturbations tropicales, leur suivi et la prévision de leur trajectoire et de leur intensité permettent de déclencher à temps les alertes cycloniques.

La commune de Saint-Paul est fortement concernée par le risque cyclonique.

→ Enjeu modéré

4.1.5.5 Aléa maritime

4.1.5.5.1 La houle

Les côtes à La Réunion sont balayées par trois types de houles :

- Les houles d'alizés, générées par les vents d'alizés ;
- Les houles australes : ces houles générées par dépressions dans la zone antarctique frappent le plus souvent les côtes *sud* et *ouest* de l'île durant l'hiver austral ;
- Les houles cycloniques. A La Réunion, la houle cyclonique touche le plus souvent les côtes *nord* et *est* de l'île, de la pointe des Galets à la pointe de la Table et survient pendant l'été austral.

Les houles cycloniques et les houles australes sont les plus dangereuses car susceptibles de provoquer des dégâts importants sur le littoral.

La commune de Saint Paul est soumise aux houles australes. Le projet étant situé en retrait de la frange littorale, à une côte minimale de 2mNGR, il n'est pas concerné par ce risque.

→ Enjeu faible

4.1.5.5.2 La marée de tempête (conditions cycloniques)

Les conditions topographiques et bathymétriques de La Réunion, associées au fait que dans la région l'amplitude des marées reste faible, font que la marée de tempête n'est pas le risque le plus préoccupant pour La Réunion.

Toutefois, il constitue pour les zones basses situées à proximité immédiate du rivage, et en particulier, pour tous les fonds de baies un danger réel en cas de cyclone intense.

→ Enjeu faible

4.1.5.5.3 Tsunami

Selon les archives, des tsunamis ont déjà été observés à La Réunion de 1867 et 1883. Le dernier tsunami d'importance ayant intéressé La Réunion date du 26 décembre 2004, causant principalement des dégâts matériels, notamment dans les ports, mais aucune victime n'a été à déplorer.

→ Enjeu faible

4.1.5.6 Risque inondation

Les problématiques d'inondation observées sur la zone d'étude concernent deux sources principales : La ravine Piton Defaud et la Ravine la Plaine et l'étang de Saint Paul.

4.1.5.6.1 Aléa inondation du Plan de Prévention des Risques

Le Plan de Prévention des Risques (PPR) naturels prévisibles sur la commune de Saint-Paul (hors secteur de Mafate) relatif aux phénomènes d'inondations et de mouvements de terrain a été approuvé par arrêté préfectoral n°2160/SG/DRCTCV du 26 octobre 2016.

Trois degrés d'aléa inondation sont définis pour la crue centennale, en fonction du champ d'inondation (hauteur de submersion et vitesse d'écoulement prévisibles) :

Tableau 7 – Caractérisation de l'aléa inondation pour la crue centennale en fonction des vitesses et des hauteurs d'eau

		vitesses (m/s)		
		v < 0,5	0,5 < v < 1	1 < v
hauteur (m)	0,2 < h < 0,5	faible	moyen	fort
	0,5 < h < 1	moyen	moyen	fort
	1 < h	fort	fort	fort

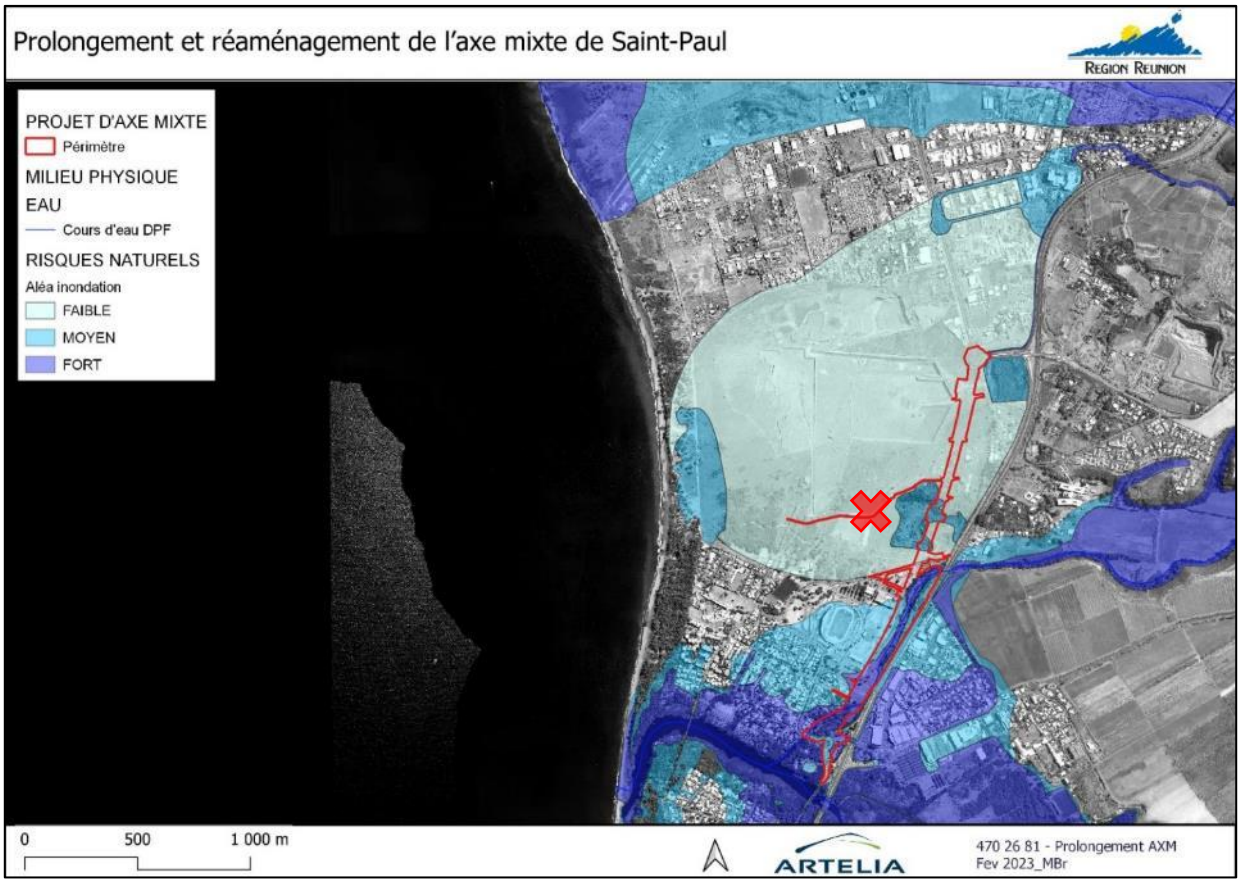


Figure 43 Les aléas inondation et le périmètre projet

L'emprise du projet est concernée par l'aléa faible, moyen et fort. La partie qui concerne la ravine la Plaine est concernée par l'aléa fort.

4.1.5.6.2 Etude hydraulique réalisée dans le cadre du projet

Afin de rendre synthétique cette partie, l'étude hydraulique globale et sa méthodologie de réalisation sont annexées à la présente étude d'impact.

4.1.5.6.2.1 Ravine Piton Defaud

Les problématiques d'inondation observées sur la zone d'étude sont mixtes : les inondations sont générées pour partie par les débordements de la Ravine Piton Défaud et pour partie par les apports du ruissellement pluvial de la zone industrielle de Cambaie.

Une modélisation hydraulique a été réalisée pour un évènement de référence 100 ans sur l'état initial. L'exploitation de cette simulation est proposée via la cartographie des paramètres hydrauliques maximaux : hauteurs d'eau et vitesses maximales des écoulements.

La hauteur d'eau minimale considérée pour caractériser une zone inondée est de 5 cm. Cette valeur est relativement faible pour les évènements de type ruissellement urbain.

Pour la configuration de référence, les eaux ruissellent dans la zone industrielle en suivant les voiries en direction de l'Axe Mixte. Les murets présents tendent à canaliser les écoulements sur les voiries. Ainsi, la majeure partie du volume de la crue reste cantonnée à l'Axe Mixte et très peu continue sa progression vers l'ouest. Sur l'Axe Mixte, les hauteurs d'eau maximales atteintes pour un évènement centennal tel que modélisé sont majoritairement comprises entre 10 et 25 cm, quelques secteurs localisés sont concernés par des hauteurs d'eau dépassant 25 cm (et inférieures à 50 cm).

Les hauteurs les plus importantes (> 25 cm) sont observées notamment au niveau de la jonction avec le giratoire de Cambaie.

Au niveau du giratoire de Cambaie, on obtient un débit de pointe sur l'Axe Mixte de 12 m3/s, ce qui est très conséquent. Ce débit ne permet pas de classer le phénomène comme résultant de la seule problématique du ruissellement urbain. Ce débit est identique à celui proposé par l'étude EcoCité.

Au niveau de ce giratoire, dont la partie centrale est surélevée et crée un obstacle aux écoulements, ceux-ci suivent alors les deux bras du giratoire. A noter que les murets présents en amont le long de l'axe (à l'est et à l'ouest) s'arrêtent au niveau de ce giratoire : les écoulements ne sont alors plus guidés « que » par les bordures des trottoirs. Une partie des écoulements se déverse alors en direction de l'ouest vers les terrains en contrebas (40 % - contre 25% estimés dans l'étude EcoCité).

Les hauteurs d'eau maximales observées sur les deux voies du giratoires sont comprises entre 10 et 25 cm sur la voirie ouest et entre 10 et 50 cm sur la voirie est. L'étude EcoCité estimait cette hauteur d'eau à 30cm.

Une majeure partie des écoulements (60 %) suit les voiries jusqu'à la voirie au sud du giratoire (accès jardinerie). Celle-ci présente une forte pente et elle recueille l'ensemble des eaux circulant sur les voiries de ce giratoire. Au début de cette voirie, les hauteurs d'eau maximales dépassent 25 cm.

Sur la partie nord de cette voirie, une partie des eaux bascule en direction de l'ouest vers les secteurs les plus bas.

Les hauteurs d'eau maximales sur les voiries sont incompatibles avec une praticabilité sécurisée pour des véhicules particuliers sur cet axe. La circulation des véhicules de secours y est difficile (hauteur maximale de 40 cm considérée comme valeur limite pour le passage d'un camion de pompiers).

La répartition des débits qui arrivent au niveau du giratoire de Cambaie est synthétisée sur la figure suivante.

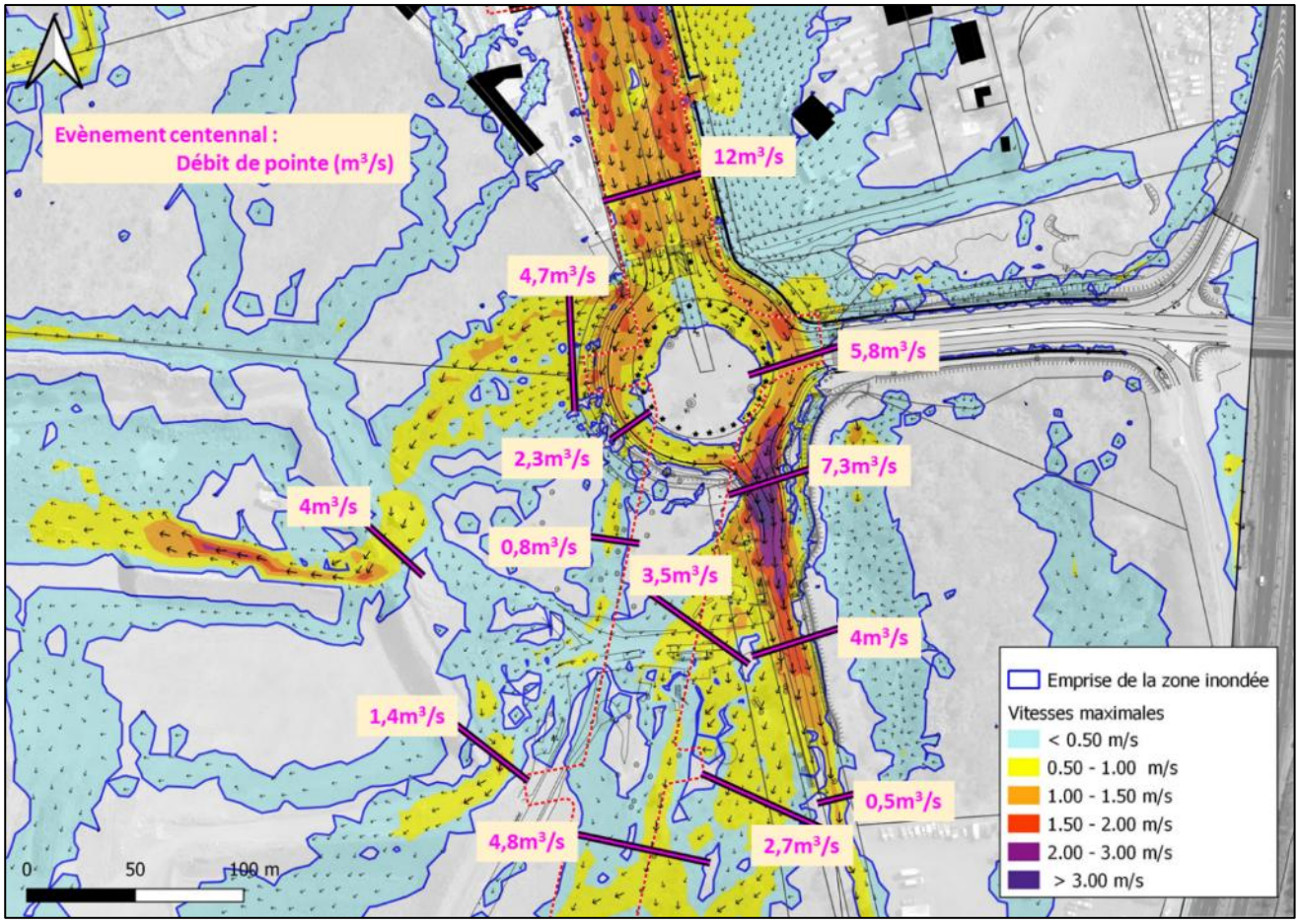
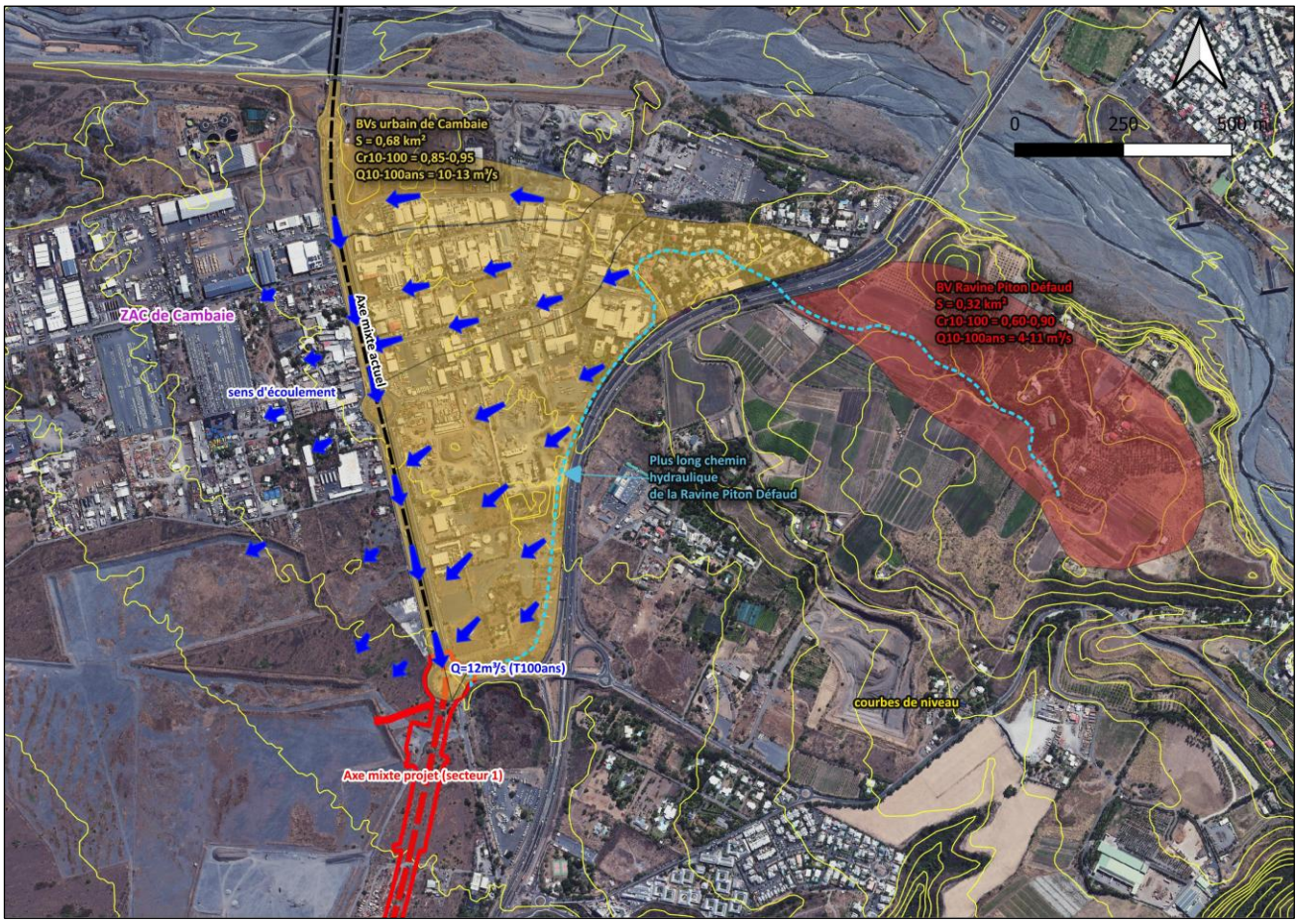


Figure 44 : Configuration de référence – Evènement centennal – Débits maximaux calculés

La figure suivante synthétise le fonctionnement hydraulique de la Ravine du Piton Défaud et des écoulements urbains de la ZA de Cambaie qui peuvent influencer la zone de projet.


BVs urbain de Cambaie
S = 0,68 km²
Cr10-100 = 0,85-0,95
Q10-100ans = 10-13 m³/s
ZAC de Cambaie
Axe mixte actuel
sens d'écoulement
BV Ravine Piton Défaud
S = 0,32 km²
Cr10-100 = 0,60-0,90
Q10-100ans = 4-11 m³/s
Plus long chemin hydraulique de la Ravine Piton Défaud
Q=12m³/s (T100ans)
courbes de niveau
Axe mixte projet (secteur 1)
0
250
500 m

4.1.5.6.2.2 Ravine la Plaine et étang de Saint Paul

Les conditions d'écoulement de la Ravine La Plaine sur la zone d'étude dépendant fortement de celles de l'étang Saint-Paul, la modélisation du comportement hydraulique de la zone d'étude doit intégrer la majeure partie de la plaine de Saint-Paul et l'intégralité de l'Etang de Saint-Paul. L'emprise de la zone modélisée est représentée sur la figure suivante. Le modèle mis en œuvre couvre ainsi une superficie de 14 km².

Figure 45 : Emprise du modèle Ravine La Plaine – Etang Saint-Paul

La Ravine La Plaine qui draine un bassin versant de près de 18 km² s'ouvre nettement à son débouché dans la plaine de Saint-Paul. Des débordements sont observés. Les premiers débordements touchent les terres agricoles dans les zones urbaines. Deux principaux quartiers sont ainsi concernés : Savanna en rive gauche (débordements en partie liés à la capacité insuffisante de l'ouvrage de la RN1) et Jacquot en rive droite (situé entre la ravine et l'océan).

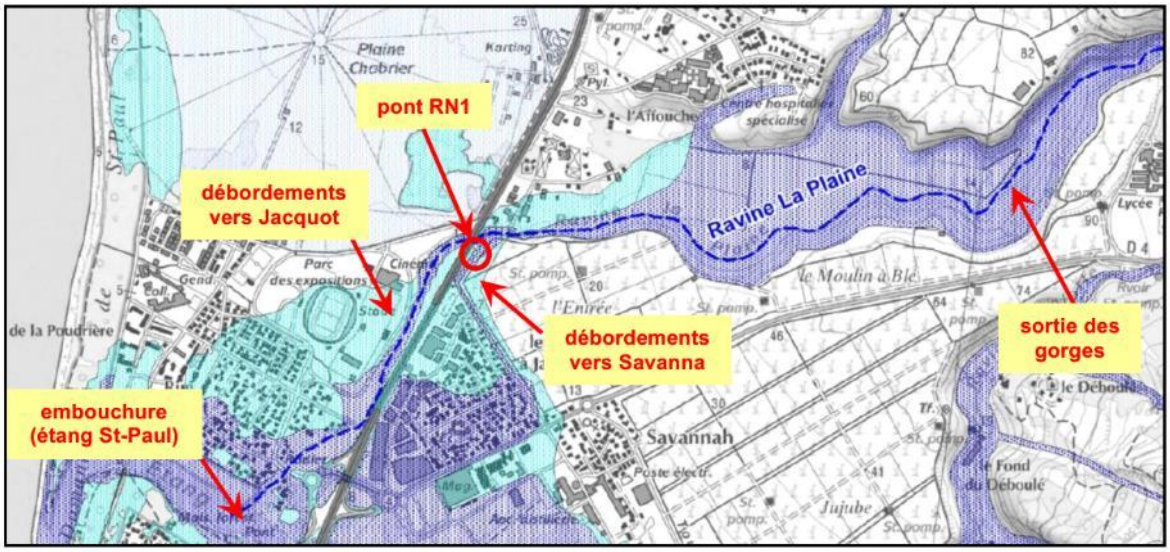


Figure 46 – Secteur d'étude vis-à-vis des zones inondables issues du PPRi (secteur de la Ravine La Plaine)

La figure ci-après est la représentation de la topographie de la zone d'étude dans la configuration de référence (actuelle).

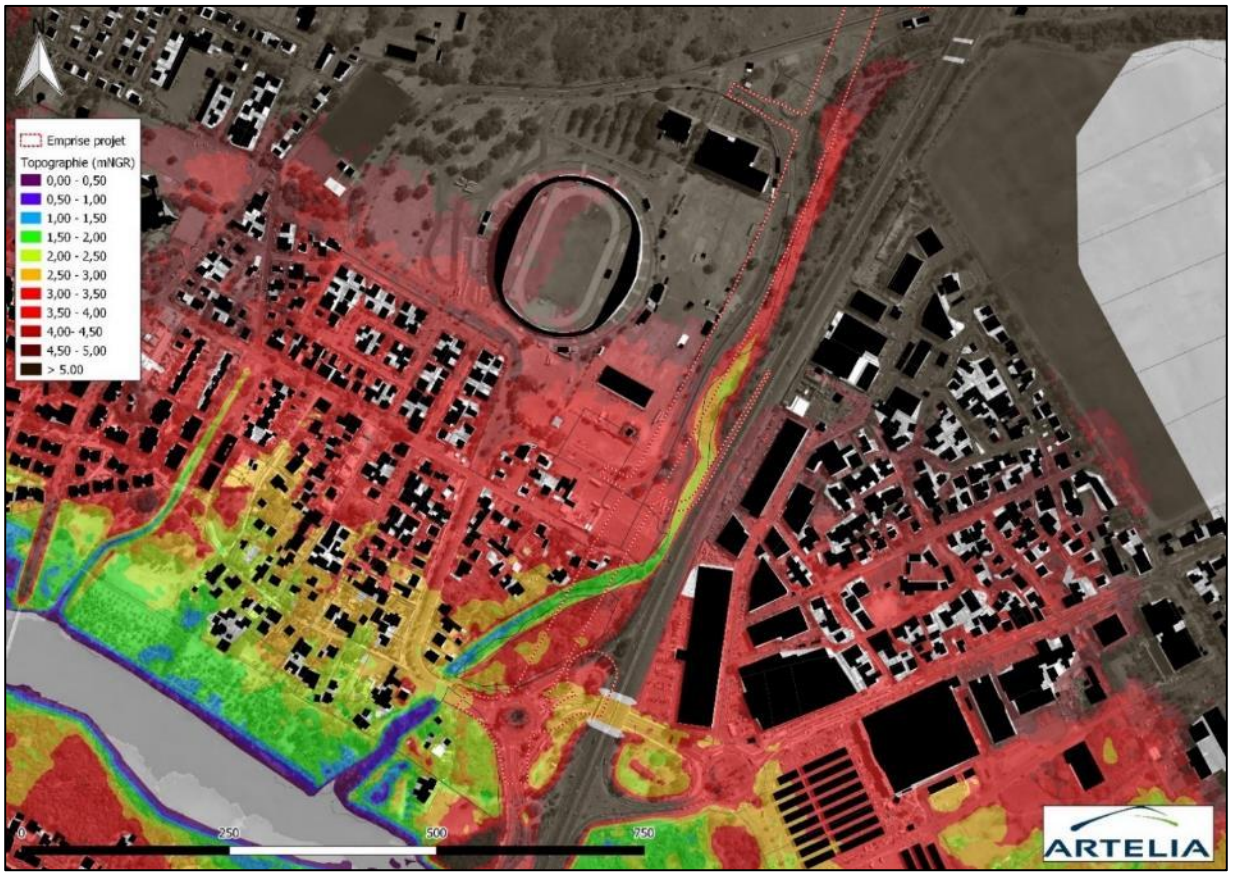


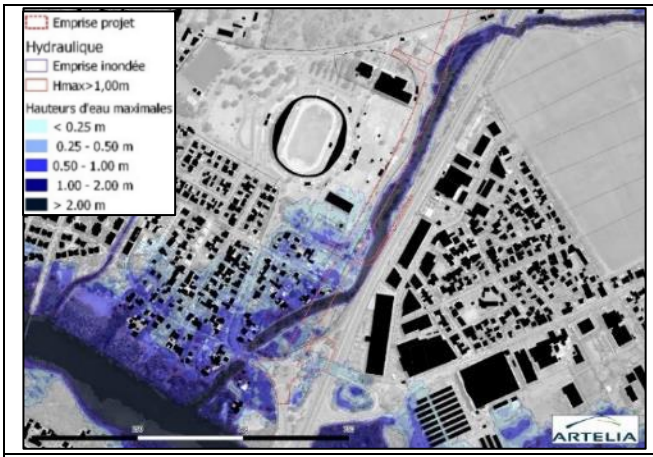
Figure 47 : Cartographie de la topographie du modèle (Etat actuel)

Les crues de période de retour 10, 30 et 100 ans ont été simulées pour un évènement hydrologique « large » qui représentent une alimentation « homogène » de l'Etang par l'ensemble des bassins versants (nommées **crues de l'étang de Saint Paul**) et pour un évènement hydrologique « centré » uniquement sur le bassin versant de la ravine la Plaine (**crue de la ravine la Plaine**), et ce de sorte à couvrir l'ensemble des gammes d'évènements hydrométéorologiques pouvant être observés sur le secteur d'étude. Les résultats obtenus sont traduits sous la forme de cartes représentant

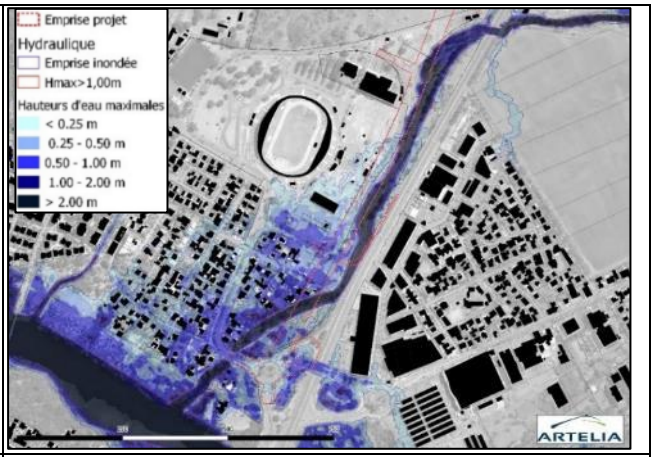
les hauteurs d'eau maximales calculées. Ces cartes ont été centrées sur la Ravine La Plaine entre son franchissement par la RN 1 et son exutoire dans l'étang.

Quelque-soit la configuration considérée, ces cartographies mettent notamment en évidence une capacité hydraulique actuelle de la Ravine La Plaine inférieure à la crue décennale sur son tronçon compris entre la RN 1 et l'étang Saint-Paul.

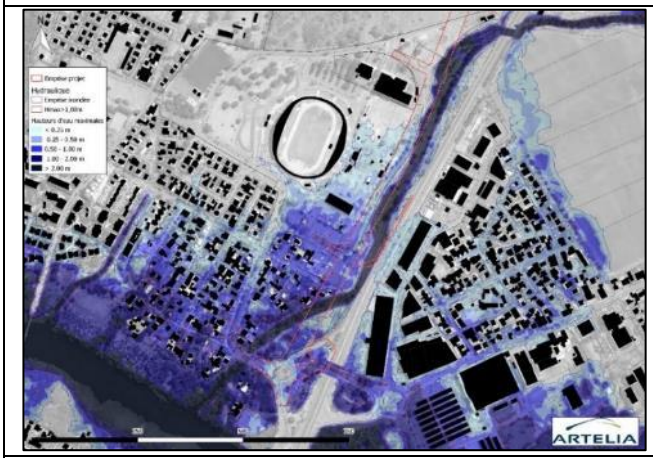
Des débordements vers le quartier Jacquot sont ainsi relevés dès le secteur du stade dès la crue décennale. Les hauteurs d'eau sont généralement proches de 1 m pour la crue décennale mais s'élèvent pour les crues plus importantes jusqu'à atteindre près de 2 m sur une majeure partie du quartier.



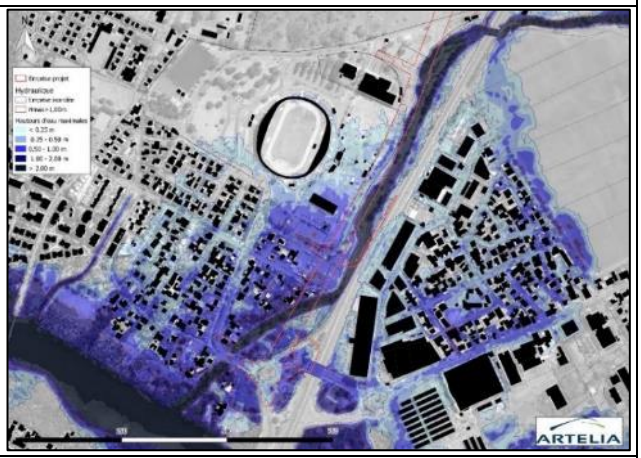
Cartographie de la crue de période de retour 10 ans Crue de l'Etang Saint-Paul (Etat actuel)



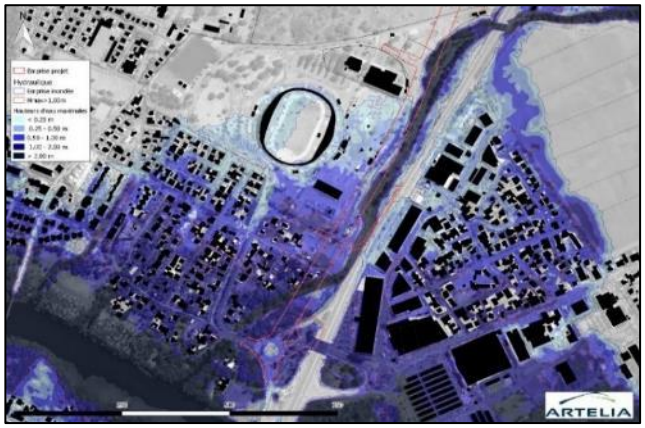
Cartographie de la crue de période de retour 10 ans Crue de la Ravine La Plaine (Etat actuel)



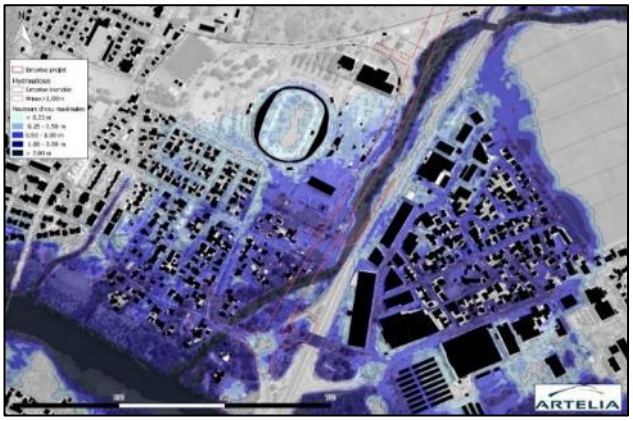
Cartographie de la crue de période de retour 30 ans Crue de l'Etang Saint-Paul (Etat actuel)



Cartographie de la crue de période de retour 30 ans Crue de la Ravine la Plaine (Etat actuel)



Cartographie de la crue de période de retour 100 ans Crue de l'Etang Saint-Paul (Etat actuel)



Cartographie de la crue de période de retour 100 ans Crue de la Ravine la Plaine (Etat actuel)

→ Enjeu fort

4.1.5.6.3 Analyse du bassin versant naturel surplombant la zone de projet

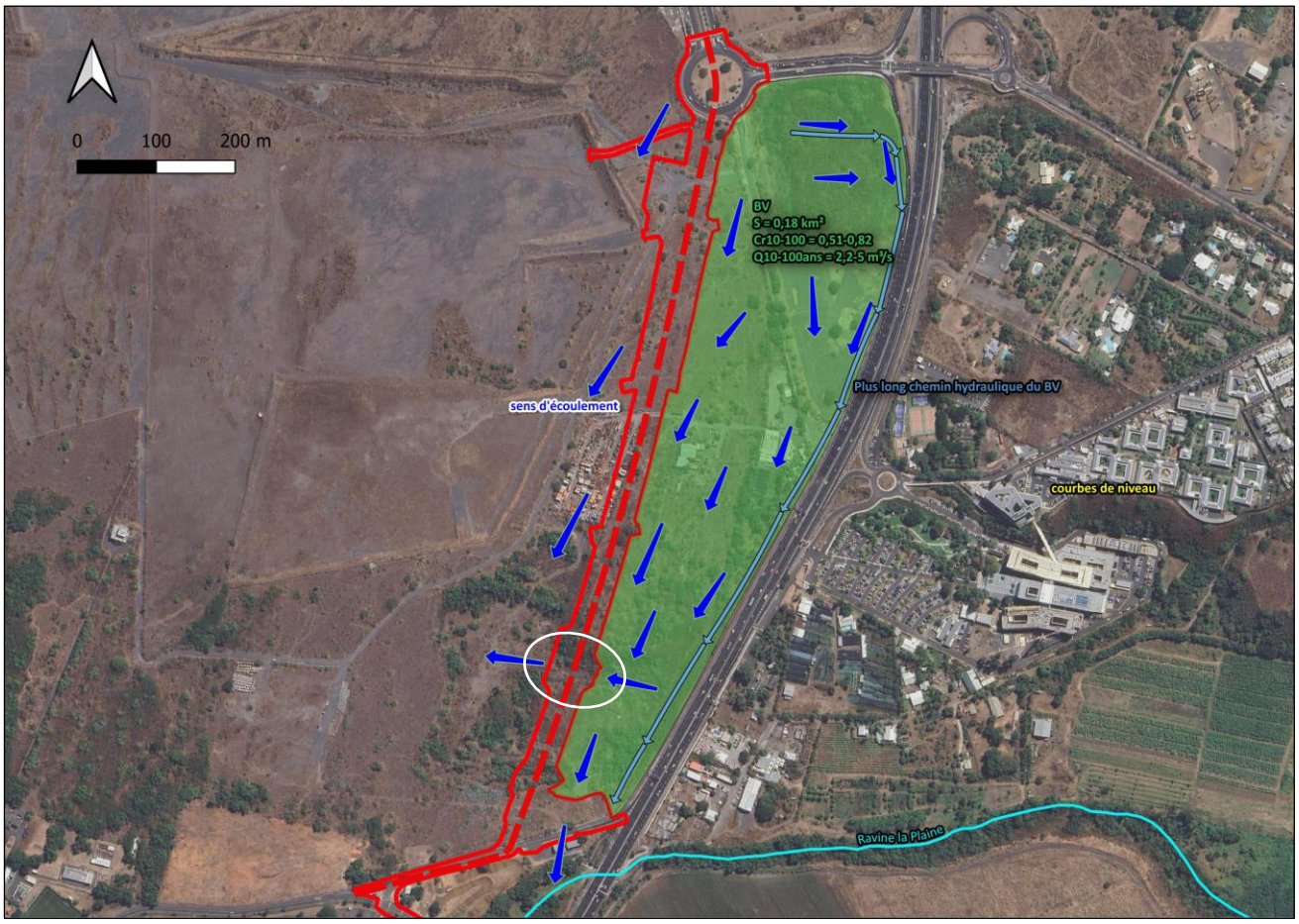
Au-delà de la Ravine du Piton Défaud et de la Ravine La Plaine, qui constituent les principaux apports d'eau sur la zone d'étude, on trouve également un petit bassin versant situé en amont immédiat du secteur n°1 du projet. Celui-ci est délimité au *nord* par la bretelle d'accès Cambaie / RN 1 (en remblai) et à l'*est* par le remblai de la RN 1.

Ce bassin versant est actuellement très peu urbanisé : une seule voie assure la desserte du commerce Hyperjardin et supporte la voie vélo régionale (VVR). Il s'inscrit dans l'emprise de la future ZAC Phaonce.

Aucune ravine ou thalweg ne draine ce bassin versant, les écoulements s'effectuant de façon diffuse et s'orientant naturellement au *sud-ouest* en direction du quartier Jacquot et de la Ravine La Plaine (de façon quasi-parallèle au tracé du futur axe mixte).

Aujourd'hui, naturellement, l'essentiel des eaux de ce bassin versant est intercepté par une zone topographiquement basse (cf. ellipse blanche sur la figure suivante) qui renvoie les flux vers l'*ouest* et les dépressions topographiques situées en aval. Les eaux ruisselant au *sud* de cette zone rejoignent la Ravine La Plaine.

Deux exutoires sont donc identifiés ici : la Ravine La Plaine et l'Etang Saint-Paul. La figure suivante synthétise son fonctionnement actuel :


0
100
200 m
BV
S = 0,18 km²
Cr10-100 = 0,51-0,82
Q10-100ans = 2,2-5 m³/s
sens d'écoulement
Plus long chemin hydraulique du BV
courbes de niveau
Ravine la Plaine

→ Enjeu fort

4.1.5.7 Risque mouvements de terrains

Le Plan de Prévention des Risques (PPR) naturels prévisibles sur la commune de Saint-Paul (hors secteur de Mafate) relatif aux phénomènes d'inondations et de mouvements de terrain a été approuvé par arrêté préfectoral n°2160/SG/DRCTCV du 26 octobre 2016.

Pour évaluer l'aléa, sont intégrés l'ensemble des phénomènes naturels « mouvements de terrain » sur la zone considérée ; le phénomène le plus intense conditionnant le niveau d'aléa sauf pour l'aléa faible.

Tableau 8 – Caractérisation du niveau d'aléa mouvements de terrain en fonction de l'intensité du phénomène

Intensité du phénomène	Niveau d'aléa	Exemple de types de zones	Echelle à laquelle l'aléa peut être traité
si un phénomène d'intensité 1 et/ou un phénomène d'intensité 2	Faible à modéré	P1, G1, P1G1, P2, G2, G2P1, P2G1	Echelle de la parcelle individuelle
si plus d'un phénomène d'intensité 2	Moyen	P2G2, E2G2, E2P2	Echelle du versant ou du regroupement de propriétaires
si au moins un phénomène d'intensité 3	Elevé	P3, E3, G3 et toute combinaison comprenant un de ceux-ci	Parades techniques difficiles ou coûteuses
si au moins un phénomène d'intensité 4	Très élevé	P4, E4, G4 et toute combinaison comprenant un de ceux-ci	Pas de parade technique (financièrement envisageable pour des projets « classiques »)

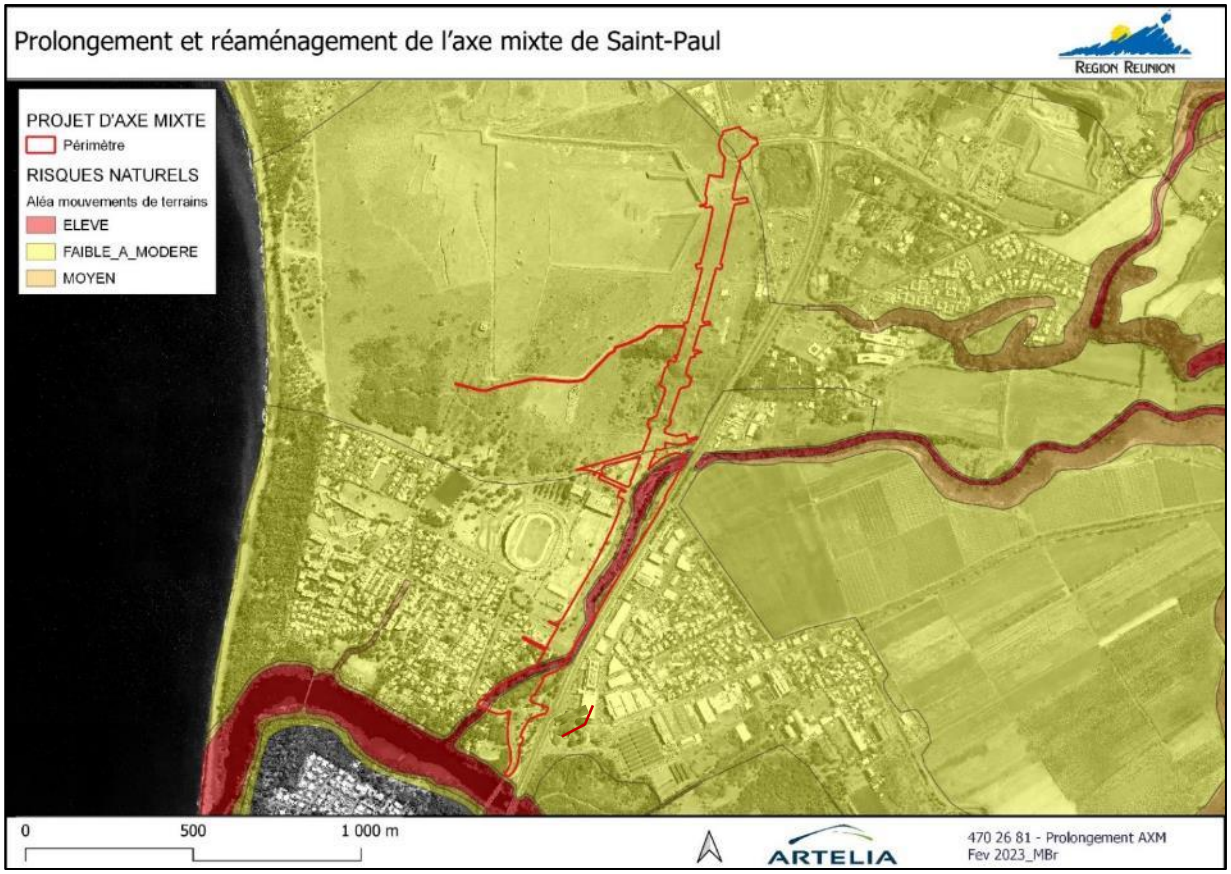


Figure 48 Aléa mouvement de terrain et périmètre projet

L'emprise du projet est globalement en aléa faible. Cependant, la partie qui concerne la ravine de la Plaine est en aléa fort.

→ Enjeu modéré

4.2 MILIEU NATUREL

4.2.1 Zonages à portée réglementaire du patrimoine naturel

4.2.1.1 Le Parc National de La Réunion

Le Parc National de La Réunion a été créé le 5 mars 2007 par décret[4].

Le périmètre d'étude n'est pas concerné par la réglementation du Parc National. Absence de nécessité de consultation préalable des services du Parc National.

→ **Absence d'enjeu**

4.2.1.2 Le Conservatoire du Littoral

L'aire d'étude rapprochée du projet n'est pas concernée par les espaces sous maîtrise actuelle ou prospective du CL. Les terrains les plus proches sont situés au Sud de l'aire d'étude à l'Etang de Saint-Paul.

4.2.1.3 Réserve Naturelle Nationale

Le classement d'un espace naturel en Réserve Naturelle Nationale a pour objectifs de protéger de l'extension urbaine et de mettre en valeur ce véritable réservoir de biodiversité. C'est le plus haut niveau de protection des espaces naturels. Une portion de la Réserve Nationale de l'étang Saint-Paul est concernée par le recalibrage de la Ravine de la Plaine.

La Réserve Naturelle Nationale de l'étang de Saint-Paul a été créée par voie du décret n°2008-4 du 2 janvier 2008. Ce décret fait notamment l'inventaire de la totalité des parcelles cadastrales concernées et précise une distinction entre une zone A (zone de protection intégrale) et une zone B (zone de protection modérée périphérique) où les prescriptions réglementaires ne sont pas les mêmes.

4.2.1.3.1 Réglementation de la Réserve Naturelle Nationale

L'article 9 du décret n°2008-4 du 2 janvier 2008 portant création de la réserve naturelle nationale de l'étang de Saint-Paul réglemente les travaux et aménagements dans le périmètre de la réserve :

I. Les travaux publics ou privés modifiant l'état ou l'aspect de la réserve sont interdits.

Peuvent toutefois être autorisés par le préfet au titre de l'article L. 332-9 du code de l'environnement et dans les conditions prévues aux articles R.332-23 à 332-25 de ce code :

a) Les travaux agricoles et aquacoles sur les terrains consacrés à ces activités à la date de publication du présent décret autres que les travaux courants ;

b) Les travaux nécessaires à la réalisation d'un pont en aval de la RN 1 sur la zone B assurant la liaison Cambaie – Saint-Paul ;

c) Les travaux nécessaires à l'entretien des ponts de la RN 1 et la chaussée Royale ;

d) Les travaux nécessaires à la maintenance et à la réparation de la ligne haute tension Saint-Paul – La Saline ;

e) Les travaux d'élargissement de la RN 1.

II. Toutefois, peuvent être exécutés, après déclaration au préfet, dans les conditions prévues à l'article R.332-26 du code de l'environnement et dans le respect des règles de procédure qui leur sont applicables, les travaux d'urgence concernant la sécurité des personnes et des biens ainsi que les travaux publics ou privés susceptibles de modifier l'état

[4] Décret n°2007-296 du 5 mars 2007 créant le Parc National de La Réunion

ou l'aspect de la réserve lorsque ceux-ci sont définis dans le plan de gestion approuvé. Peuvent notamment être exécutés les travaux nécessaires à la régulation du niveau d'eau et à l'entretien et à la gestion de la réserve.

Le périmètre projet n'est pas concerné pas le périmètre réglementaire de la réserve. L'aire d'étude rapprochée intercepte la zone de protection modérée de la RN à l'extrémité Nord. Il est également important de noter que la ravine de La Plaine est connectée à l'étang de Saint-Paul à son exutoire.

→ Absence d'enjeu réglementaire mais projet en amont immédiat de la réserve

4.2.1.3.2 Sensibilité de la Réserve Naturelle Nationale au projet

Compte tenu de sa proximité à la ville très peuplée de Saint-Paul, le site est menacé par les activités humaines telles que l'exploitation des ressources naturelles et l'utilisation non durable de l'eau. Un plan de gestion est en vigueur pour préserver ses caractéristiques hydrologiques et écologiques contre ces menaces.

La proximité du périmètre d'étude de celui de la Réserve rend l'approche écologique particulièrement sensible, notamment en termes d'échanges habitat/espèces.

→ Enjeu fort

4.2.1.4 Espaces remarquables du littoral

Sont considérés comme des espaces remarquables, les espaces notamment mentionnés aux articles L.146-6 et R.146-1 du code de l'urbanisme qui constituent un site ou un paysage remarquable ou caractéristique du patrimoine naturel et culture du littoral ou sont nécessaires au maintien des équilibres écologiques ou présentent un intérêt écologique.

L'aire d'étude rapprochée est concernée par ce zonage mais pas le périmètre d'étude immédiat.

→ Enjeu réglementaire nul ; enjeu de conservation des milieux naturels fort

4.2.1.5 Les Espaces Naturels Sensibles (ENS)

L'ENS ou Espace Naturel Sensible est un outil de protection des espaces naturels par leur acquisition foncière ou par la signature de conventions avec des propriétaires privés ou publics. Les ENS sont le cœur des politiques environnementale des conseils généraux. Ils ont pour objectif de préserver la qualité des sites, des paysages, des milieux naturels rares ou menacés et d'assurer la sauvegarde des habitats naturels.

L'ENS Etang de Saint-Paul **ne concerne pas** le périmètre du projet.

→ Absence d'enjeu réglementaire

4.2.1.6 Les réservoirs terrestres biologiques avérés reconnus par le TO

Le projet est concerné localement par le réservoir de biodiversité avéré de la trame terrestre, zonage issu de l'étude préalable d'identification et de cartographie des réseaux écologiques de la DEAL. Le TO a intégré la majorité de ces réservoirs de biodiversité terrestres dans son SCoT et leur a donné une protection réglementaire.

Néanmoins le TO n'a pas reconnu le réservoir de biodiversité de Cambaie, lequel est intercepté par le projet car à l'époque de la rédaction du SCoT en 2016, la zone en question avait déjà été largement impactée par l'exploitation des carrières de la plaine Oméga et ne présentait plus l'intérêt de conservation décrit à l'époque des inventaires menées par la DEAL.

Un second réservoir est identifié au nord de l'étang de Saint-Paul. Celui-ci est situé en limite du périmètre du projet, sans être intercepté. Une attention particulière sera portée aux éventuels impacts des emprises de travaux sur celui-ci.

→ Absence d'enjeu réglementaire mais reliques éventuelles du réservoir de biodiversité à étudier

4.2.1.7 Synthèse

Le tableau de synthèse présente une synthèse des zonages à **portée réglementaire** identifiées sur la zone d'étude à proximité :

Tableau 9 – Zonages à portée réglementaire du patrimoine naturel

Type de zonage	Nom	Distance vis-à-vis du projet	Impact réglementaire	Contraintes vis-à-vis du projet	Sensibilité de l'espace naturel vis-à-vis du projet
Parc National	Parc National de La Réunion	Environ 1,5 km de l'aire d'adhésion	**Nul**	Absence de contrainte réglementaire et d'usage (zonage éloigne)	**Nul**
Réserve Naturelle Nationale	Etang de Saint-Paul	30 m environ	**Nul**	Absence de contrainte réglementaire et d'usage	**Fort**
Espace Naturel Sensible	Etang de Saint-Paul	Environ 150m	**Nul**	Absence de contrainte réglementaire et d'usage	**Nul**
Espaces Remarquables du Littoral	/	30m environ	**Nul**	Sans	**Fort**
Réservoir biologique avéré	/	bordure	**Nul**	Absence de contrainte réglementaire et d'usage	**Fort**

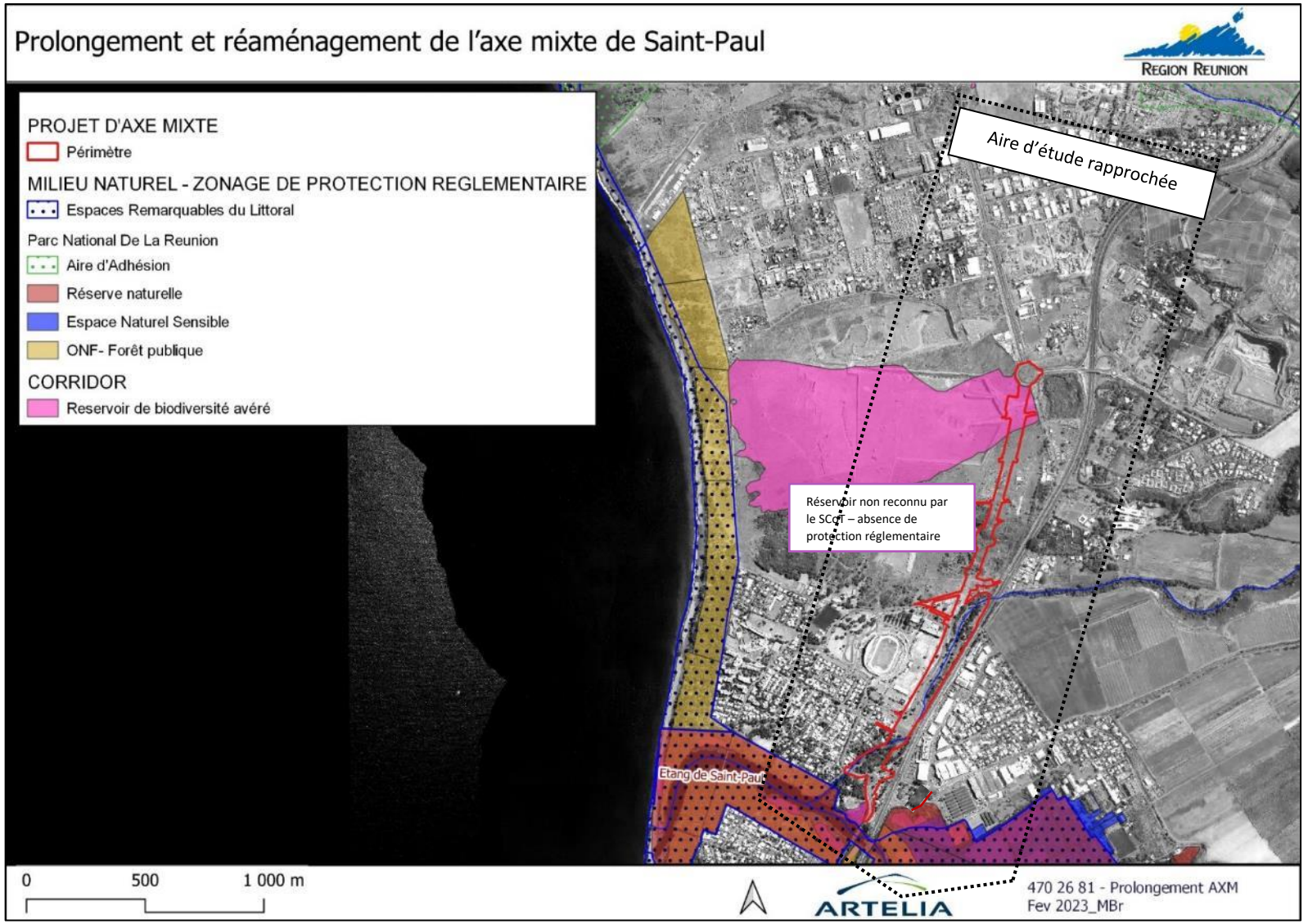


Figure 49 – Périmètres de protection réglementaire des milieux naturels

4.2.2 Zonages d'inventaire du patrimoine naturel

4.2.2.1 Zone Naturelle d'Intérêt Écologique, Faunistique et Floristique (ZNIEFF)

L'inventaire des ZNIEFF, zone naturelle d'intérêt écologique, faunistique et floristique, est un programme d'inventaire naturaliste et scientifique qui recense les espaces naturels terrestres remarquables. Une ZNIEFF a pour objectif d'identifier et de décrire des secteurs présentant de fortes capacités biologiques et un bon état de conservation. La désignation d'une ZNIEFF repose surtout sur la présence d'espèces ou d'associations d'espèces à fort intérêt patrimonial. On distingue 2 types de ZNIEFF :

- Les ZNIEFF de type I sont des sites, de superficie en général limitée, identifiées et délimités parce qu'ils contiennent des espèces ou au moins un type d'habitat de grande valeur écologique, locale, régionale, nationale ou européenne ;
- Les ZNIEFF de type II concernent les grands ensembles naturels, riches et peu modifiés avec des potentialités biologiques importantes qui peuvent inclure plusieurs zones de type I ponctuelles et des milieux intermédiaires de valeur moindre mais possédant un rôle fonctionnel et une cohérence écologique et paysagère.

Les inventaires ZNIEFF n'ont pas, en eux-mêmes, de valeur juridique directe et ne constitue pas un instrument de protection réglementaire des espaces naturels mais sont portés par le préfet à la connaissance des communes ou de leurs groupements lors de l'établissement des documents d'urbanisme afin de les informer de la richesse écologique des espaces naturels et de l'opportunité de les protéger.

Trois ZNIEFF de type I, et deux ZNIEFF de type II se trouvent à proximité plus ou moins immédiate du projet (Cf. carte suivante).

Tableau 10. ZNIEFF décrites à proximité de la zone d'étude

Code régional de la ZNIEFF	Nom de la ZNIEFF
ZNIEFF de type II	
N° régional : n.c	Périphérie de l'étang de Saint-Paul
N° régional : n.c	Cours de la Rivière des galets
ZNIEFF de type I	
040030117	Aval de l'étang de Saint-Paul
N° régional : n.c	Etang de Saint-Paul
N° régional : n.c	Mafate et vallée

Si le projet n'est pas concerné par ces ZNIEFF, la position du projet en amont hydraulique des ZNIEFF de l'Étang de Saint Paul le rend particulièrement sensible pour les espèces et habitats qui ont justifié la création de ces espaces d'inventaires.

→ Enjeu modéré

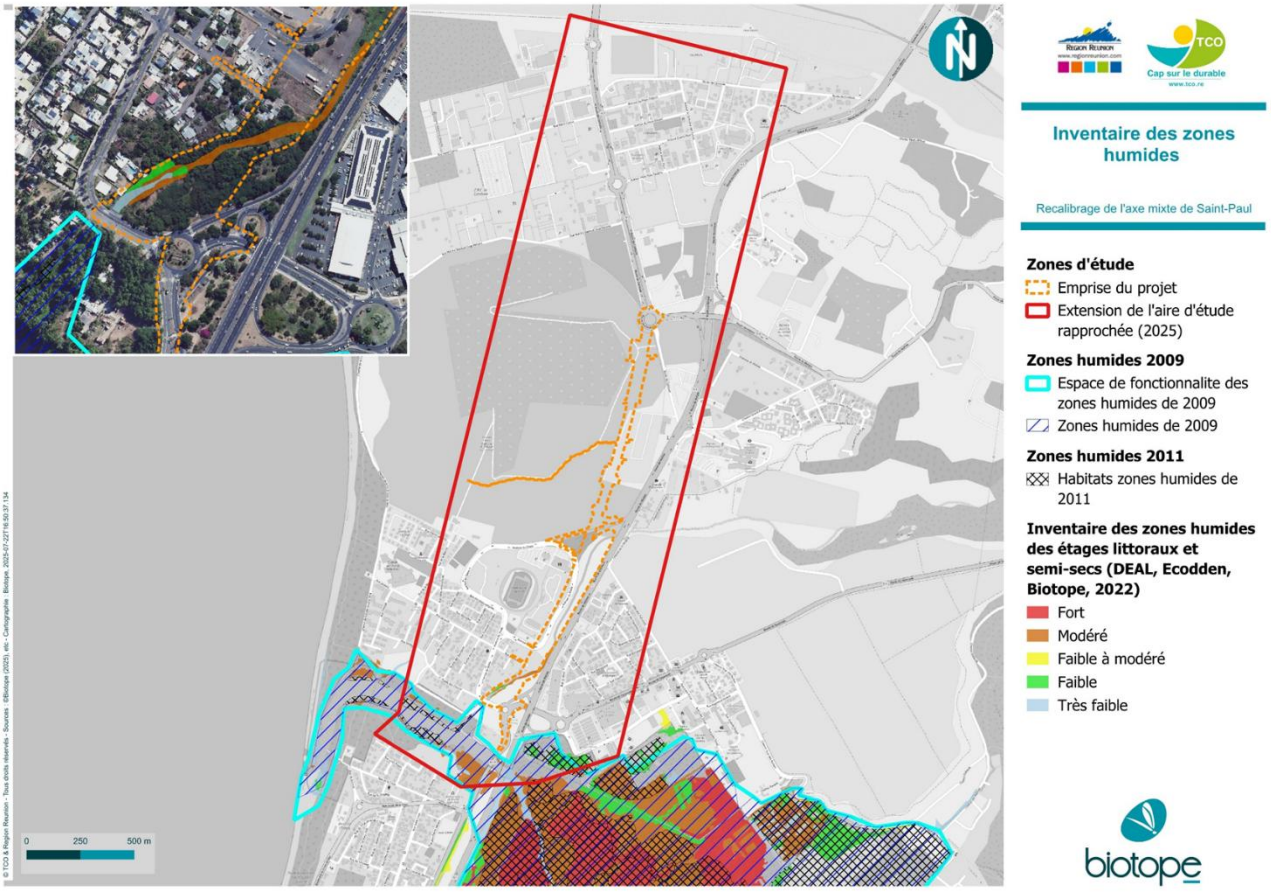
4.2.2.2 Zones humides

Historiquement, les zones humides étaient identifiées selon la définition légale issue de la Loi sur l'eau de 1992 : « On entend par zone humide les terrains, exploités ou non, habituellement inondés ou gorgés d'eau douce, salée ou saumâtre de façon permanente ou temporaire ; la végétation, quand elle existe, y est dominée par des plantes hygrophiles pendant au moins une partie de l'année. »

Cette définition a ensuite été modifiée par la Loi n°2019-773 du 24 juillet 2019 : « On entend par zone humide les terrains, exploités ou non, habituellement inondés ou gorgés d'eau douce, salée ou saumâtre, de façon permanente ou temporaire, ou dont la végétation, quand elle existe, y est dominée par des plantes hygrophiles pendant au moins une partie de l'année ». Cette définition introduit ainsi le caractère alternatif entre critères pédologiques et floristiques.

A La Réunion, des zones humides présentant un caractère intéressant au titre de la biodiversité ont été inventoriées et délimitées (DEAL, 2009 et DEAL/CBNM, 2011). Ce travail a été réalisé dans un souci de prise en compte de ces milieux sensibles dans l'aménagement du territoire. L'identification de ces sites ne constitue pas de contraintes réglementaires mais elles représentent des zones dont l'intérêt écologique est reconnu. La notion « d'espaces de fonctionnalité » y est mentionnée en tant que zone tampon autour de la zone humide principale. Ces inventaires n'ont toujours pas de valeur réglementaire mais rappellent toujours l'intérêt exceptionnel de ces zones au niveau de la Biodiversité réunionnaise.

Un complexe de zones humides est identifié à proximité de la zone d'étude : il s'agit de l'étang de Saint-Paul, vaste de 415 hectares, constituant la plus vaste zone humide littorale des Mascareignes. Elle a été classée d'importance internationale (RAMSAR) depuis 2019.



→ Enjeu fort

4.2.2.3 Les Réseaux Écologiques à la Réunion (RER)

L'identification des continuités écologiques existantes à l'échelle d'un territoire répond à l'un des objectifs fondamentaux du Grenelle 2 de l'environnement visant à la préservation et la remise en état des continuités écologiques permettant de garantir la fonctionnalité des milieux et l'amélioration de la diversité du patrimoine biologique.

Une étude préalable d'identification et de cartographie des réseaux écologiques à La Réunion a été réalisée de 2012 à 2014, par le groupement ASCONIT-ECODDEN-PARETO et pilotée par le Service Eau et Biodiversité de la DEAL. Les Réseaux Ecologiques à la Réunion se déclinent suivant plusieurs trames à l'échelle de l'île : Trames terrestre, aquatique, aérienne et marine.

4.2.2.4 Trame terrestre

Décrit dans les enjeux réglementaires. En effet le SCoT a donné un caractère réglementaire au « réservoir de biodiversité avéré ». **Rappelons que le SCOT n'a pas identifié comme « réservoir de biodiversité » le zonage DEAL au droit de la plaine Chabrier.**

4.2.2.5 Trame aquatique

Le projet n'est concerné directement par aucun réservoir de biodiversité mais l'Etang Saint Paul situé en aval du projet est un réservoir de biodiversité avéré. La Ravine la Plaine constitue également un corridor potentiel.

→ Enjeu fort

4.2.2.6 Trame marine

Le projet n'est concerné par aucun réservoir de biodiversité.

→ Enjeu nul

4.2.2.7 Trame aérienne

Le périmètre projet est concerné par le couloir de déplacement de l'avifaune marine Pétrel de Barau, Puffin tropical et Puffin du Pacifique.

L'étang de Saint Paul situé à plus d'un kilomètre constitue une zone de nidification pour l'avifaune aquatique.

→ Enjeu fort

4.2.2.8 Synthèse

Le tableau de synthèse présente une synthèse des zonages d'inventaire du patrimoine naturel identifié sur la zone d'étude à proximité :

Type de zonage	Nom	Enjeu réglementaire	Sensibilité vis-à-vis du projet
ZNIEFF de Type I	Cours de la rivière des Galets et aval du Bras de Sainte *0001-0199*	**Nul**	**Faible**
	Etang de Saint-Paul	**Nul**	**Fort**
ZNIEFF de Type II	Mafate et Vallée *00840000*	**Nul**	**Faible**
	Etang de Saint-Paul	**Nul**	**Fort**
Zone humide et périmètre RAMSAR	Etang de Saint-Paul	**/**	**Fort**
Forêt Domaniale ONF	Forêt Domaniale de la Côte Sous le Vent / Etang de Saint-Paul	**Nul**	**Faible**
RER	/	**Nul**	**Fort**

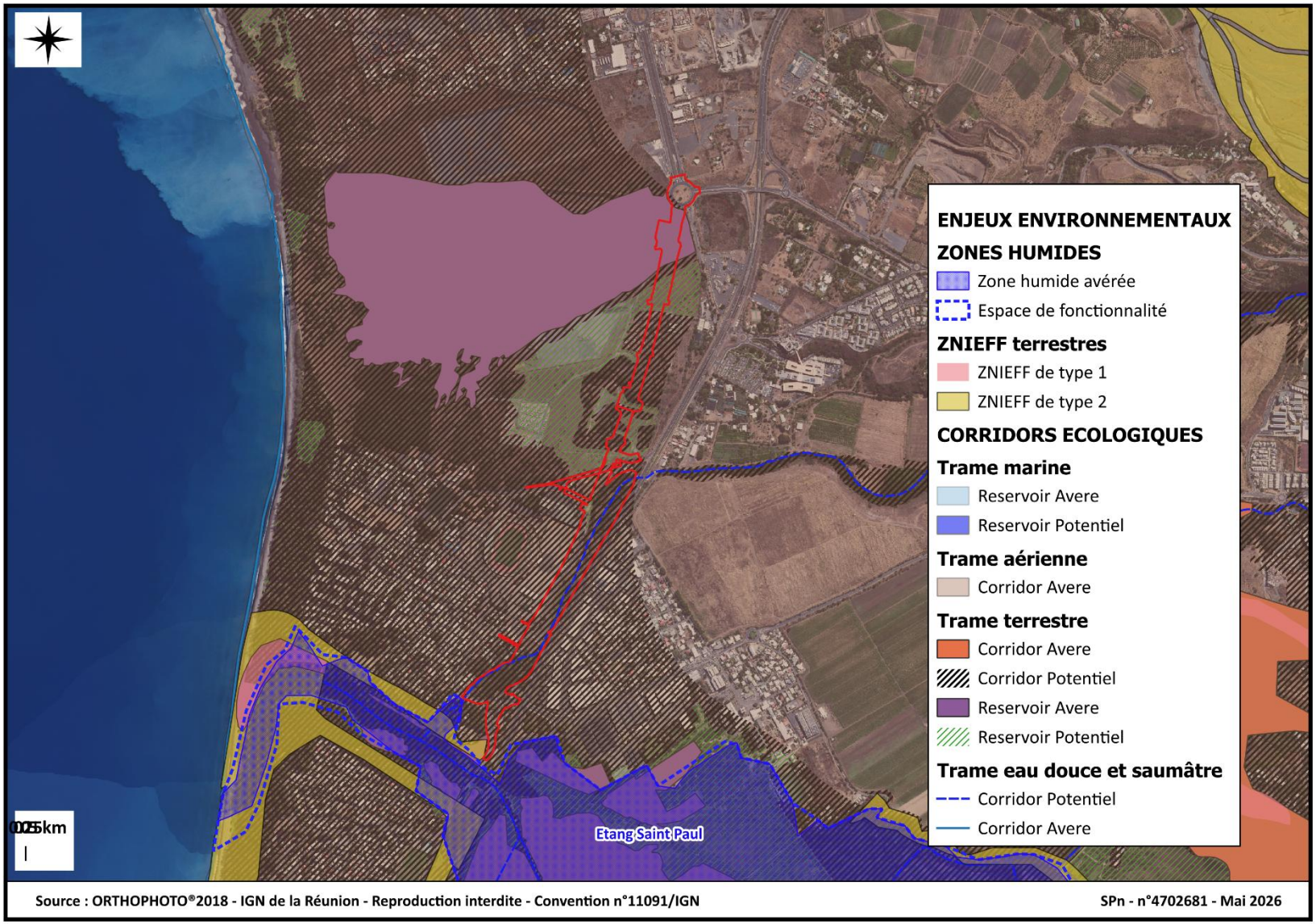


Figure 50 – Périmètres de protection des milieux naturels de types inventaires

4.2.3 Données d'inventaire : habitats, faune et flore

La méthodologie et les dates d'inventaires sont décrites en annexe dans le rapport d'étude biotope. En synthèse, les prospections ont concerné les groupes de faune et la flore les plus représentatifs de la biodiversité de l'aire d'étude rapprochée. Le nombre et les périodes de passage ont été adaptés au contexte anthropisé de l'aire d'étude rapprochée et aux enjeux écologiques pressentis.

- Cinq passages ont été dédiés aux Habitats naturels et flore 28/04/2021 ; 06/05/2021 , 02/07/2021 ; 22 et 28 mai 2025
- Six passages ont été dédiés aux expertises faune diurne : oiseaux, reptiles, insectes 05/03/2021 ; 23/03/2021 ; 25/03/2021 ; 07/04/2021,15/09/2021 et 22/05/2025
- Deux passages ont été dédiés à l'expertise chiroptères 06/04/2021 et 15/09/2021

4.2.3.1 Habitats naturels

Remarque importante : un habitat naturel est une zone terrestre ou aquatique se distinguant par ses caractéristiques géographiques, abiotiques et biotiques, qu'elle soit entièrement naturelle ou semi-naturelle. Tout en tenant compte de l'ensemble des facteurs environnementaux, la détermination des habitats naturels s'appuie essentiellement sur la végétation qui constitue le meilleur intégrateur des conditions écologiques d'un milieu (Bensettiti et al., 2001).

Malgré cela, les termes « habitat naturel », couramment utilisés dans les typologies et dans les guides méthodologiques sont retenus ici pour caractériser les végétations par souci de simplification.

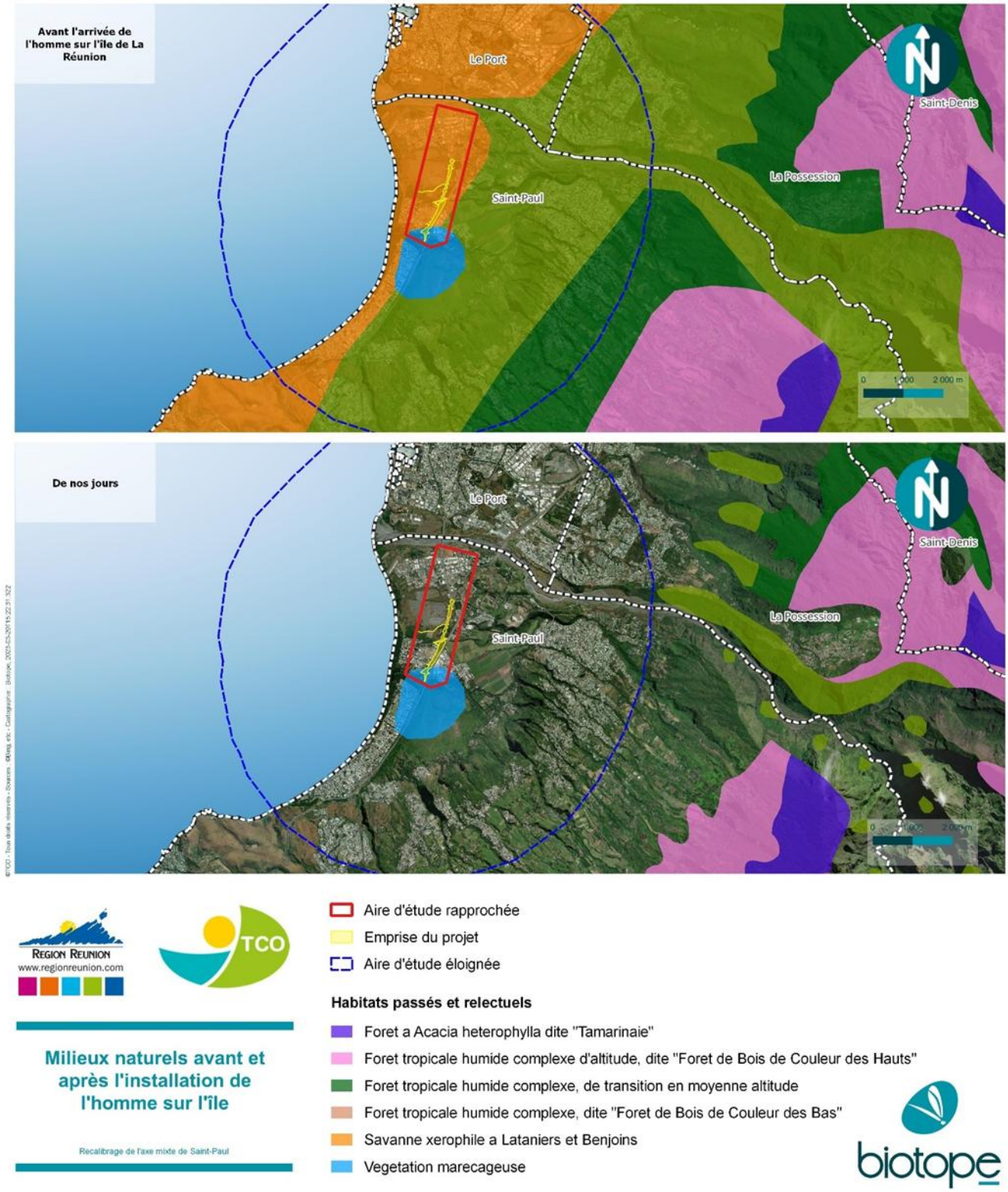
La synthèse proposée ici s'appuie sur les relevés réalisés dans le cadre du présent travail, sur une analyse des caractéristiques des milieux naturels de l'aire d'étude rapprochée ainsi que sur la bibliographie récente disponible.

Pour rappel, la cartographie des habitats naturels a été réalisée sur l'aire d'étude rapprochée.

4.2.3.1.1 Analyse bibliographique

Au titre de la cartographie des habitats naturels actuels de La Réunion (Parc national de La Réunion, 2010), la zone d'étude est concernée par un habitat naturel relictuel : zone de végétation marécageuse située au sud de la zone d'étude (Etang de Saint Paul). Cette zone correspond à l'habitat naturel qui été présent avant l'arrivée de l'homme. De plus, elle est l'une des rares zones de végétation marécageuse de la Réunion. Les enjeux de cette zone de végétation marécageuses sont donc forts et devront être pris en compte pour la réalisation du projet. D'après l'ONF (2014), la zone d'étude comprendrait également une petite partie d'habitats classés comme tourbière dans la zone de végétation marécageuse alors qu'il ne reste que 3 endroits à la Réunion avec de tels habitats.

Anciennement (avant l'arrivée de l'Homme), la majeure partie de la zone d'étude était constituée de savanes xérophiles à Lataniers et Benjoins. On retrouve encore aujourd'hui des savanes primaires au sein de la zone d'étude (Plaine Chabrier - Biotope, 2021), mais ces habitats sont globalement dégradés et sont principalement constitués de formations végétales exotiques. Elles présentent donc beaucoup moins d'espèces patrimoniales qu'il ne devait y avoir avant l'arrivée de l'Homme. On retrouvait également à cette époque, au Sud de la zone d'étude, une zone constituée de forêt tropicale semi-sèche complexe, dite « forêt de Bois de Couleur des Bas » (Parc national de La Réunion, 2010). Ces milieux semi-xérophiles forestiers ont aujourd'hui complètement disparus de la zone d'étude.



4.2.3.1.2 Habitats présents dans l'aire d'étude rapprochée

- Les habitats naturels avec un intérêt écologique parfois très important. Ils sont les plus proches des habitats originels trouvés à la Réunion avant l'arrivée de l'homme ;

- Les habitats secondaires* souvent dévalorisés par la présence d'Espèces Exotiques Envahissantes. Ils ont un intérêt écologique qui est souvent en lien uniquement avec la simple présence de végétation ;
- Les habitats anthropiques comprenant les secteurs agricoles, les terrains en friches les zones rudérales ou les zones d'activités industrielles, composante dominante du paysage de l'aire d'étude.

Les habitats ont été décrits selon la codification Corine Biotope (Dupont et al. 2010), excepté lorsqu'il était possible ou plus juste d'utiliser la typologie des habitats de la Réunion (TDHR, CBNM, 2014).

4.2.3.1.3 Formations naturelles

4.2.3.1.3.1.1.1 TDHR 2.1.3.10 Ourlet hélophytique à Fimbristylis cymosa

LOCALISATION : PETITE ZONE AU NORD DE L'AIRE D'ETUDE

Il s'agit d'une zone humide temporaire à végétation pionnière hygrophile. Cet habitat a été classé dans le code TDHR Ourlet à *Fimbristyllis cymosa*. Cependant, on y retrouve en majorité une autre Cypéracée : *Cyperus difformis*. Cette espèce est classée comme ayant un enjeu fort ce qui rend cet habitat d'autant plus important.

Cet habitat présente un enjeu fort.

Figure 51. Ourlet hélophytique à Fimbristylis cymosa (Biotope, 2021)

4.2.3.1.3.1.1.2 Corine Biotope 59.211 végétation marécageuse de basse altitude (Réunion)

LOCALISATION : MOITIE SUD DU COURS D'EAU TRAVERSANT LA ZONE D'ETUDE

Il s'agit d'une gradation de milieux humides très localisés (ravine de La Plaine) qui ont été regroupés ici et qui présentent tous un enjeu moyen. On y retrouve diverses espèces caractéristiques des milieux humides tel que *Ludwigia octovalvis, Nesaea triflora, Urochloa mutica, Persicaria senegalensis* ou encore *Colocasia esculenta*.

Cet habitat présente un enjeu fort.

Figure 52. Végétation marécageuse de basse altitude (Réunion) (Biotope, 2021)

4.2.3.1.3.1.1.3 Corine Biotope 59.211.3 Végétations hélophytique à Typha domingensis

LOCALISATION : PRESENTE AU SUD DE L'AIRE D'ETUDE RAPPROCHEE.

Peuplement très dense sur des zones marécageuses atterries de basse altitude, sur des sols très humiques saturés en eau et jusque dans des eaux peu profondes. Ce type d'habitat propose des prairie hélophytique haute pouvant atteindre entre 2 et 4 m de haut.

Cet habitat présente un enjeu fort.

Figure 53. Végétations hélophytique à Typha domingensis (CBNM, 2021)

4.2.3.1.3.1.1.4 Corine Biotope 59.211.6 Prairie marécageuse à Setaria geminata

LOCALISATION : PRESENTE AU SUD DE L'AIRE D'ETUDE RAPPROCHEE.

Végétation des sols exceptionnellement inondés, alluvions sableuses ou sablo-limoneuses recouvertes d'une couche argilo-limoneuse plus ou moins épaisse. On retrouve sur ce type d'habitat un faciès de pelouse hygrophile avec des espèces floristiques tel que *Setaria geminata* ou encore *Cynodon dactylon.*

Cet habitat présente un enjeu fort.

Figure 54. Prairie marécageuse à Setaria geminata (CBNM, 2021)

4.2.3.1.3.1.1.5 Corine Biotope 87.191 savanes herbacées

LOCALISATION : PRESENTE AU NORD ET AU CENTRE DE LA ZONE D'ETUDE.

Il s'agit d'un milieu semi-xérophile restant dans un état herbacé climacique compte tenu des conditions extrêmes d'aridité. Malgré sa faible diversité spécifique (habitat présentant globalement peu d'espèces caractéristiques) cet habitat présente un enjeu pouvant être considéré comme « moyen », au vu notamment :

- de la dominance d'espèces indigènes caractéristiques de ce milieu (*Heteropogon contortus, Pellaea viridis* et *Tephrosia purpurea* notamment) conférant un aspect patrimonial certain.

- de la présence de tonsures à *Aristida spp*. abritant notamment des populations localement très abondantes de *Zornia gibbosa*, espèce indigène présentant un enjeu fort de conservation ;
- De la présence de savanes considérées comme « sub-primaires* » (BOULLET V., 2022) au sein de l'éco-complexe de la Plaine Chabrier (milieu présentant historiquement très probablement déjà des habitats savanaires climaciques avant l'arrivée de l'Homme mais ayant subi depuis de nombreuses perturbations anthropiques, notamment l'endiguement de la rivière des Galets et le réaménagement de la Plaine Chabrier).

Cet habitat présente un enjeu moyen.

Figure 55. Savane herbacée à gauche et tonsure à Zornia gibbosa à droite (Biotope, 2021)

4.2.3.1.4 Formations secondaires

4.2.3.1.4.1.1 Corine Biotope 87.193 fourrés secondaires de diverses espèces exotiques à tendance semi-xérophile

LOCALISATION : PONCTUE LA ZONE D'ETUDE

Il s'agit d'un milieu semi-xérophile largement dominé par un cortège d'espèces exotiques envahissantes tel que le Cassi et la Fataque.

Cet habitat présente un enjeu floristique globalement faible.

Figure 56. Fourrés secondaires de diverses espèces exotiques à tendance semi-xérophile (Biotope, 2021)

4.2.3.1.4.1.1.2 Corine Biotope 22.491.2 Végétation aquatique flottante héliophile à Eichhornia crassipes et Pistia stratiotes

LOCALISATION : AU SUD DE LA ZONE D'ETUDE RAPPROCHEE

Végétation aquatique des larges canaux de drainage et étangs de basse altitude, exceptionnellement exondé. Les espèces croissent librement dans l'eau ou s'enracinent au fond, dans la vase. Cette végétation se développe idéalement dans des eaux douces et chaudes. Cependant, elle semble tolérer des fluctuations de la disponibilité des éléments nutritifs, du pH et dans une moindre mesure, de la température de l'eau. La salinité des eaux pourrait être un des seuls facteurs réellement limitant à son expansion.

Cet habitat présente un enjeu floristique globalement faible

Figure 57. Végétation aquatique flottante héliophile à Eichhornia crassipes et Pistia stratiotes (CBNM, 2021)

4.2.3.1.5 Formations anthropiques

Au total ; quatre types d'habitats anthropiques sont présents :

- 86.00 villes, villages, sites industriels ;
- 83.40 cultures ;
- 86.41 carrières, sablières ;
- 86.30 sites industriels actifs.

Ces formations anthropiques ne présentent pas d'enjeu de conservation intrinsèque en lien avec l'habitat. Il est toutefois important de noter que les carrières (CBR 86.30) et les villes (CBR 86.00) présentent localement des enjeux floristiques pouvant être considérés comme fort au vu de la présence d'une espèce floristique patrimoniale trouvant ici un biotope de substitution (milieux pionniers xériophiles) : *Zornia gibbosa*.

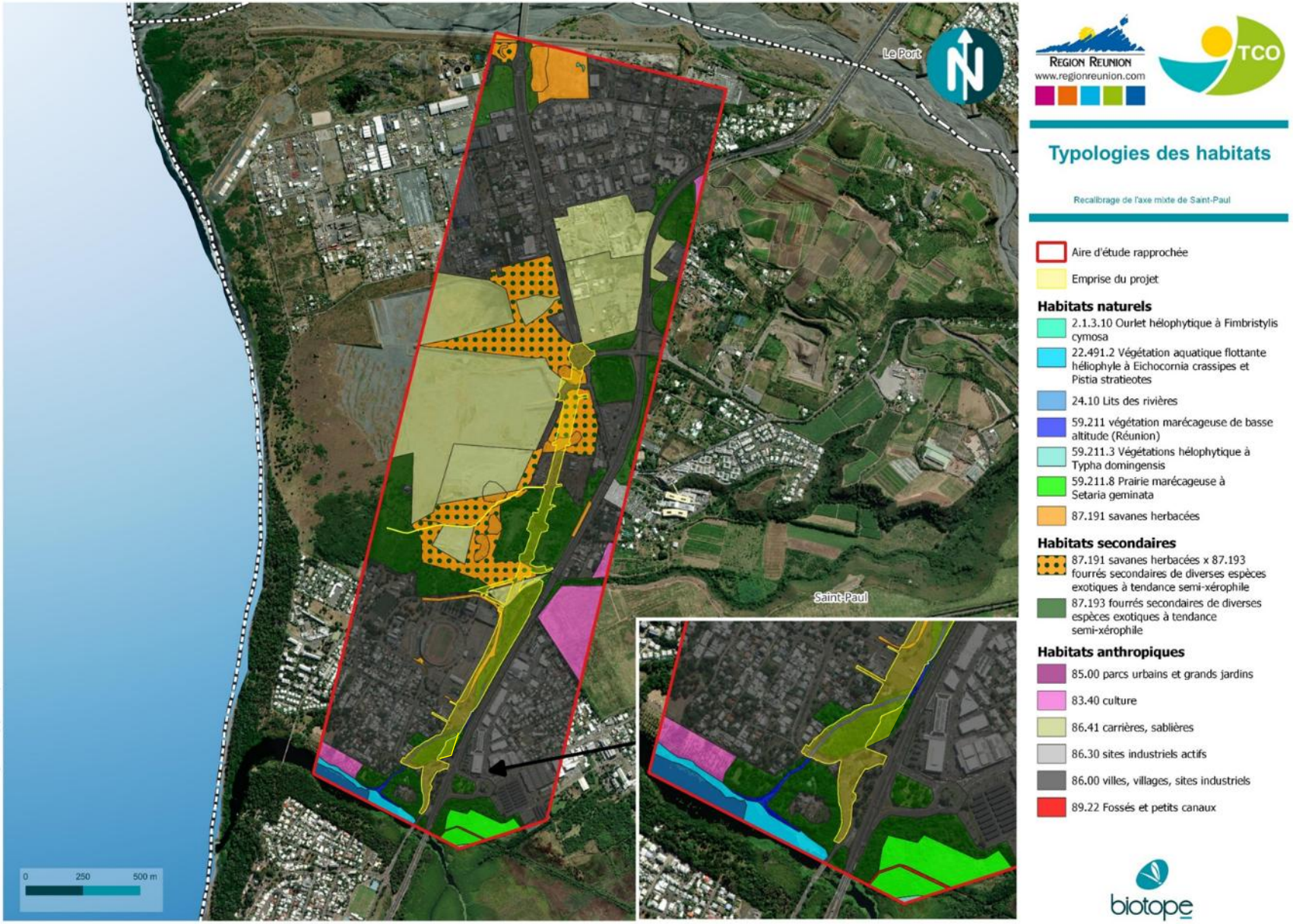
4.2.3.1.6 Statuts et enjeux écologiques des habitats naturels

Ce chapitre présente une synthèse des enjeux liés aux habitats recensés sur l'aire d'étude rapprochée. Chacune d'entre eux a fait précédemment l'objet d'une présentation synthétique reprenant les principales caractéristiques de ces habitats.

L'aire d'étude est majoritairement représentée par des habitats liés aux activités anthropiques. Cependant, on retrouve aussi des habitats naturels présentant des enjeux forts et moyens dans les milieux humides ou lorsqu'il s'agit de savanes présentant des tonsures à *Zornia gibbosa*.

Tableau 11 Bio évaluation des habitats recensés sur la zone d'étude (Source ; Biotope 2021, CBNM 2014 et DEAL 2010)

Code TDHR	Code Corine Biotope	Habitats (TDHR 2014/CB)	Rareté	Naturalité	Endémicité	REDOM (intérêt éco-régional)	Habitats ZNIEFF	Enjeu
Habitats naturels et semi-naturels								
2.1.3	59.211	Végétation marécageuse de basse altitude (Réunion)	Rare	Végétation Naturelle-Semi naturelle	Non endémique	Oui	Déterminant ZNIEFF type 1	Fort
2.1.3.10	18.2912	Ourlet hélophytique à *Fimbristylis cymosa*	Assez rare	Végétation Naturelle ou quasi naturelle	Endémique	Oui	Déterminant ZNIEFF type 1	Fort
4.1.1.2	59.211.3	Végétations hélophytique à Typha domingensis	Rare	Végétation semi-naturelle ?	Non endémique	Oui	Déterminant ZNIEFF type 1	Fort
2.1.4.2	59.211.6	Prairie marécageuse à Setaria geminata (=Paspalum geminatum)	Rare	Végétation semi-naturelle ?	Non endémique	Oui	Déterminant ZNIEFF type 1	Fort
Pas de correspondance	24.10	Lits des rivières	Non évalué	Végétation Naturelle ou quasi naturelle	Non concerné	Oui	Déterminant ZNIEFF type 2	Moyen
3.1.2.5	87.191	Savanes herbacées	Commun*	Végétation Semi naturelle-Secondaire	Non endémique	Non	Déterminant ZNIEFF type 2	Moyen
4.1.1.1	22.491.2	Végétation aquatique flottante héliophyle à Eichhornia crassipes et Pistia stratiotes	Très rare	Végétation Secondaire	Non endémique	Non	Non	Faible
Pas de correspondance	87.193	Fourrés secondaires de diverses espèces exotiques à tendance semi-xérophile	Assez commun	Végétation Secondaire	Non endémique	Non	Non	Faible
Habitats anthropiques (enjeu nul) ⇨ 83.40 Culture ⇨ 85.00 parcs urbains et grands jardins ⇨ 86.41 Carrières, sablières ⇨ 86.30 Sites industriels actifs ⇨ 86.00 Villes, villages, sites industriels ⇨ 89.22 Fossés et petits canaux								


Le Port
Saint-Paul
0
250
500 m
© TCO - Tous droits réservés - Sources : ©Orig. etc. - Cartographie : Biotope 2023-03-20T14:55:17.215
REGION REUNION
www.regionreunion.com
TCO
Typologies des habitats
Recalibrage de l'axe mixte de Saint-Paul
Aire d'étude rapprochée
Emprise du projet
Habitats naturels
2.1.3.10 Ourlet hélophytique à Fimbristylis cymosa
22.491.2 Végétation aquatique flottante héliophyle à Eichocornia crassipes et Pistia stratieotes
24.10 Lits des rivières
59.211 végétation marécageuse de basse altitude (Réunion)
59.211.3 Végétations hélophytique à Typha domingensis
59.211.8 Prairie marécageuse à Setaria geminata
87.191 savanes herbacées
Habitats secondaires
87.191 savanes herbacées x 87.193 fourrés secondaires de diverses espèces exotiques à tendance semi-xérophile
87.193 fourrés secondaires de diverses espèces exotiques à tendance semi-xérophile
Habitats anthropiques
85.00 parcs urbains et grands jardins
83.40 culture
86.41 carrières, sablières
86.30 sites industriels actifs
86.00 villes, villages, sites industriels
89.22 Fossés et petits canaux
biotope

4.2.3.1.7 Inventaires complémentaires 2025

En réponse aux attentes formulées par la DEAL et reprise dans le courrier de la Maitrise d'ouvrage du 04/04/2025, le groupement, dans le cadre du projet du prolongement de l'Axe Mixte sur la commune de St Paul, s'est engagé par réponse courrier du 10/04/2025 à réaliser des inventaires complémentaires habitat, faune et flore.

Les inventaires de terrain correspondants ont été réalisés en période favorable les 15 et 16 avril 2025 par deux experts faune et flore sur les zones présentées sur la carte ci-après.

L'actualisation des inventaires phytoécologiques de 2025 s'est notamment concentrée sur les habitats identifiées dans le cadre de l'inventaire des zones humides des étages littoraux et semi-secs (DEAL, ECODDEN, BIOTOPE, 2022) présents au droit de la ravine La plaine et de son embouchure au droit de l'étang de Saint Paul.

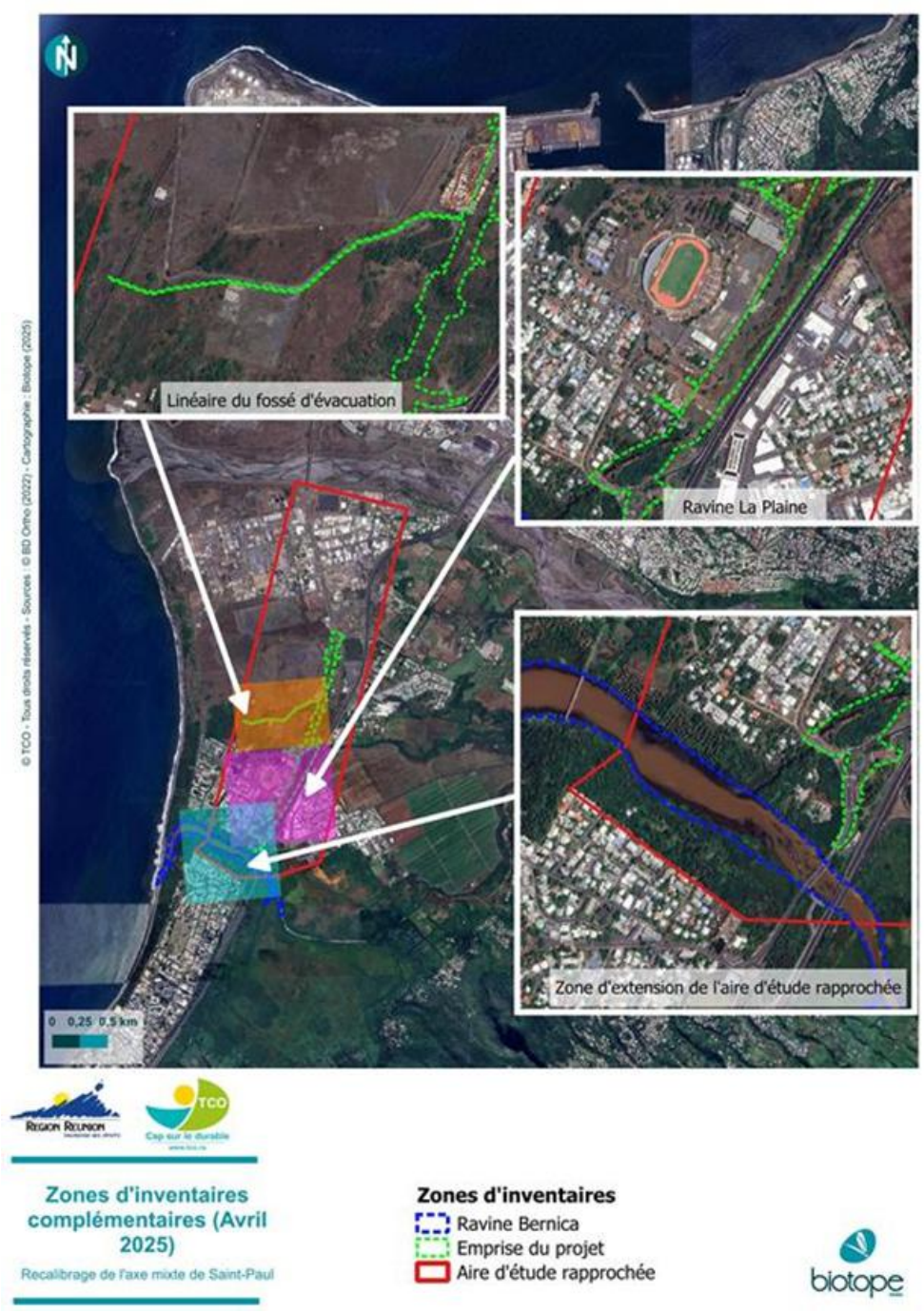


Figure 58 Cartographie des 3 zones prospectées en 2025 (Source : Biotope, 2025)

Lors des prospections des 15/04/25 et 16/04/25, les habitats de 3 zones ont été inventoriées (cf carte 2 et cf tableau 1) :

- Le long du linéaire du fossé d'évacuation nord-ouest, on observe un milieu savanaire indigène très fortement dégradé, envahi par des espèces exotiques envahissantes telles que P*rosopis juliflora, Leucaena leucocephala et Albizia lebbeck* formant des fourrés secondaires de diverses espèces exotiques à tendance semi-xérophile à enjeu écologique faible. Les savanes à *Heteropogon contortus* les moins dégradés présentent toutefois un enjeu écologique moyen en raison de leur caractère indigène.
- Le long de la ravine de la Plaine, dans sa moitié sud immergée, se trouve une mosaïque de milieux humides correspondant à l'habitat de végétation marécageuse de basse altitude. Certains de ces habitats ont pu être décrits à la suite des prospections des 15 et 16 avril 2025. On y observe une végétation hélophytique à *Phragmites mauritianus* (enjeu très fort), une végétation aquatique à *Ipomoea aquatica et Ludwigia stolonifera* (enjeu moyen), ainsi que des prairies humides à *Cenchrus purpureus* (enjeu faible). La moitié nord, asséchée, est dominée par des formations exotiques secondaires (jachère à *Urochloa maxima*, fourrés à *Prosopis juliflora, à Leucaena leucocephala*, ainsi que des boisements à *Pithecellobium dulce*). Ces habitats secondaires exotiques sont fortement dégradés et de faible enjeu écologique.
- Dans la zone d'extension sud de l'aire d'étude rapprochée, plusieurs habitats indigènes sont présents, bien que moyennement à fortement dégradés par l'envahissement d'espèces exotiques. Parmi ces habitats, on trouve l'habitat secondaire indigène de pelouse mésohaline pionnière des arrières-dunes mobiles à *Cynodon dactylon*, qui présente un enjeu faible. Les différents habitats secondaires exotiques à enjeu faible, tels que les fourrés à *Leucaena leucocephala* et les boisements à *Pithecellobium dulce*, sont conjointement décrits en tant que fourrés secondaires de diverses espèces exotiques à tendance semi-xérophile. Les enjeux les plus importants concernent les habitats indigènes de zones humides. Ceux-ci incluent la végétation semi-aquatique à Cyperus papyrus (enjeu moyen), la prairie à *Setaria geminata* (enjeu fort), et le fourré marécageux à *Thespesia populnea*, dont le cortège d'espèces patrimoniales confère un enjeu très fort. On y trouve également de la végétation flottante à *Eichhornia crassipes et Pistia stratiotes* (enjeu faible). Le lit de la rivière, quant à lui, présente un enjeu fort en raison de la présence d'espèces de flore et de faune indigènes patrimoniales. Enfin, des milieux secondaires tels que les cultures et les parcelles boisées de parcs sont également présents, présentant un enjeu faible en raison de la présence ponctuelle d'espèces indigènes.

Il est à noter que la zone la plus au sud-ouest de l'extension de l'aire d'étude rapprochée était inaccessible. La cartographie des habitats a pu être complétée grâce à la cartographie du site Ramsar de l'étang de Saint-Paul réalisée par EcoDDen en 2020.

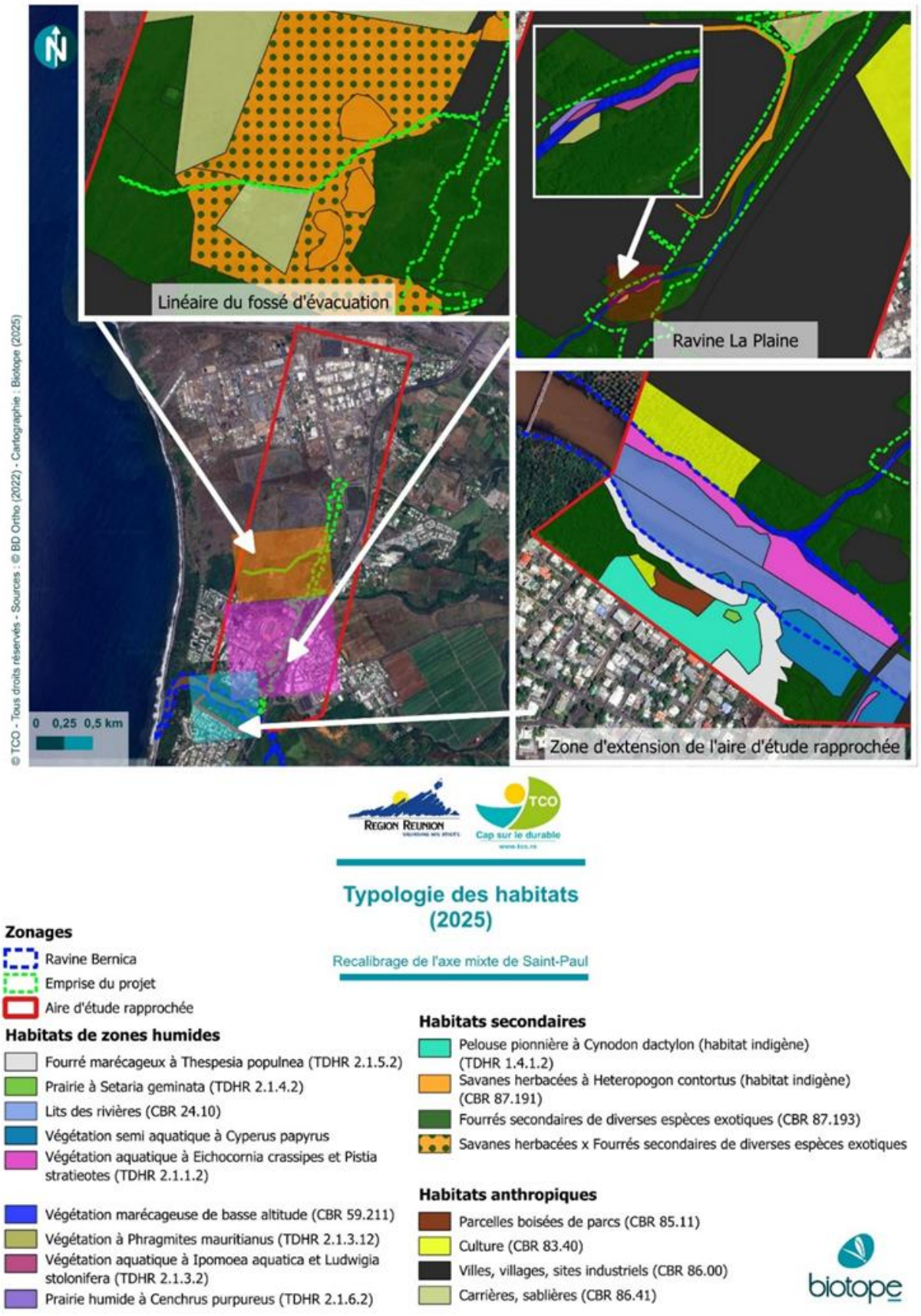


Figure 59 Cartographie des habitats avec un focus sur 3 zones prospectées en 2025 dans le cadre du recalibrage de l'axe mixte de Saint-Paul (Source : Biotope, 2025)

Code TDHR	Code Corine Biotope	Habitats (TDHR 2014/CB)	Rareté	Naturalité	Endémicité	REDOM (intérêt éco-régional)	Habitats ZNIEFF	Enjeu
HABITATS INVENTORIES LE LONG DE LA RAVINE LA PLAINE								
Habitats de zones humides								
2.1	59.211	Végétation marécageuse de basse altitude (Réunion)	Rare	Végétation Naturelle-Semi naturelle	Non endémique	Oui	Déterminant ZNIEFF type 1	Faible à localement très fort
2.1.3.12	59.2113	Végétation hélophytique à Phragmites mauritianus	Rare	Végétation Semi naturelle ?	Non endémique	Oui	Déterminant ZNIEFF type 1	Très fort
2.1.3.2	Non codé	Végétation aquatique hélophytique à Ipomoea aquatica et Ludwigia stolonifera	/	/	/	/	/	Moyen
2.1.6.2	Non codé	Prairie humide à Cenchrus purpureus	/	/	/	/	/	Faible
Habitats secondaires								
3.1.2	87.193	Fourrés secondaires de diverses espèces exotiques à tendance semi-xérophile	Assez commun	Végétation Secondaire	Non endémique	Non	Non	Faible
HABITATS INVENTORIES DANS LA ZONE D'EXTENSION DE LA ZONE D'ETUDE RAPPROCHEE								
Habitats de zones humides								
2.1.5.2	59.2118	Fourrés marécageux à Thespesia populnea,	Rare	Végétation Semi naturelle ?	Non endémique	Oui	Déterminant ZNIEFF type 1	Très fort
2.1.4.2	59.211.6	Prairie marécageuse à Setaria geminata	Rare	Végétation semi-naturelle ?	Non endémique	Oui	Déterminant ZNIEFF type 1	Fort
Non codé	24.10	Lits des rivières	/	/	/	Oui	Déterminant ZNIEFF type 2	Fort
2.1.3.8	59.2112	Végétation hélophytique à Cyperus var. madagascariensis	Très rare	Végétation Semi naturelle ?	Non endémique	Oui	Déterminant ZNIEFF type 1	Moyen
2.1.1.2	22.4911 / 22.4912	Végétation aquatique flottante héliophyle à Eichhornia crassipes et Pistia stratiotes	Très rare	Végétation Secondaire	Non endémique	Non	Non	Faible
Habitats secondaires								
3.1.2.	87.193	Fourrés secondaires de diverses espèces exotiques à tendance semi-xérophile	Assez commun	Végétation Secondaire	Non endémique	Non	Non	Faible
1.4.1.2	16.1912	Pelouse mésohaline pionnière des arrières-dunes mobiles à	Assez rare	Végétation Naturelle ou quasi naturelle	Non endémique	Non	Déterminant ZNIEFF type 2	Faible

Code TDHR	Code Corine Biotope	Habitats (TDHR 2014/CB)	Rareté	Naturalité	Endémicité	REDOM (intérêt éco-régional)	Habitats ZNIEFF	Enjeu
		Cynodon dactylon						
Habitats anthropiques								
Non codé	85.11	Parcelles boisées de parcs	/	/	/	/	/	Négligeable
Non codé	83.40	Cultures (cocoteraie)	/	/	/	/	/	Négligeable
HABITATS INVENTORIES LE LONG DU LINEAIRE DU FOSSE D'EVACUATION OUEST								
Habitats naturels								
3.1.1.3	87.191	Savanes herbacées	Commun	Végétation Semi naturelle-Secondaire	Non endémique	Non	Déterminant ZNIEFF type 2	Moyen
Habitats secondaires								
3.1.2.	87.193	Fourrés secondaires de diverses espèces exotiques à tendance semi-xérophile	Assez commun	Végétation Secondaire	Non endémique	Non	Non	Faible
Habitats anthropiques								
/	86.30	Carrières, sablières	/	/	/	/	/	Nul
Habitats anthropiques supplémentaires CBR 86.30 Sites industriels actifs CBR 86.00 Villes, villages, sites industriels								

4.2.3.2 Flore

La synthèse proposée ici s'appuie sur les observations réalisées dans le cadre des inventaires en 2021 et sur les données bibliographiques issus de l'extraction des données SINP 2022.

4.2.3.2.1 Généralités

Sur l'ensemble des relevés floristiques réalisés en 2021, 121 espèces végétales ont été recensées sur la zone d'étude.

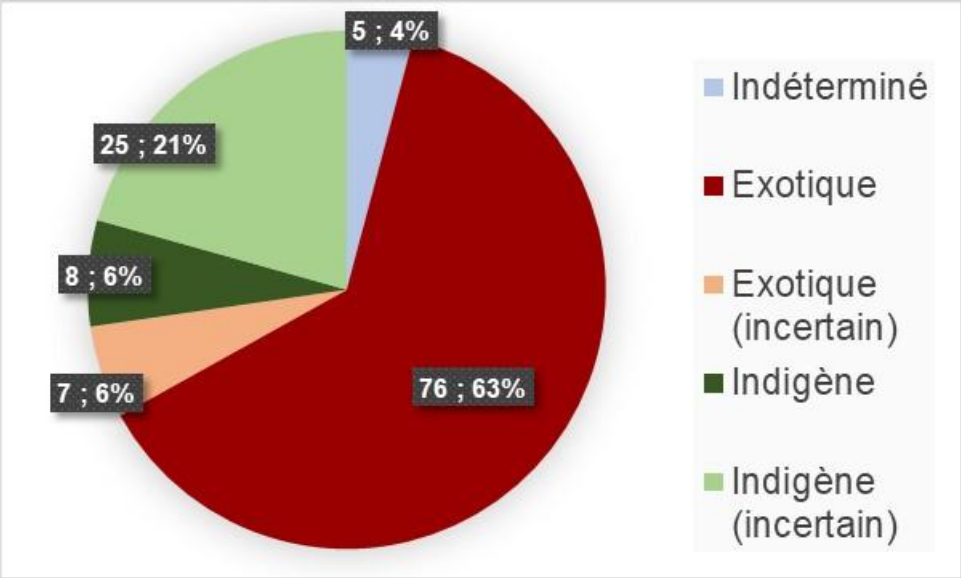


Figure 60. Diagramme de représentativité des espèces végétales recensées dans la zone d'étude (Biotope, 2021)

En termes de diversité spécifique, les formations rencontrées au sein de l'aire d'étude rapprochée étant fortement dégradées ou artificialisées, la flore est représentée majoritairement par des espèces exotiques dont plusieurs présentent un caractère envahissant, ainsi que de nombreuses espèces rudérales.

En termes d'abondance et de représentativité, la flore exotique est l'élément dominant des différents inventaires floristiques réalisés excepté dans les savanes et l'ourlet à *Cyperus difformis*. Les zones humides rencontrés dans la partie sud du cours d'eau restent très envahies par des Espèces Exotiques Envahissantes malgré l'enjeu moyen de l'habitat plutôt dû à sa situation géologique et pédologique.

4.2.3.2.2 Présentation de la flore indigène protégée

Dans l'aire d'étude rapprochée, 7 espèces protégées ont été recensées sur l'aire d'étude : le Bois de paille-en-queue (*Monarrhenus salicifolius*), Phragmite de Maurice (*Phragmites mauritianus*), le Bois-de-fer (*Sideroxylon majus*), le Porché (*Thespesia populneoides*), le Mova (*Taliparíti tiliaceum = Hibiscus tiliaceus*), le Benjoin (*Terminalia bentzoë*) et *Zornia gibbosa*. Compte tenu de leurs écologies respectives et des potentialités des milieux en présence au sein de l'aire d'étude rapprochée, les données concernant le Bois de paille-en-queue (Monarrhenus salicifolius), le Bois de fer (Sideroxylon majus), le Porché (*Thespesia populneoides*) et le Benjoin (Terminalia bentzoë) n'ont pas été retenues dans le cadre de cette étude. En effet, leur présence à l'état spontané dans l'aire d'étude rapprochée est peu probable. Seul le Benjoin peut éventuellement être présent à l'état planté. Les cinq premières sont issues de données bibliographiques SINP datant de 2022. Souvent plantées dans le cadre d'aménagements urbains, l'origine spontanée ou non de ces données n'a pas été précisée (non observées lors de nos inventaires). De plus, la localisation GPS représentée par un point regroupe un ensemble d'espèce donnant une idée approximative de leur emplacement sur l'aire d'étude rapprochée. Par conséquent, n'ayant pas observé ces espèces au sein de l'aire d'étude rapprochée, elles ne seront pas prises en considération dans l'analyse des impacts à l'exception de *Taliparíti* tiliaceum qui a été observée dans l'aire d'étude rapprochée aux abords de l'étang et de Phragmites mauritianus qui est probablement présent dans la Réserve Naturelle Nationale de l'Etang de Saint-Paul.

La sixième, *Zornia gibbosa*, est largement représentée sur l'aire d'étude rapprochée avec plus de 75 000 individus recensés (Biotope, 2021). Pour comparaison, une étude réalisée par ECODENN sur l'ancienne décharge de Cambaie, situé au Nord-Est de la zone d'étude et abritant es plus grosses densités, faisait mention de plus de 11 000 000 d'individus (ECODENN, 2020).

Zornia gibbosa est ainsi retrouvée à de nombreux endroits dans la zone d'étude au sein des tonsures des savanes, mais également au sein de milieux secondaires ou anthropisés présentant des biotopes favorables à l'espèces (milieux pionniers xérophiles) : friches herbacées pionnières, bordures et accotements routiers dénudés, massifs ornementaux, secteurs érodés, etc.

Toute intervention sur les secteurs contenant ces espèces devra donc faire l'objet d'une demande de dérogation spécifique au titre des espèces protégées.

Pour rappel, la demande de dérogation espèces protégées doit garantir que les opérations ne sont pas de nature à nuire, dans un état de conservation favorable, aux populations d'espèces concernées dans leur aire de répartition naturelle. De plus, il ne doit pas exister d'autres solutions satisfaisantes permettant d'éviter ou de réduire l'impact du projet sur cette espèce.

Figure 61. Fiche d'identification de Zornia gibbosa (Biotope, 2021).

Figure 62 Habitat secondaire du Zornia gibbosa présentant les plus fortes densités du site d'étude : ancienne décharge de Cambaie située au Nord-Est présentant des zones pionnières (secteurs érodés – Biotope, 2021).

Figure 63. Habitat primaire du Zornia gibbosa : tonsures de savanes herbacées à Heteropogon contortus et Aristida spp. (Biotope, 2021).

Figure 64. Habitat anthropique du Zornia gibbosa : bordures des trottoirs et massifs ornementaux. (Biotope, 2021).

4.2.3.2.3 Présentation de la flore indigène rare/menacée

Les espèces indigènes rares et/ou menacées correspondent aux espèces présentant un statut de patrimonialité intégrant :

- La liste rouge UICN selon les critères « En Danger Critique », « En Danger » ou « Vulnérable » ;
- L'endémicité (Réunion), et le degré de rareté à l'échelle de l'île : « Assez Rares », « Rare », « Très rare » ;
- Le caractère ZNIEFF : déterminante ou complémentaire ZNIEFF sous conditions (présentant un intérêt écologique certain du fait de leur seule présence dans la zone d'étude considérée).

En outre, dans la zone d'étude, 6 espèces déterminantes ZNIEFF ont été trouvées et 12 espèces complémentaires ZNIEFF.

Au total, 46 espèces indigènes (indigènes et assimilées) ont été recensées (inventaires de terrain et données bibliographique) dans l'aire d'étude rapprochée :

- 3 espèces avec un enjeu majeur (très fort) ;
- 8 espèces avec un enjeu fort ;
- 9 espèces avec un enjeu moyen ;
- 9 espèces avec un enjeu faible.

Dans l'aire d'étude rapprochée, 20 espèces présentent des enjeux de conservation dont 11 pouvant être considérés comme majeur ou fort.

Figure 65 Nesaea triflora à gauche et Aristida setacea à droite (Biotope, 2021), deux espèces classées respectivement en danger et quasi menacée (IUCN, 2013).

4.2.3.2.4 Présentation des Espèces Exotiques Envahissantes (EEE)

Les espèces invasives sont relativement bien connues, au moins pour les plus agressives, notamment grâce aux divers travaux de l'UICN [Veitch et al. 2011 ; Macdonald 2010 ; U.I.C.N., 2008 et 2012]. Les zones rudérales, les fourrés arbustifs et les fourrés arborées de l'aire d'étude abritent de nombreuses espèces exotiques dont plusieurs à caractère envahissant (indice d'invasibilité 4 à 5 selon l'index de la flore vasculaire de la Réunion (v2017.1), à risque d'invasion fort pour les milieux naturels (notamment l'indice d'invasibilité 2P selon l'index de la flore vasculaire de la Réunion – LAVERGNE, 2016) ou des espèces émergentes (taxon envahissant dans les milieux anthropisés et présent dans certains milieux naturels sans être pour le moment envahissant (classe 3+). Les classes des espèces appréhendées ici sont les suivantes :

Tableau 12 INVASIBILITÉ [entre parenthèse, le code du critère d'invasibilité selon LAVERGNE, 2016) (CBNM, 2016)

INVASIBILITÉ [entre parenthèse, le code du critère d'invasibilité selon LAVERGNE, 2016)	RISQUE INVASIF
Taxon très envahissant en milieu naturel avec impact avéré ou supposé (5)	Espèce très invasive
Taxon envahissant en milieu naturel avec impact modéré ou non connu (4)	Espèce invasive
Taxon envahissant dans les milieux anthropisés et présent dans certains milieux naturels sans être pour le moment envahissant (espèces émergentes) (3+)	Espèce émergente
Taxon potentiellement envahissant Préoccupant, cultivé ou non cultivé, naturalisé et envahissant dans seulement 1-2 localités, connu pour être envahissant ailleurs dans d'autres régions ou îles du monde (2p)	Risque invasion fort

Les inventaires ont ainsi montré que l'aire d'étude rapprochée est largement dominée par les espèces exotiques avec plus de 75% des espèces recensées comme telles. Sur les 121 espèces végétales recensées, 15 espèces sont reconnues « envahissantes ou très envahissantes en milieu naturel » (Cf. Tableau ci-après).

Les espèces les plus connues pour être envahissantes sont le Cassi (*Leucaena leucocephala*), le faux poivrier (*Schinus terebinthifolia*) et le Bois de caraïbe (*Tecoma stans*).

Notons la présence d'espèces exotiques non réputées envahissantes jusqu'à maintenant, mais qui semblent se reproduire de manière spontanée et préoccupante sur la zone d'étude telle que par exemple la liane *Merremia umbellata* et l'herbe *Celosia argentea*. Elles ne sont pour le moment pas abondantes.

Notons aussi la présence de *Passifolra vitifolia*, qui recouvre tout le sous-bois de la zone ou les premiers individus ont été plantés. Il ne s'agit pas d'un problème d'invasion biologique mais de recouvrement occupé par les individus plantés.

Tableau 13 : Liste des espèces exotiques présentant un caractère envahissant ou un risque fort d'invasion (CBNM 2016)

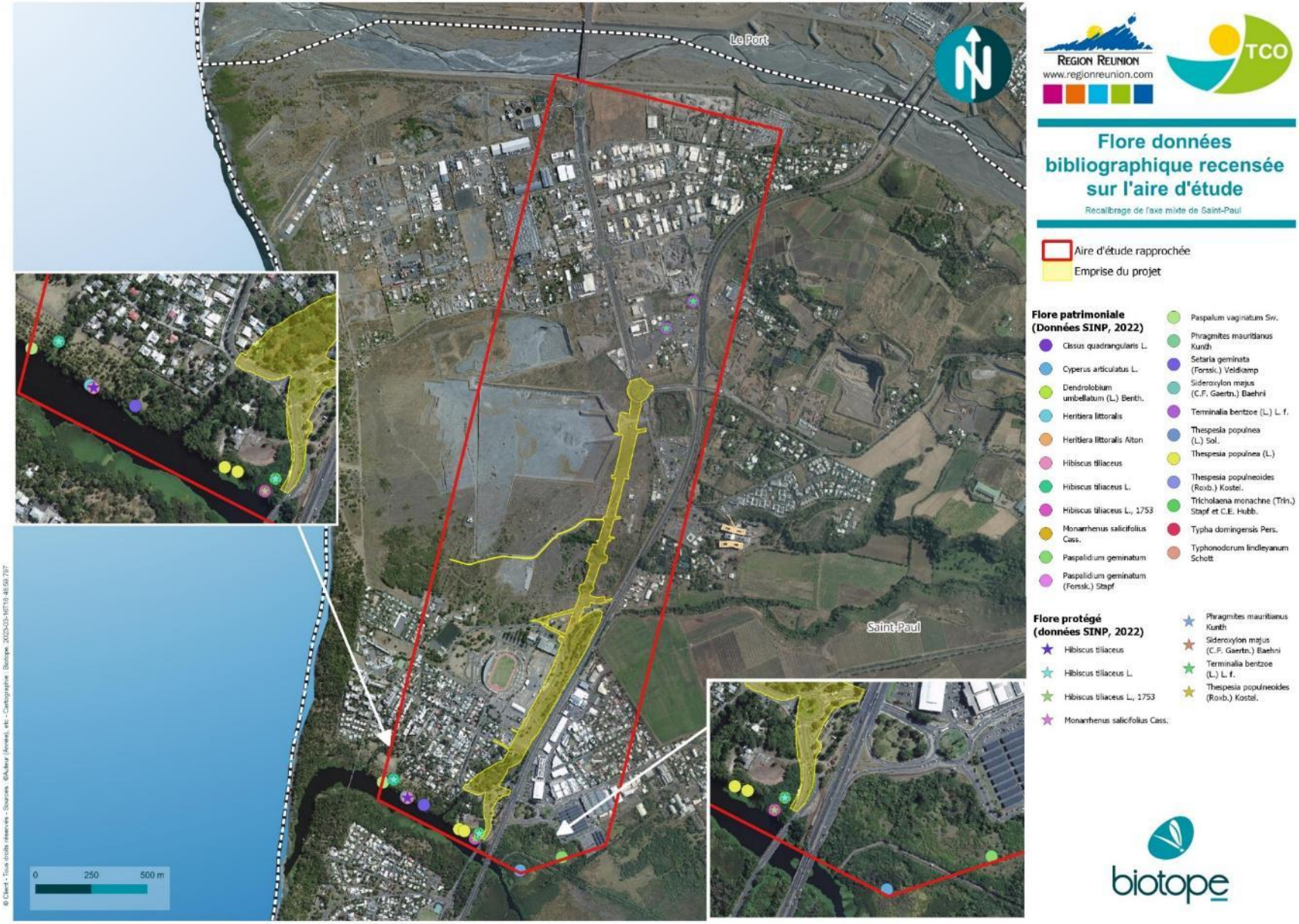
Nom scientifique	Nom vernaculaire	Statut général	Enjeu
Cyperus involucratus Rottb.		Exotique	Espèce très invasive
Dichrostachys cinerea (L.) Wight et Arn.	Kéké	Exotique	Espèce très invasive
Lantana camara L.	Galabert	Exotique	Espèce très invasive
Leucaena leucocephala (Lam.) de Wit	Cassi	Exotique	Espèce très invasive
Pistia stratiotes L.	Laitue d'eau	Exotique	Espèce très invasive
Pontederia crassipes Mart.	Jacinthe d'eau	Exotique	Espèce très invasive
Prosopis juliflora (Sw.) DC.	Épinard	Exotique	Espèce très invasive
Schinus terebinthifolia Raddi	Faux poivrier	Exotique	Espèce très invasive
Tecoma stans (L.) Juss. ex Kunth	Bois pissenlit	Exotique	Espèce très invasive
Albizia lebbeck (L.) Benth.	Bois noir	Exotique	Espèce invasive
Asystasia gangetica (L.) T. Anderson	Herbe le rail	Exotique	Espèce invasive
Coix lacryma-jobi L.	Job	Exotique	Espèce invasive
Colocasia esculenta (L.) Schott	Songe	Exotique	Espèce invasive
Megathyrsus maximus (Jacq.) B.K. Simon et S.W.L. Jacobs	Fataque	Exotique	Espèce invasive
Merremia tuberosa (L.) Rendle	Rose de bois	Exotique	Espèce invasive
Ageratum conyzoides L.	Herbe à bouc	Exotique	Espèce émergente
Arivela viscosa (L) Raf.	Pissat de chien	Exotique	Espèce émergente
Asclepias curassavica L.	Corbeille d'or à ouate	Exotique	Espèce émergente
Barleria prionitis L.	Madame Gustave	Exotique	Espèce émergente
Coccinia grandis (L.) Voigt		Exotique	Espèce émergente
Crotalaria berteroana DC.	La crotalaire	Exotique	Espèce émergente
Erigeron canadensis L., 1753	Fausse camomille	Exotique	Espèce émergente
Jatropha gossypiifolia L.		Exotique	Espèce émergente
Passiflora foetida L.	Ti grenadelle	Exotique	Espèce émergente
Solanum americanum Mill.	Brède morelle	Exotique	Espèce émergente
Stylosanthes guianensis (Aubl.) Sw.		Exotique	Espèce émergente
Trichodesma zeylanicum (Burm. f.) R. Br.	Herbe tourterelle	Cryptogène	Espèce émergente
Tridax procumbens L.	Casse-tout-seul	Exotique	Espèce émergente
Urochloa mutica (Forssk.) T.Q. Nguyen		Exotique	Espèce émergente
Erigeron sumatrensis Retz.	Mille-feuille	Exotique	Espèce émergente
Euphorbia prostrata Aiton	Rougette	Exotique	Espèce émergente
Spathodea campanulata P. Beauv.	Tulipier du Gabon	Exotique	Espèce émergente

4.2.3.2.5 Statuts et enjeux écologiques des espèces patrimoniales

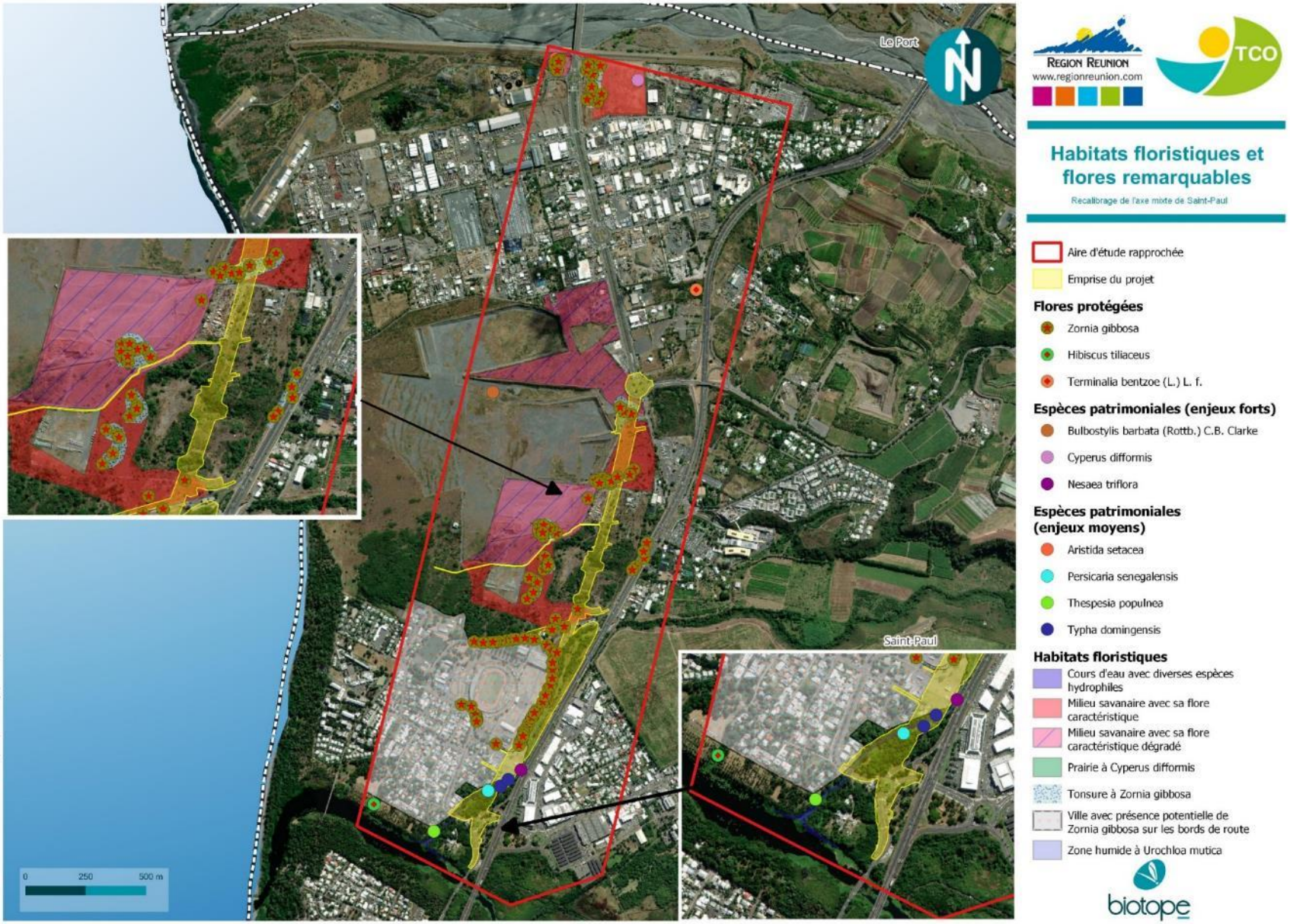
Le tableau suivant précise, pour chaque espèce patrimoniale identifiée ses statuts réglementaires et de patrimonialité et le niveau d'enjeu écologique attribué localement. Conformément à la réglementation, l'approche est proportionnée avec un développement plus important des espèces constituant un enjeu écologique.

Tableau 14: Statuts et enjeux écologiques des espèces végétales patrimoniales issus de la bibliographie et présentes dans l'aire d'étude rapprochée (Source SINP 2022)

Nom scientifique	Nom vernaculaire	Statut général	Endémicité	Invasibilité	Statut Znieff	Uicn 2010	Protection régionale	Enjeu intrinsèque	Enjeu contextualisé
Monarrhenus salicifolius Cass.	Monarrhène à feuilles de saule, Bois de paille-en-queue, Bois de chenilles	Indigène	Oui, Réunion	NA	Complémentaire	Taxon en Danger	Oui	Majeur	Négligeable*
Sideroxylon majus (CF. Gaertn) Baehni	Bois-de-fer majeur, Bois de fer, Bois de fer blanc	Indigène	Oui, Réunion	NA	Déterminant	Taxon en Danger	Oui	Majeur	Négligeable*
Terminalia bentzoe (L.) L. f.	Benjoin	Indigène	Réunion, Maurice, Rodrigues	NA	Déterminant	Taxon en danger critique	Oui	Majeur	Négligeable*
Heritiera littoralis Aiton	Toto-margot, Faux-badamier	Présumé cryptogène	Non concerné	Non envahissante	Taxon non inscrit	Taxon en Danger critique	Non	Fort	Fort
Hibiscus tiliaceus L.		Présumé sténonaturalisé	Non concerné	NA	Complémentaire	Taxon en Danger	Oui	Fort	Fort
Phragmites mauritianus Kunth	Phragmite de Maurice, Roseau	Indigène	Non concerné	NA	Déterminant	Taxon en Danger	Oui	Fort	Fort
Thespesia populneoides (Roxb.) Kostel.	Porché, Bois de peinture, Porcher	Présumé indigène	Non concerné	NA	Déterminant	Taxon en Danger critique	Oui	Fort	Négligeable
Cissus quadrangularis L.	Cisse à quatre angles, Liane carrée	Présumé indigène	Non concerné	NA	Déterminant	Taxon en Préoccupation mineure	Non	Moyen	Moyen
Cyperus articulatus L.	Souchet articulé	Présumé indigène	Non concerné	NA	Taxon non inscrit	Taxon en Vulnérable	Non	Moyen	Moyen
Setaria geminata (Forssk.) Veldkamp		Cryptogène	Non concerné	Envahissant émergent	Taxon non inscrit	Taxon en Vulnérable	Non	Moyen	Moyen
Thespesia populnea (L.)	Porché	Indigène ?	Non concerné	1	Complémentaire	Taxon insuffisamment documenté	Non	Moyen	Moyen
Typha domingensis Pers.	Voune	Indigène ?	Non concerné	NA	Complémentaire	Taxon en préoccupation mineure	Non	Moyen	Moyen
Typhonodorum lindleyanum Schott	Typhonodore de Lindley, Via	Cryptogène	Non concerné	Modérément envahissant	Complémentaire	Taxon en Danger	Non	Moyen	Moyen
Dendrolobium umbellatum (L.) Benth.	Bois malgache	Indigène	Non concerné	NA	Complémentaire	Taxon en Préocupation mineure	Non	Faible	Faible
Paspalum vaginatum	Chiendent des marais	Indigène	Non concerné	NA	Complémentaire	Données insuffisantes	Non	Faible	Faible
Tricholaena monachne (Trin.)		Présumé indigène	Non concerné	NA	Complémentaire	Données insuffisantes	Non	Faible	Faible


Le Port
Saint-Paul
0
250
500 m
REGION REUNION
www.regionreunion.com
TCO
Flore données bibliographique recensée sur l'aire d'étude
Recalibrage de l'axe mixte de Saint-Paul
Aire d'étude rapprochée
Emprise du projet
Flore patrimoniale (Données SINP, 2022)
Cissus quadrangularis L.
Cyperus articulatus L.
Dendrolobium umbellatum (L.) Benth.
Heritiera littoralis
Heritiera littoralis Aiton
Hibiscus tiliaceus
Hibiscus tiliaceus L.
Hibiscus tiliaceus L., 1753
Monarrhenus salicifolius Cass.
Paspalidium geminatum
Paspalidium geminatum (Forssk.) Stapf
Paspalum vaginatum Sw.
Phragmites mauritianus Kunth
Setaria geminata (Forssk.) Veldkamp
Sideroxylon majus (C.F. Gaertn.) Baehni
Terminalia bentzoe (L.) L. f.
Thespesia populnea (L.) Sol.
Thespesia populnea (L.)
Thespesia populneoides (Roxb.) Kostel.
Tricholaena monachne (Trin.) Stapf et C.E. Hubb.
Typha domingensis Pers.
Typhonodorum lindleyanum Schott
Flore protégé (données SINP, 2022)
Hibiscus tiliaceus
Hibiscus tiliaceus L.
Hibiscus tiliaceus L., 1753
Monarrhenus salicifolius Cass.
Phragmites mauritianus Kunth
Sideroxylon majus (C.F. Gaertn.) Baehni
Terminalia bentzoe (L.) L. f.
Thespesia populneoides (Roxb.) Kostel.
biotope

Nom scientifique	Nom vernaculaire	Statut général	Endémicité	Invasibilité	Statut Znieff	Iucn 2010	Protection régionale	Enjeu intrinsèque	Enjeu contextualisé
Terminalia bentzoe (L.) L. f.	Benjoin	Indigène	Réunion, Maurice, Rodrigues	NA	Déterminant	Taxon en danger critique	Oui	Majeur	Négligeable*
Bulbostylis barbata (Rottb.) C.B. Clarke		Indigène ?	Non concerné	NA	Non concerné	Taxon en danger critique	Non	Fort	Fort
Cyperus difformis L.		Indigène ?	Non concerné	NA	Déterminant	Taxon insuffisamment documenté	Non	Fort	Fort
Nesaea triflora (L. f.) Kunth		Indigène	Madagascar, Comores et Mascareignes	NA	Complémentaire	Taxon en danger	Non	Fort	Fort
Talipariti tiliaceum (L.) Fryxell	Mova	Indigène ?	Non concerné	NA	Complémentaire	Taxon en danger	Oui	Fort	Fort
Zornia gibbosa Span.		Indigène ?	Non concerné	NA	Complémentaire	Taxon en danger	Oui	Fort	Fort
Aristida setacea Retz.		Indigène ?	Non concerné	1	Complémentaire	Taxon quasi menacé	Non	Moyen	Moyen
Thespesia populnea (L.) Sol. ex Corrêa	Porché	Indigène ?	Non concerné	1	Complémentaire	Taxon insuffisamment documenté	Non	Moyen	Moyen
Typha domingensis Pers.	Voune	Indigène ?	Non concerné	NA	Complémentaire	Taxon de préoccupation mineure	Non	Moyen	Moyen
Persicaria senegalensis (Meisn.) Soják		Indigène ?	Non concerné	4	Complémentaire	Taxon de préoccupation mineure	Non	Moyen (mais présentant un enjeu d'invasibilité)	Moyen (mais présentant un enjeu d'invasibilité)
Actiniopteris semiflabellata Pic.Serm.		Indigène	Non concerné	NA	Non concerné	Taxon de préoccupation mineure	Non	Faible	Faible
Heteropogon contortus (L.) P. Beauv. ex Roem. et Schult.	Herbe polisson	Indigène	Non concerné	NA	Non concerné	Taxon de préoccupation mineure	Non	Faible	Faible
Ipomoea pes-caprae (L.) R. Br.	Patate à Durand	Indigène	Non concerné	NA	Non concerné	Taxon de préoccupation mineure	Non	Faible	Faible
Pellaea viridis (Forssk.) Prantl		Indigène	Non concerné	NA	Non concerné	Taxon de préoccupation mineure	Non	Faible	Faible
Portulaca oleracea L.	Pourpier rouge	Indigène	Non concerné	NA	Non concerné	Taxon de préoccupation mineure	Non	Faible	Faible
Pteris vittata L.		Indigène	Non concerné	NA	Non concerné	Taxon de préoccupation mineure	Non	Faible	Faible


Le Port
Saint-Paul
0
250
500 m
Habitats floristiques et flores remarquables
Recalibrage de l'axe mixte de Saint-Paul
Aire d'étude rapprochée
Emprise du projet
Flores protégées
Zornia gibbosa
Hibiscus tiliaceus
Terminalia bentzoe (L.) L. f.
Espèces patrimoniales (enjeux forts)
Bulbostylis barbata (Rottb.) C.B. Clarke
Cyperus difformis
Nesaea triflora
Espèces patrimoniales (enjeux moyens)
Aristida setacea
Persicaria senegalensis
Thespesia populnea
Typha domingensis
Habitats floristiques
Cours d'eau avec diverses espèces hydrophiles
Milieu savanaire avec sa flore caractéristique
Milieu savanaire avec sa flore caractéristique dégradé
Prairie à Cyperus difformis
Tonsure à Zornia gibbosa
Ville avec présence potentielle de Zornia gibbosa sur les bords de route
Zone humide à Urochloa mutica

4.2.3.2.6 Inventaires complémentaires 2025

En termes de diversité spécifique, la flore est représentée majoritairement par des espèces exotiques. En termes d'abondance et de représentativité surfacique, les formations rencontrées au sein de l'aire d'étude rapprochée étant fortement dégradées ou artificialisées, la flore exotique constitue aussi l'élément dominant des différents inventaires floristiques réalisés. Ainsi, l'aire d'étude présente une diversité spécifique en faveur des espèces exotiques. Cela témoigne d'une faible qualité écologique des milieux présents, en lien par ailleurs avec l'état de conservation dégradé de la plupart des habitats, comme précisé ci-avant. Cependant, des espèces patrimoniales à fort enjeu (de moyen à majeur), dont certaines protégées, ont été recensées de manière ponctuelle au niveau de la ravine La Plaine et sur des zones plus étendues en bordure Nord et au sein de la Réserve Naturelle de l'Etang de Saint-Paul mais qui sont alors en dehors de l'emprise projet.

Tableau 15: Liste des espèces floristiques patrimoniales et/ou protégées observées en 2025 (Source : Biotope, 2025)

NOM BOTANIQUE	NOM VERNACULAIRE PRINCIPAL (Réunion)	ENDÉMICITÉ	MENACE REUNION (CBNM)	LISTE ROUGE Réunion UICN 2023	DÉTERMINATION ZNIEFF	PROTECTION RÉGIONALE	ENJEU SPECIFIQUE	ENJEU (Aire d'étude)
Thespesia populneoides (Roxb.) Kostel.	*Porché*	*Non concerné*	*CR: En danger critique d'extinction*	*Taxon en danger critique*	*Déterminant*	*Protégé*	*Majeur*	*Majeur*
Heritiera littoralis Aiton	*0*	*Non concerné*	*CR: En danger critique d'extinction*	*Taxon en danger critique*	*Non concerné*	*Non protégé*	*Majeur*	*Majeur*
Talipariti tiliaceum (L.) Fryxell	*Foulsapate*	*Non concerné*	*DD : Données insufissantes*	*Taxon en danger*	*Déterminant*	*Protégé*	*Très fort*	*Très fort*
Phragmites mauritianus Kunth	*0*	*Non concerné*	*DD : Données insufissantes*	*Taxon en danger*	*Déterminant*	*Protégé*	*Très fort*	*Très fort*
Thespesia populnea (L.) Sol. ex Corrêa	*Porché*	*Non concerné*	*DD : Données insufissantes*	*Taxon insufisamment documenté*	*Déterminant*	*Non protégé*	*Moyen*	*Moyen*
Setaria geminata (Forssk.) Veldkamp	*Herbe de riz*	*Non concerné*	*VU: Vulnérable*	*Taxon quasi menacé*	*Non concerné*	*Non protégé*	*Moyen*	*Moyen*
Heteropogon contortus (L.) P. Beauv.	*Piquant jaune*	*Non concerné*	*LC: Préoccupation mineure*	*Taxon de préoccupation mineure*	*Non concerné*	*Non protégé*	*Faible*	*Faible*
Ipomoea pes-caprae (L.) R. Br.	*Patate à Durand*	*Non concerné*	*LC: Préoccupation mineure*	*Taxon de préoccupation mineure*	*Non concerné*	*Non protégé*	*Faible*	*Faible*
Cynodon dactylon (L.) Pers.	*Petit-chiendent*	*Non concerné*	*LC: Préoccupation mineure*	*Taxon de préoccupation mineure*	*Non concerné*	*Non protégé*	*Faible*	*Faible*
Stenotaphrum dimidiatum (L.) Brongn.	*Herbe bourrique*	*Non concerné*	*LC: Préoccupation mineure*	*Taxon de préoccupation mineure*	*Non concerné*	*Non protégé*	*Faible*	*Faible*
Trianthema portulacastrum L.	*Pourpier courant*	*Non concerné*	*LC: Préoccupation mineure*	*Taxon de préoccupation mineure*	*Non concerné*	*Non protégé*	*Faible*	*Faible*
Pandanus utilis Bory	*Vacoi*	*?*	*LC: Préoccupation mineure*	*Taxon de préoccupation mineure*	*Non concerné*	*Non protégé*	*Faible*	*Faible*
Cyperus aromaticus (Ridl.) Mattf. et Kük.	*Jambélon*	*Non concerné*	*DD: Données insuffisantes*	*Taxon de préoccupation mineure*	*Non concerné*	*Non protégé*	*Faible*	*Faible*
Cyperus dubius Rottb.	*0*	*Non concerné*	*LC: Préoccupation mineure*	*Taxon de préoccupation mineure*	*Non concerné*	*Non protégé*	*Faible*	*Faible*
Melinis repens (Willd.) Zizka	*Herbe rose*	*Non concerné*	*DD: Données insuffisantes*	*Taxon de préoccupation mineure*	*Non concerné*	*Non protégé*	*Faible*	*Faible*
Terminalia catappa L.	*Badamier*	*Non concerné*	*DD: Données insuffisantes*	*DD ou NE*	*Non concerné*	*Non protégé*	*Négligeable*	*Négligeable*

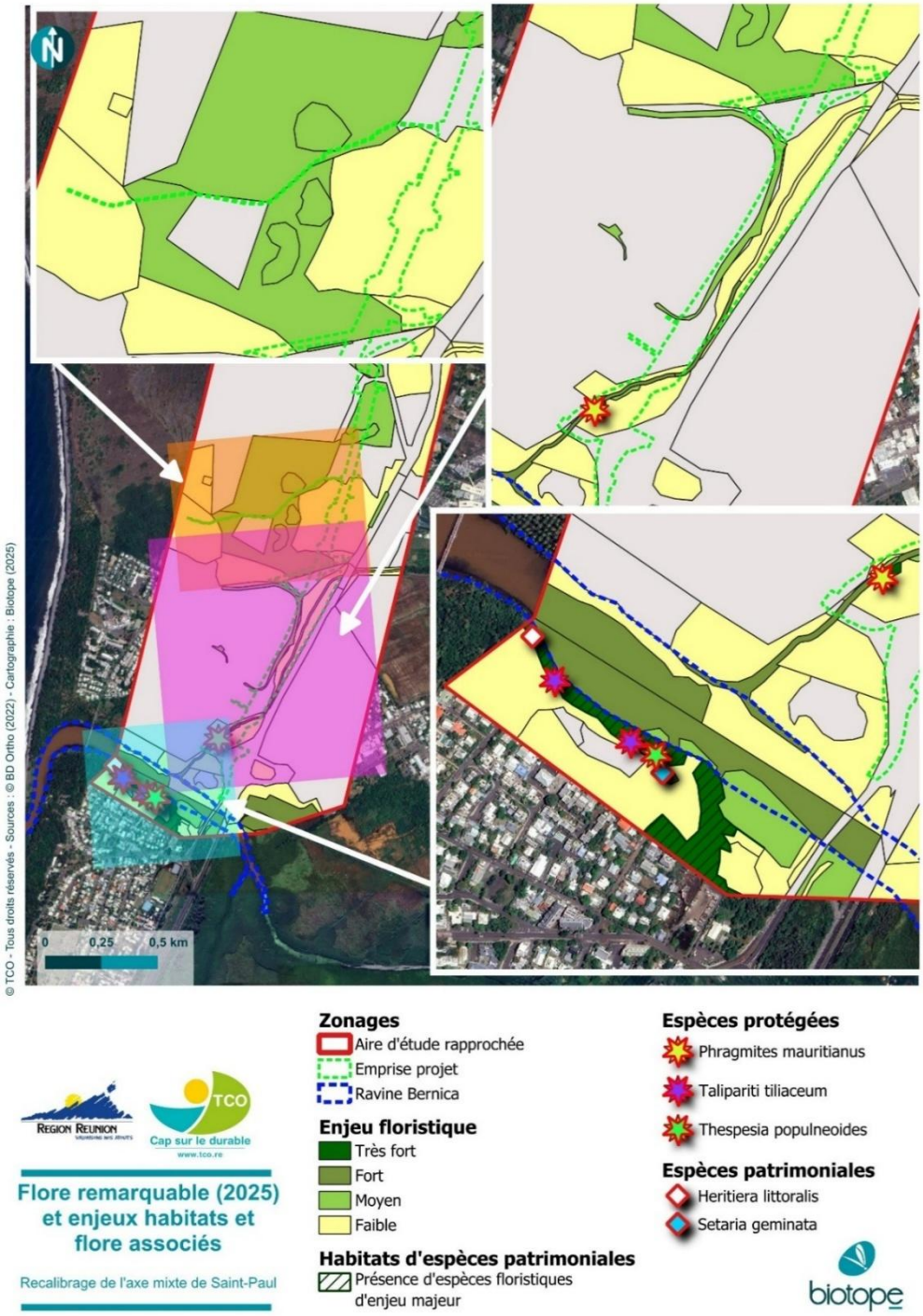


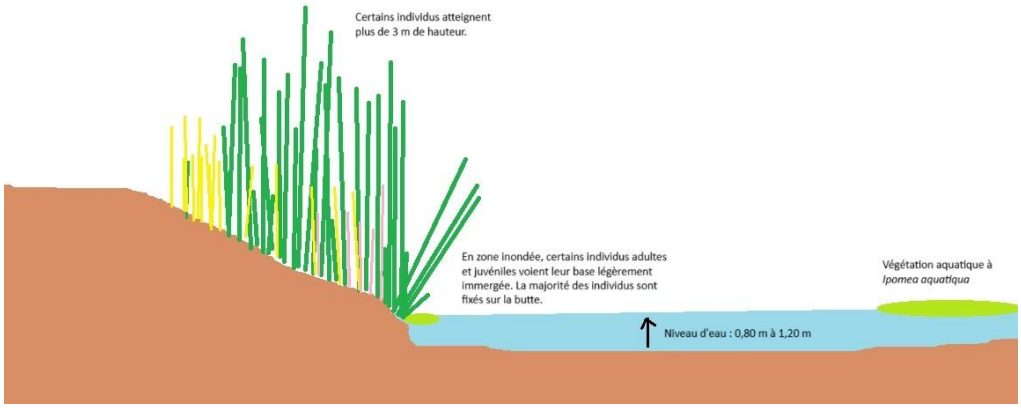
Figure 66 Synthèse des enjeux floristiques sur les zones prospectées lors des inventaires de 2025 (note : tous les individus d'espèces patrimoniales et/ou protégées à fort enjeu n'ont pas nécessairement été inventoriés du fait de leur densité mais leur répartition est indiquée) (Source : Biotope, 2025)

Au niveau de la zone d'extension de l'aire d'étude rapprochée, certaines espèces indigènes semi-aquatiques revêtent un enjeu particulier du fait de leurs exigences écologiques strictes. Elles sont par conséquent relativement rares à l'échelle de La Réunion. Il s'agit notamment *de Thespesia populneoides* (classée En danger Critique par l'IUCN (2023) et protégée), *Heritiera littoralis* (classée En Danger Critique) *et Taliparíti tiliaceum* (= *Hibiscus tiliaceus* - classée En Danger et protégée), inféodées à l'habitat de relique de sub-mangrove à fort enjeu. Ces zones sont aussi colonisées par des

espèces exotiques envahissantes, principalement le Faux poivrier *Schinus terebinthifolia*, et le tamarin d'Inde *Pithecellobium dulce*.

Une station de *Phragmites mauritianus* a été observée sur la partie sud de la Ravine La Plaine, en eau, dans l'emprise directe du projet. Cette espèce patrimoniale est en danger à La Réunion (IUCN, 2023) et est protégée au titre de l'arrêté fixant la liste des espèces de flore protégées de 2017. Contrairement autres espèces patrimoniales et/ou protégées recensées dans l'aire d'étude rapprochée étendue, celle-ci est intégrée dans l'emprise du réaménagement potentiel de la ravine La Plaine et devra faire l'objet d'une attention particulière à ce propos.

-> Surface de la station à *Phragmites mauritianus* : de 150 m2 à 220 m2 environ. (QGIS = 220 m2)
-> Estimation de la densité de pieds par m2 : entre 5 et 15 individus / m2 soit station moyennement dense (envahissement de la station par *Urochloa maxima* et *Cenchrus purpureus*)
= Estimation du nombre d'individus : de 750 à 3300 individus.



4.2.3.3 Faune

4.2.3.3.1 Entomofaune

L'étude de l'entomofaune a concerné principalement les groupes des papillons de jour (lépidoptères rhopalocères), les orthoptères (criquets, sauterelles, etc.) et les libellules (odonates). Il est à noter que peu d'éléments bibliographiques sont disponibles à la Réunion concernant ces groupes.

L'aire d'étude rapprochée, bien que très anthropisée, regroupe un ensemble d'habitats très favorables à la présence de cortèges diversifiés d'insectes. En particulier, trois types d'habitats présentent un intérêt notable pour l'entomofaune sur la zone d'étude :

- les boisements mégathermes semi-xérophiles denses favorables aux espèces de milieux fermés (lépidoptères notamment) ;
- les savanes herbacées favorables à la réalisation du cycle complet de plusieurs espèces d'orthoptères et de lépidoptères ainsi qu'à l'alimentation et la maturation de plusieurs espèces d'odonates ;
- les habitats hygrophiles et aquatiques favorables à la reproduction des odonates et d'autres groupes moins étudiés.

La commune de Saint-Paul est d'ailleurs une des communes les plus riches de la Réunion en ce qui concerne les odonates avec 20 espèces listées dans la base de données Faune-réunion (novembre 2021).

L'étang Saint-Paul, en périphérie et connexion avec la zone d'étude, est une zone humide unique au monde et exceptionnelle au niveau d'une île comme la Réunion (classé site RAMSAR et Réserve Naturelle). La présence de plusieurs espèces d'odonates rares au niveau régional (*Urothemis edwardsii, Tramea basilaris, Tholymis tillarga, Zyxomma petiolatum, Anax ephippiger*) dont une, *Coenagriocnemis reuniensis,* est endémique de la Réunion et classée « En Danger » sur la liste rouge des odonates de la Réunion (UICN, 2010), est remarquable. L'enjeu global de ce groupe sur cet espace est Fort pour ce groupe.

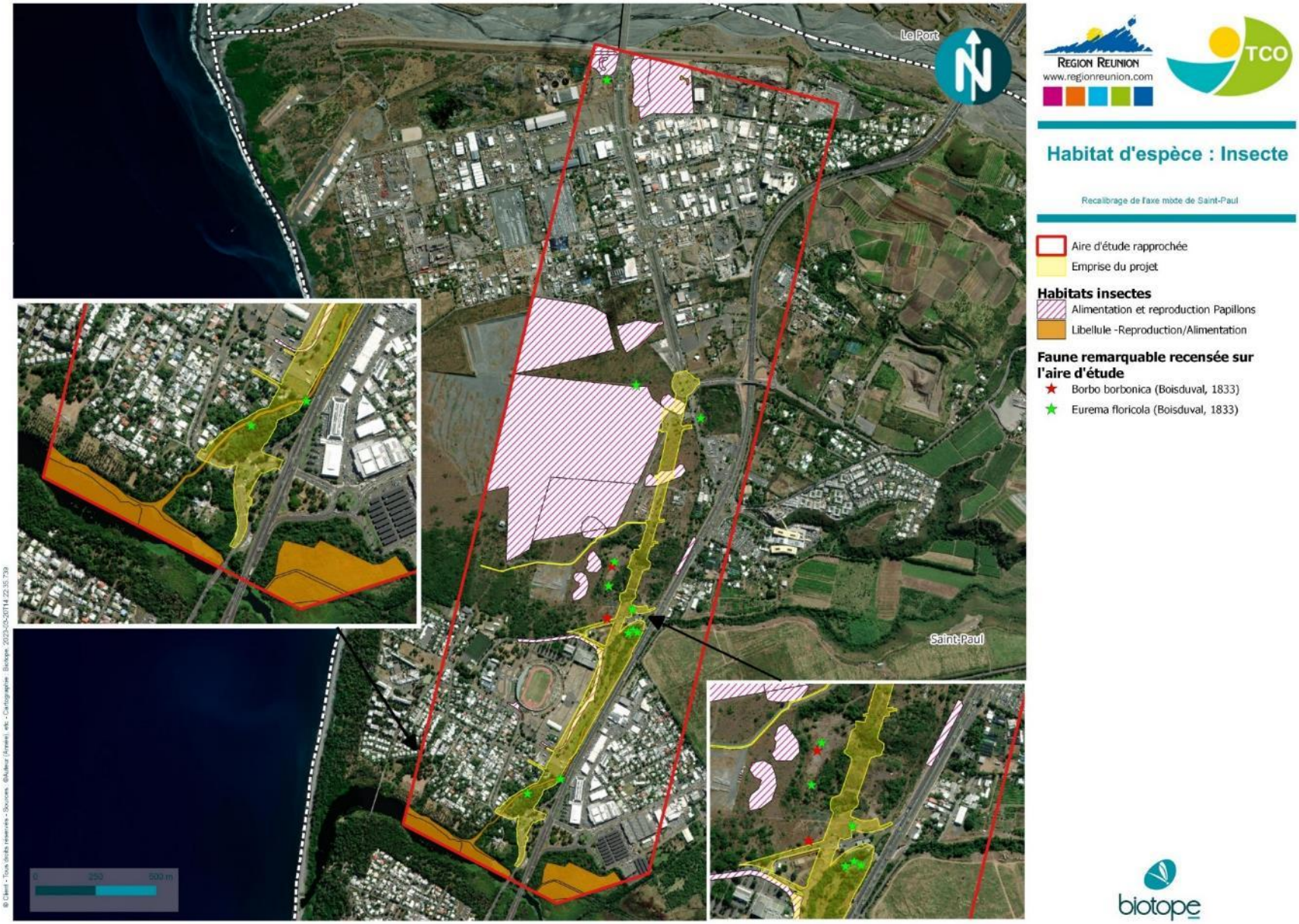
Ainsi, les inventaires ont permis de contacter :

- 10 espèces de lépidoptères (papillons) dont 2 présentent un enjeu faible de conservation ;
- 7 espèces d'odonates (Anisoptères et Zygoptères) dont 1 présente un enjeu moyen de conservation ;
- 4 espèces d'orthoptères sans qu'aucune de présente d'enjeu de conservation.

Enfin, 5 autres espèces et 2 genres ont été identifiés (aucun enjeu de conservation pour ces taxons).

Au sein de l'aire d'étude rapprochée, aucune espèce protégée n'est présente et 5 taxons présentent un enjeu spécifique dont un qualifié de moyen sur l'aire d'étude rapprochée. La présence de milieux aquatiques et la proximité avec l'Etang Saint-Paul rendent le sud de la zone d'étude particulièrement attractif au groupe des insectes. Les savanes de la zone d'étude présentent une biomasse (grande quantité d'insectes) importante rarement observée ailleurs sur l'île.

Nom vernaculaire *Nom scientifique*	Statut réglementaire	Statuts patrimoniaux LR Monde	LR La Réunion	Dét. ZNIEFF	Endémicité	Enjeu spécifique	Habitats d'espèces et populations observées dans l'aire d'étude rapprochée	Enjeu contextualisé
Espèces patrimoniales et/ou réglementées								
Pseudagrion punctum	Aucun	LC	NT	D	Océan indien	Moyen	Espèce endémique de la région malgache rare et localisée à la Réunion. Les observations sur la zone d'étude sont localisées au niveau du cours d'eau à l'extrême sud. Reproduction possible sur la zone d'étude et avérée sur l'étang Saint-Paul (SREPEN, 2010 040030003, Etang Saint-Paul. - INPN, SPN-MNHN).	Moyen
Borbo borbonica	Aucun	NE	LC	/	Réunion	Faible	Taxon endémique de la Réunion. Commune sur l'île, elle est observée aux abords du cours d'eau, à l'extrême sud de la zone d'étude. Reproduction / alimentation possible	Faible
Eurema floricola ceres	Aucun	NE	LC	C	Mascareignes	Faible	Espèce commune à La Réunion, observée sur l'ensemble de espaces végétalisés la zone d'étude. Reproduction / alimentation possible	Faible
Melanitis leda helena	Aucun	NE	LC	/	'	Faible	Espèce commune à La Réunion, non observée lors des inventaires mais considérée comme présente au sein des boisements de la zone d'étude. Reproduction / alimentation possible	Faible
Trithemis annulata haematina	Aucun	NE	NE	/	Océan indien	Faible	Espèce commune à La Réunion, observée aux abords du cours d'eau, à l'extrême sud de la zone d'étude. Reproduction / alimentation possible	Faible


Le Port
Saint-Paul
REGION REUNION
www.regionreunion.com
TCO
Habitat d'espèce : Insecte
Recalibrage de l'axe mixte de Saint-Paul
Aire d'étude rapprochée
Emprise du projet
Habitats insectes
Alimentation et reproduction Papillons
Libellule -Reproduction/Alimentation
Faune remarquable recensée sur l'aire d'étude
Borbo borbonica (Boisduval, 1833)
Eurema floricola (Boisduval, 1833)

4.2.3.3.2 Reptiles et amphibiens

Au total, 4 espèces de reptiles et 1 espèce d'amphibiens ont été recensées sur l'aire d'étude rapprochée.

Toutes les espèces observées sur la zone d'étude sont introduites voire considérées comme envahissante à La Réunion. L'espèce la plus communément observée sur la zone d'étude est l'Agame arlequin (*Calotes versicolor)* rencontré sur l'ensemble des transects réalisés et dans l'ensemble des habitats expertisés. L'Agame des colons (*Agama agama*) et deux espèces de geckos nocturnes ont été observés dans des milieux anthropisés, de manière plus ponctuelle. La Grenouille des Mascareignes (*Ptychadena mascareniensis*) est présente au niveau du cours d'eau.

Malgré les recherches spécifiques, le Caméléon panthère (*Furcifer pardalis*) n'a pas été observé sur la zone d'étude. Les boisements denses sont néanmoins favorables à sa présence. L'espèce est considérée comme présente.

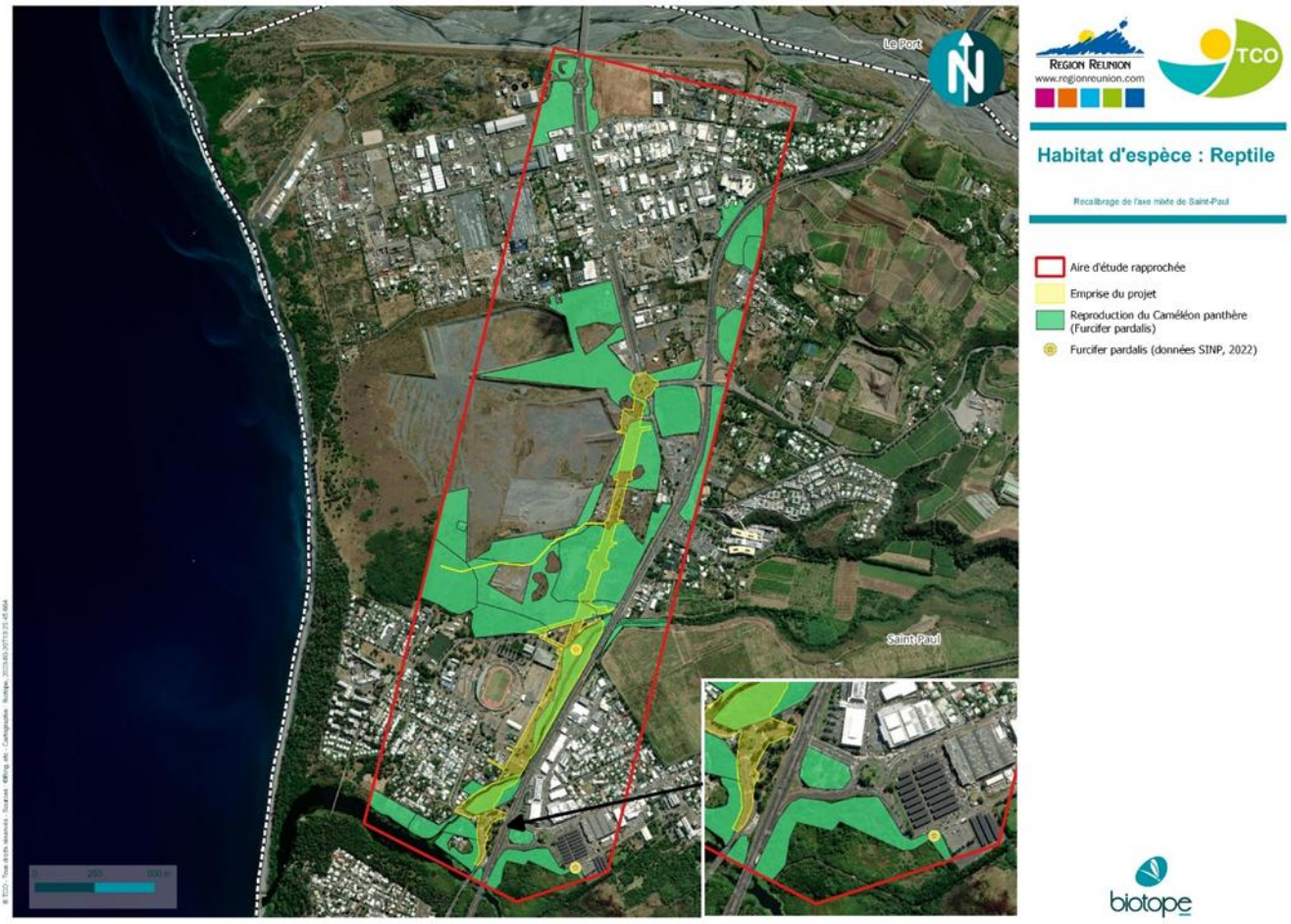
Figure 67 : Caméléon panthère femelle (©Marie BELLAY, 2020)

Le Caméléon panthère affectionne particulièrement les fourrés et milieux arbustifs touffus. Au sein de la zone d'étude, deux boisements lui sont favorables :

- Le boisement bordant la ravine se jetant dans l'étang Saint-Paul au Sud ;
- Le boisement Sud de la plaine Chabrier.

Au sein de la zone d'étude, 1 espèce protégée est présente et constitue un enjeu spécifique faible au niveau des boisements.

Nom vernaculaire *Nom scientifique*	Statut réglementaire	Statuts patrimoniaux LR Monde	LR La Réunion	Dét. ZNIEFF	Endémicité	Enjeu spécifique	Habitats d'espèces et populations observées dans la zone d'étude	Enjeu contextualisé
Espèces patrimoniales et/ou réglementées								
Caméléon panthère *Furcifer pardalis*	Protégée	LC	NA	C	Réunion	Faible	Espèce exotique répandue sur l'ensemble de La Réunion. Considérée comme présente dans les boisements de la partie sud de la zone d'étude. Reproduction/alimentation possible.	Faible



Deux espèces de batraciens sont présentes sur le site de l'étang : le crapaud Bufo gutturalis et la grenouille Ptychadena mascariensis ; toutes deux non protégées.

4.2.3.3.3 Oiseaux

Au total, 23 espèces d'oiseaux ont été inventoriées au sein de la zone d'étude :

- 10 espèces sont indigènes (dont 2 sont endémiques de la Réunion, 1 est endémique des Mascareignes et 2 sont endémiques de l'Océan Indien) ;
- 13 espèces sont exotiques.

4.2.3.3.3.1 Les oiseaux nicheurs

Au total, 14 espèces ont été recensées lors des 2 sessions de 7 points d'écoute. 2 d'entre elles seulement sont indigènes. Il s'agit de l'Oiseau-lunettes gris (*Zosterops borbonicus)* et la Tourterelle malgache (*Nesoenas picturata*). Ces deux espèces ont été contactées sur respectivement 12 et 9 points d'écoute soit une occurrence spécifique respective de 85,7 % et 64,3 %. Le Foudi de Madagascar (*Foudia madagascariensis*) et le Bulbul orphée *Pycnonotus jocosus*), toutes deux exotiques, sont les deux espèces les plus observés avec des occurrences spécifiques respectives de 100% et 92,9%.

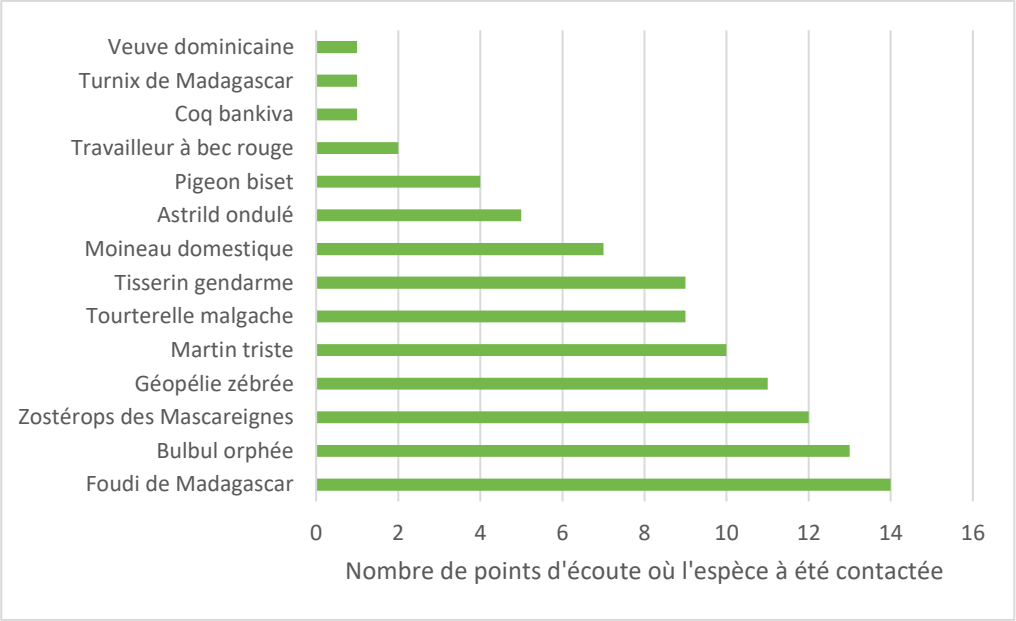


Figure 68. Occurrence spécifique (présence/absence) lors des points d'écoute (n=7, 2 saisons) (Biotope, 2021)

En termes d'individus observés, le Foudi de Madagascar reste l'espèce la plus présente sur l'ensemble des points d'écoute. En revanche, le Zosterops des Mascareignes est plus représentés que le Bulbul orphée. Les deux espèces indigènes regroupent 22,8 % des individus contactés lors des points d'écoute contre 77,2 % pour toutes les espèces exotiques confondues.

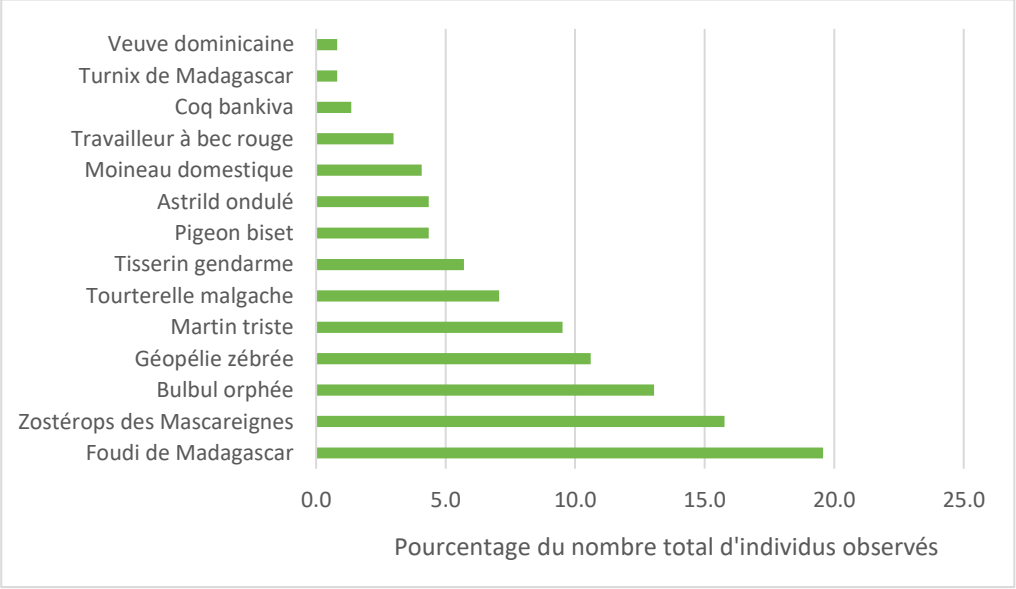


Figure 69. Part d'observations d'individus par espèce sur l'ensemble des points d'écoute (n=7, 2 saisons) (Biotope, 2021)

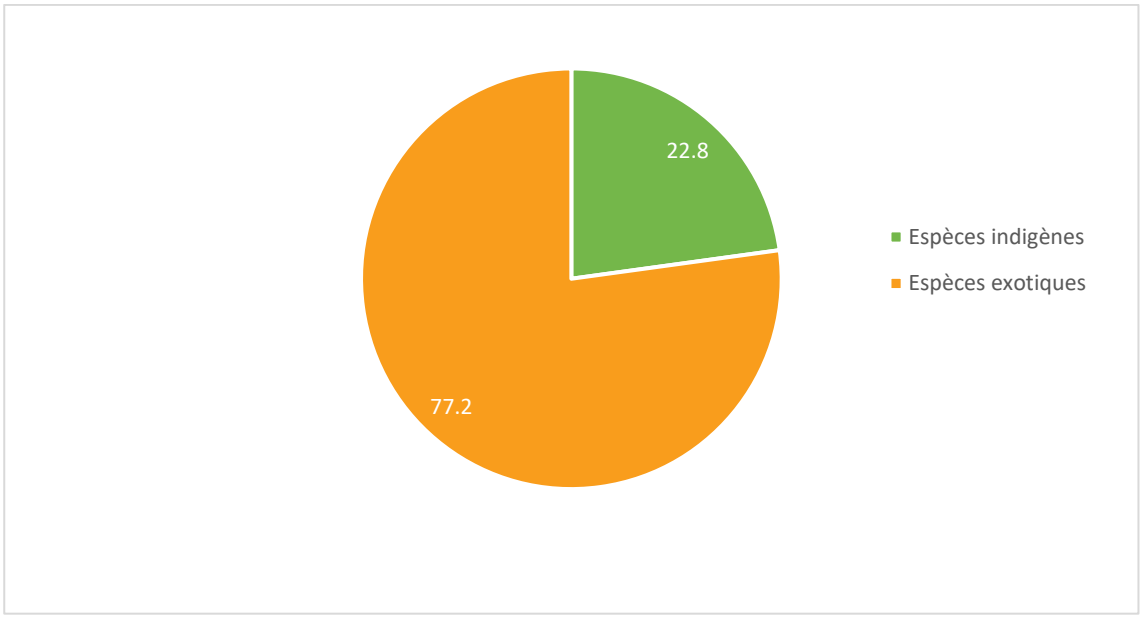


Figure 70. Proportion d'individus observés en termes de statut d'origine (Biotope, 2021)

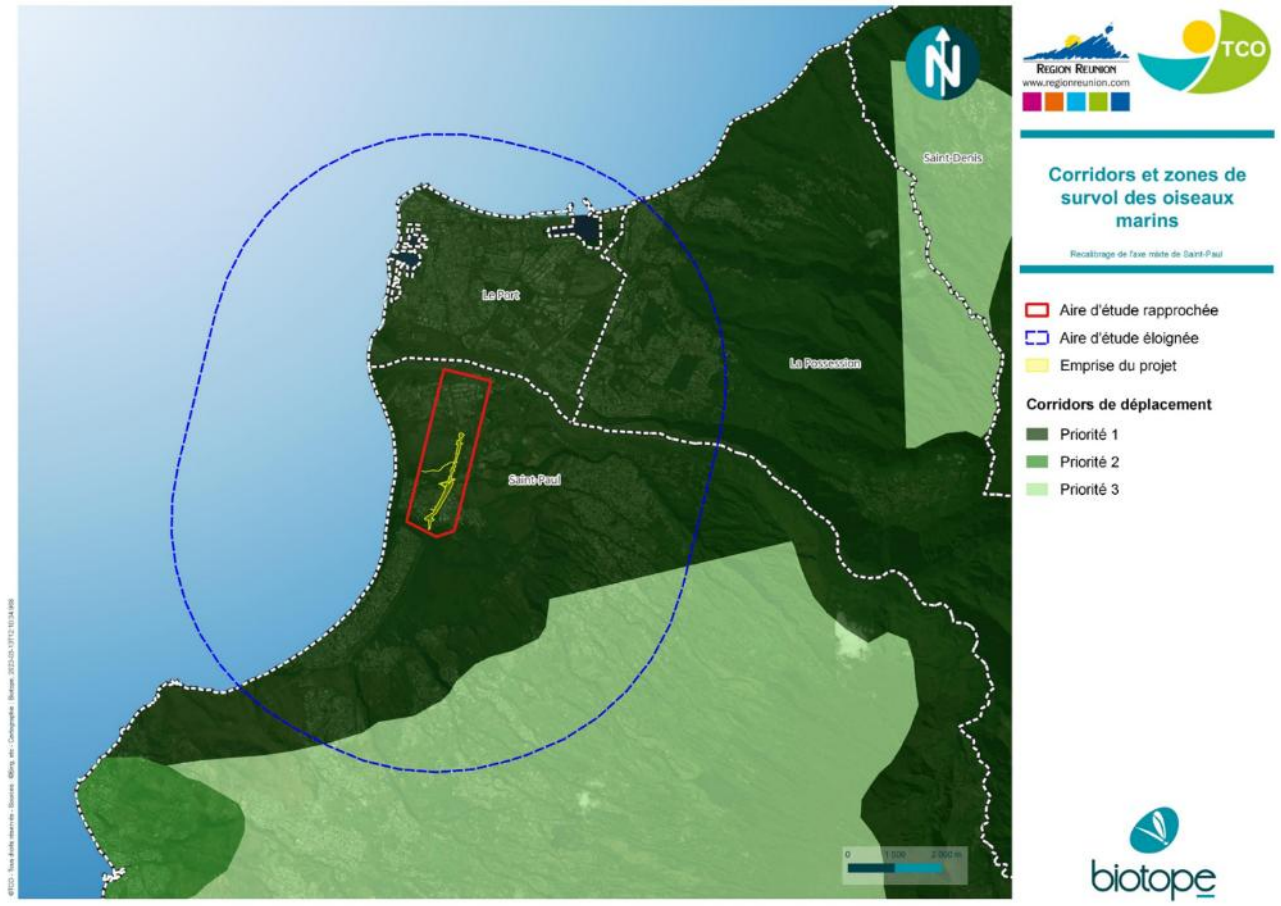
Le peuplement aviaire est donc largement dominé par les espèces exotiques avec l'omniprésence du Foudi de Madagascar (*Foudia madagascariensis*), du Bulbul orphée *Pycnonotus jocosus*), de la Géopélie zébrée (*Geopelia striata*) et du Martin triste (*Acridotheres tristis*). La présence abondante de ces espèces ubiquistes, voire envahissantes témoigne d'un milieu dégradé et appauvri.

Les oiseaux indigènes nicheurs sont donc peu représentés. La plupart des individus observés sont des espèces exotiques communes sur l'île et utilisant la zone d'étude en tant que zone d'alimentation et probablement pour se reproduire. Le milieu est globalement dégradé.

4.2.3.3.3.2 Les oiseaux marins

D'après la bibliographie actuelle, quatre espèces d'oiseaux marins transitent au-dessus de la zone d'étude élargie : le Puffin tropical, le Pétrel de Barau, le Phaéton à bec jaune et le Chevalier Guignette. Aucun site de reproduction pour ces espèces n'est mentionné sur la zone d'étude rapprochée et à proximité [Jouventin 1998 ; Bretagnolle *et al.* 2000 ; Gineste, 2016], et le contexte n'y est par ailleurs pas favorable (absence de falaises et de remparts).

Le projet se situe dans un couloir pour le déplacement des oiseaux marins d'après la bibliographie qui est classé en zone de priorité 1 (corridor très fréquenté). Il en ressort notamment un risque faible d'échouage des oiseaux marins nocturnes dans le secteur du projet (pétrels et puffins), en cas d'éclairage du site pendant les périodes sensibles et/ou en cas d'éclairage non adapté.



4.2.3.3.3.2.1 Le Pétrel de Barau (Pterodroma baraui)

Le Pétrel de Barau est endémique de La Réunion. Cet oiseau marin migrateur quitte l'île dès la mi-mars pour les adultes, et en avril-mai pour les jeunes, afin de rejoindre les eaux tropicales et subtropicales de l'Océan Indien. Durant la période de reproduction s'étalant de septembre à mai, il niche sur les plus hauts sommets de l'île (Gros Morne, Grand Bénare, Piton des Neiges). C'est pendant cette période que de nombreux individus se déplacent entre leurs colonies de reproduction et l'océan de nuit. La plus récente estimation de la population fait état de 10 000 couples reproducteurs répartis en une dizaine de colonies [Life+ Pétrels, 2015[5]].

4.2.3.3.3.2.2 Le Puffin tropical (Puffinus bailloni)

La sous-espèce *bailloni* est endémique de La Réunion et a disparue de l'île Maurice. C'est un oiseau pélagique qui peut passer plusieurs mois en mer et dont les populations sont estimées entre 3 000 et 5 000 couples [Salamolard, 2008]. Les colonies les plus proches se trouvent au niveau de la Rivière des Galets [SEOR, 2011 ; Gineste, 2016] à 5 km de distance environ.

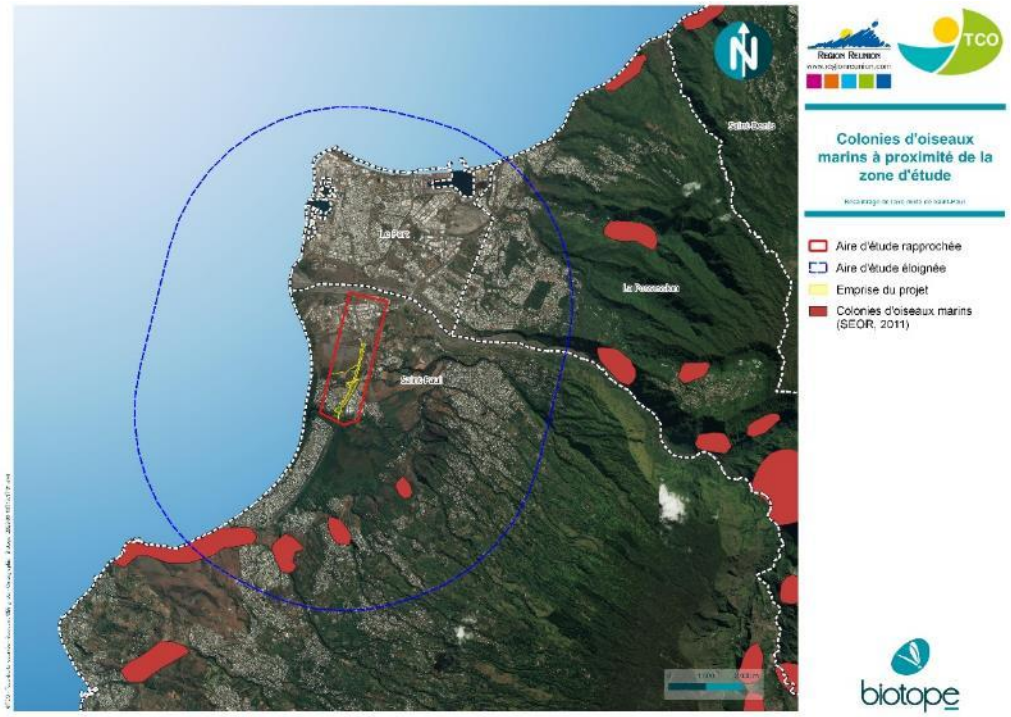
4.2.3.3.3.2.3 Le Phaéton à bec jaune (Phaethon lepturus)

Cet oiseau marin pantropical se retrouve dans tous les océans. A La Réunion, il niche préférentiellement dans les cavités des falaises littorales, parfois sur les versants de certaines ravines et plus rarement dans les cirques [Jouventin, 1998]. La population reproductrice de l'océan Indien est estimée à 5 000 couples ; elle comporterait entre 200 et 500 couples pour la seule île de La Réunion [Probst, 2002]. Les sites de reproduction connus les plus proches se trouvent dans les falaises de Bellemène (1,8 km) et au niveau de la Rivière des Galets (5 km) [SEOR, 2011].

[5] https://www.petrels.re/les-especes/petrel-de-barau/

4.2.3.3.3.2.4 Chevalier guignette (Actitis hypoleucos)

Oiseau migrateur, le chevalier guignette est visible sur l'île pendant l'été austral. C'est un petit oiseau limicole (qui se nourrit dans la vase). Il mange des invertébrés, crustacés et mollusques. On le voit souvent seul et parfois à 3 ou 4 individus. Il se joint volontiers à d'autres espèces. Il cherche sa nourriture aux embouchures des rivières, dans les étangs et stations d'épuration. Il court sur la vase et hoche la queue.



4.2.3.3.3.2.5 Les autres espèces indigènes

Cinq autres espèces ont été observées :

- La Gallinule poule d'eau (*Gallinulla chloropus pyrrhorrhoa*) et le Héron strié (*Butorides striata*) au niveau du cours d'eau : l'Etang Saint-Paul et la Rivière des Galets sont connus dans la bibliographie comme site de reproduction de ces espèces ;

Le Busard de Maillard (*Circus maillardii*), l'Hirondelle des Mascareignes (*Phedina borbonica*) et de la Salangane des Mascareignes (*Aerodramus francicus*) au niveau des savanes et fourrés : ces 3 espèces ne se reproduisent pas sur la zone d'étude mais l'utilisent pour s'alimenter

4.2.3.3.3.3 Conclusion

Sur l'aire d'étude rapproché, 23 espèces d'oiseaux ont été observées et 3 autres espèces sont considérées comme présentes au regard de la bibliographie disponible.

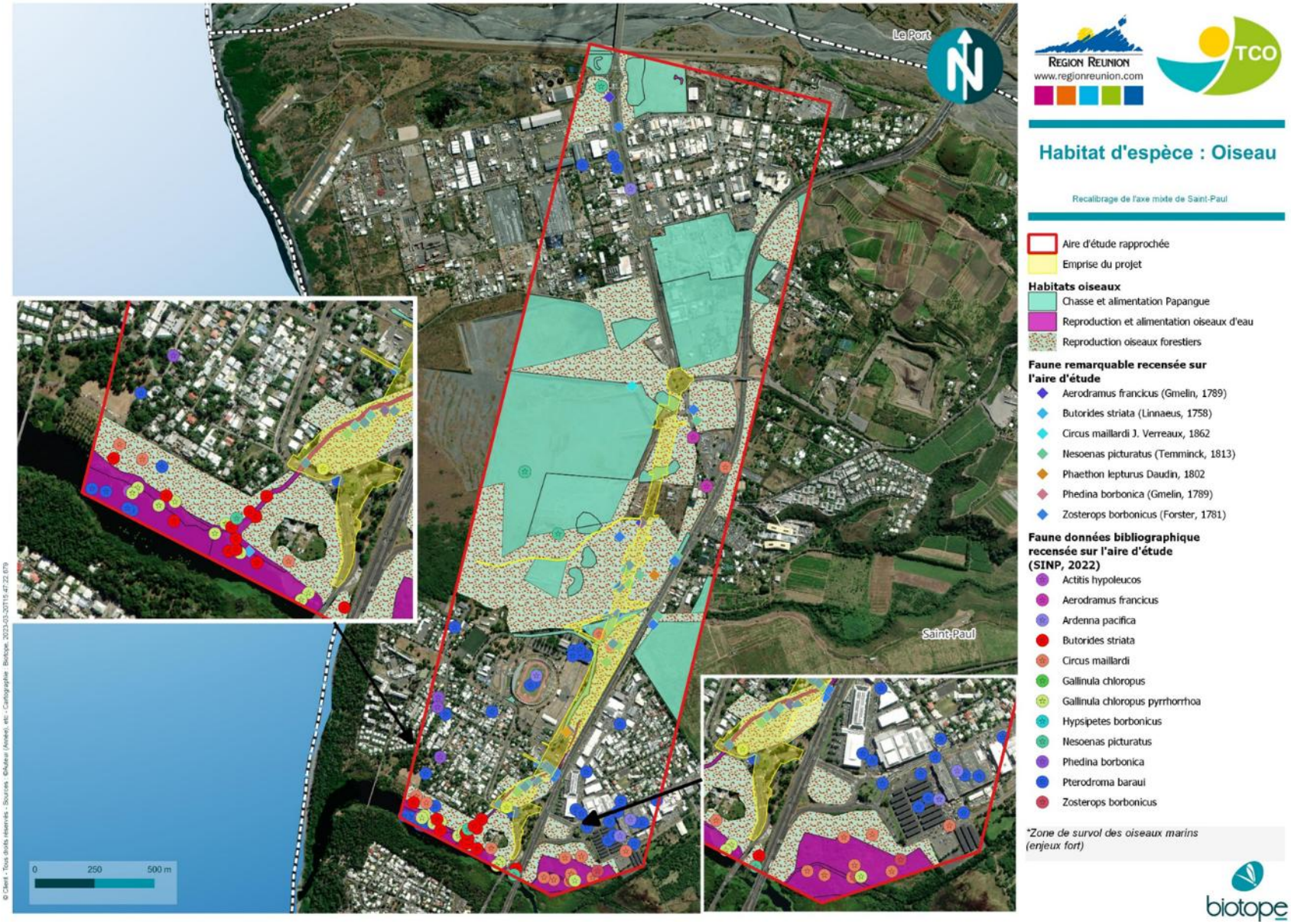
Parmi ces espèces, 10 d'entre elles sont indigènes :

- 4 espèces se reproduisent sur la zone d'étude ;
- 3 espèces s'alimentent sur la zone d'étude ;
- 3 espèces transitent sans interaction directes avec la zone d'étude.

Le cours d'eau au sud de la zone d'étude représente un habitat de reproduction de la Gallinule poule d'eau (*Gallinulla chloropus pyrrhorrhoa*) et du Héron strié (*Butorides striata*).

Nom vernaculaire *Nom scientifique*	Statut réglementaire	Statuts patrimoniaux LR Monde	LR La Réunion	Dét. ZNIEFF	Endémicité	Enjeu spécifique	Habitats d'espèces et populations observées dans la zone d'étude	Enjeu contextualisé
Espèces patrimoniales et/ou réglementées								
Pétrel de Barau *Pterodroma baraui*	Protégée	EN	EN	D	Réunion	Très fort	Espèce endémique de la Réunion nichant entre 2300m et 3000m d'altitude. La zone d'étude se situe sur un corridor de priorité 1. Pas de reproduction sur la zone d'étude. Survol et transit en période de nidification et d'envol des jeunes.	Moyen
Busard de Maillard *Circus maillardi*	Protégée	EN	EN	D	Réunion	Très fort	Espèce endémique de la Réunion nichant dans des boisements peu accessibles. Pas de reproduction sur la zone d'étude. 1 couple s'alimente au niveau des fourrés et savanes de la plaine Chabrier.	Moyen
Gallinule poule-d'eau *Gallinula chloropus pyrrhorrhoa*	Protégée	LC	NT	D	/	Moyen	Espèce peu fréquente et localisée à la Réunion. Elle fréquente les étangs et les milieux humides à végétation aquatique dense. La zone d'étude est connectée à l'Etang Saint-Paul. Le cours d'eau au sud de la zone d'étude est favorable à la reproduction et l'alimentation de l'espèce.	Moyen
Héron strié *Butorides striata*	Protégée	LC	NT	D	/	Moyen	Espèce peu fréquente et localisée à la Réunion. Elle fréquente les étangs et les cours d'eau bordés d'arbres. La zone d'étude est connectée à l'Etang Saint-Paul. Le cours d'eau au sud de la zone d'étude est favorable à la reproduction et l'alimentation de l'espèce.	Moyen
Puffin de Baillon *Puffinus bailloni bailloni*	Protégée	LC	LC	D	/	Moyen	Sous-espèce endémique de la Réunion nichant dans la quasi-totalité des ravines de l'île. La zone d'étude se situe sur un corridor de priorité 1. Pas de reproduction sur la zone d'étude. Survol et transit en période de nidification et d'envol des jeunes.	Moyen
Salangane des Mascareignes *Aerodramus francicus*	Protégée	NT	VU	/	Mascareignes	Fort	Espèce endémique des Mascareignes nichant majoritairement dans des cavités rocheuses mais s'alimentant sur l'ensemble de l'île dans divers habitats. Pas de reproduction sur la zone d'étude. Alimentation soutenue au niveau des fourrés et savanes de la plaine Chabrier.	Faible
Hirondelle des Mascareignes *Phedina borbonica borbonica*	Protégée	LC	VU	/	Océan Indien	Moyen	Sous-espèce endémique des Mascareignes nichant dans d'étroites corniches, des trous ou des fissures et dans les cavernes du niveau de la mer à 2400 m d'altitude. Pas de reproduction sur la zone d'étude. Alimentation soutenue au niveau des zones herbacées en bordure de cours d'eau au sud de la zone d'étude.	Faible

Tourterelle malgache *Nesoenas picturatus*	Protégée	LC	LC	/	Océan indien	Faible	Espèce commune à La Réunion, observée sur l'ensemble de espaces végétalisés la zone d'étude. Reproduction au niveau des boisements de la zone d'étude / alimentation en milieu ouverts. Le cours d'eau du sud de la zone d'étude est très utilisé par l'espèce pour l'hydratation.	Faible
Zostérops des Mascareignes *Zosterops borbonicus*	Protégée	LC	LC	/	Réunion	Faible	Espèce endémique commune à La Réunion, elle s'est très bien adaptée à la modification des milieux par l'Homme. Reproduction / alimentation sur l'ensemble des fourrés et secteurs végétalisés de la zone d'étude.	Faible
Phaéton à bec jaune *Phaethon lepturus*	Protégée	LC	LC	D	/	Faible	Espèce commune à la Réunion, nichant sur l'ensemble de l'ile. Pas de reproduction sur la zone d'étude. Survol et transit toute l'année du fait de la présence de colonies éloignées dans la Rivière des Galets et sur les remparts de Bellemène.	Négligeable


Le Port
Saint-Paul
0
250
500 m
REGION REUNION
www.regionreunion.com
TCO
Habitat d'espèce : Oiseau
Recalibrage de l'axe mixte de Saint-Paul
Aire d'étude rapprochée
Emprise du projet
Habitats oiseaux
Chasse et alimentation Papangue
Reproduction et alimentation oiseaux d'eau
Reproduction oiseaux forestiers
Faune remarquable recensée sur l'aire d'étude
Aerodramus francicus (Gmelin, 1789)
Butorides striata (Linnaeus, 1758)
Circus maillardi J. Verreaux, 1862
Nesoenas picturatus (Temminck, 1813)
Phaethon lepturus Daudin, 1802
Phedina borbonica (Gmelin, 1789)
Zosterops borbonicus (Forster, 1781)
Faune données bibliographique recensée sur l'aire d'étude (SINP, 2022)
Actitis hypoleucos
Aerodramus francicus
Ardenna pacifica
Butorides striata
Circus maillardi
Gallinula chloropus
Gallinula chloropus pyrrhorrhoa
Hypsipetes borbonicus
Nesoenas picturatus
Phedina borbonica
Pterodroma baraui
Zosterops borbonicus
*Zone de survol des oiseaux marins (enjeux fort)
biotope

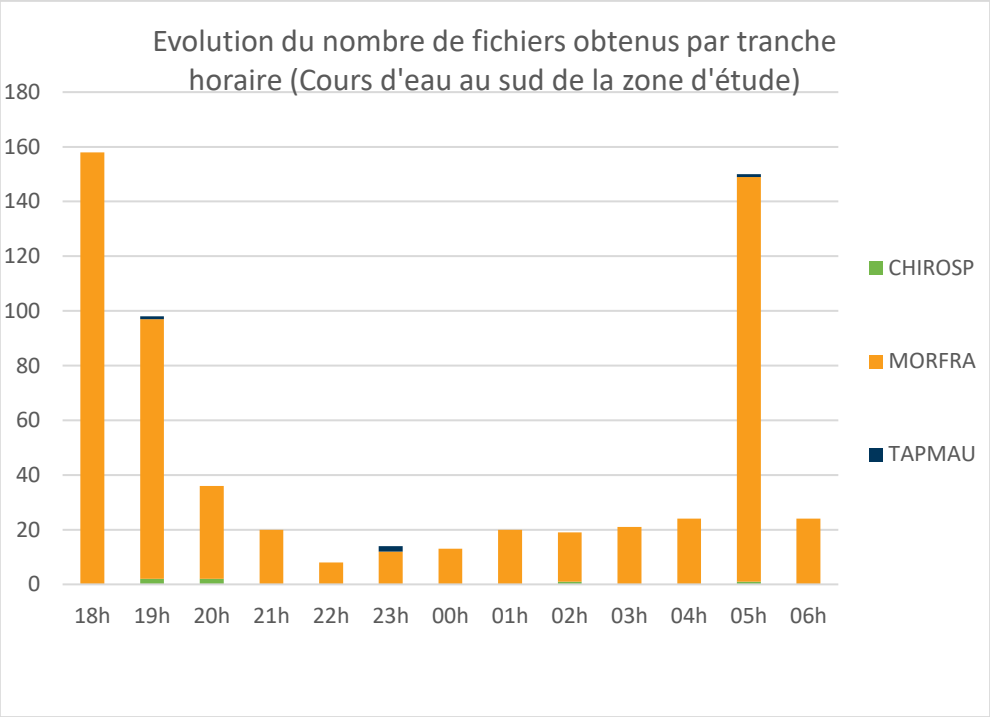
4.2.3.3.4 Chiroptères

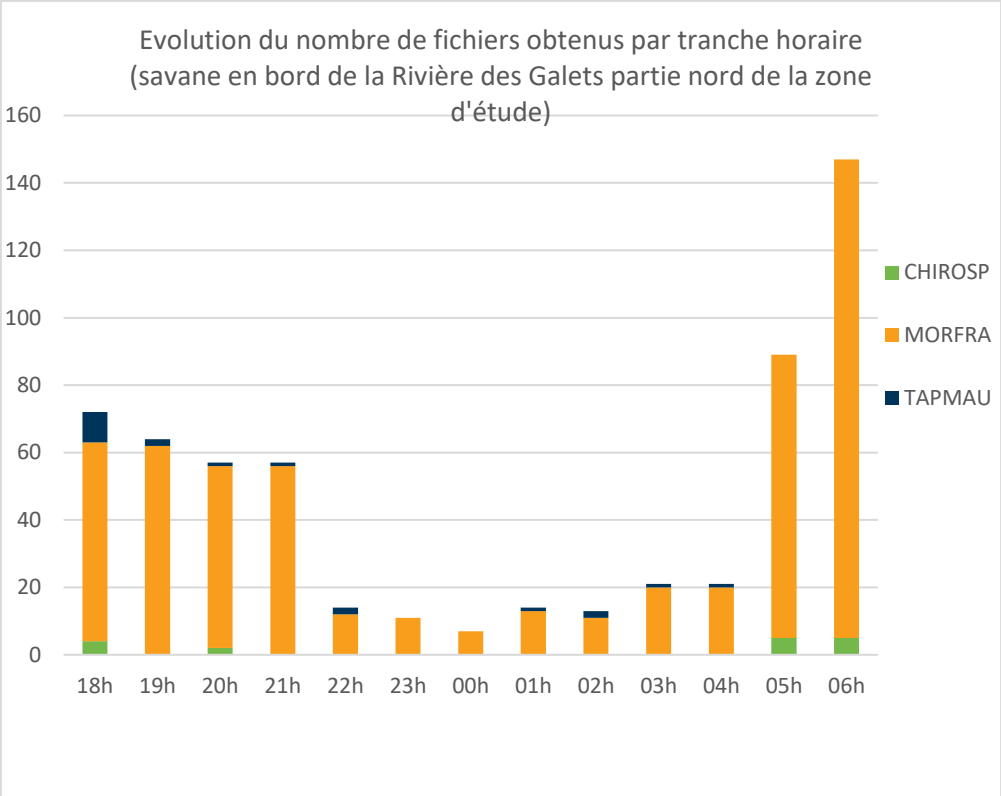
Les inventaires réalisés ont porté sur les chauves-souris, seul groupe d'espèces de mammifères indigènes à La Réunion. Ainsi, les modalités d'expertise se sont traduites par une étude acoustique et une recherche à vue afin d'établir la liste des espèces présentes, l'existence de gîtes potentiels et l'utilisation de la zone d'étude par ce groupe.

Deux espèces ont été contactées dans le cadre des inventaires :

- **Le Petit Molosse** (*Mormopterus francoismoutoui*) : Espèce endémique de la Réunion qui se retrouve dans la plupart des milieux de l'île jusqu'à 1800m d'altitude (Probst, 2002). Grégaire, elle affectionne les ravines et utilise les fissures ou cavités comme gîte mais s'est très bien adaptée aux activités humaines. La population réunionnaise n'est pas évaluée à ce jour, et sa dynamique de population est également mal connue. L'espèce semble avoir investie les constructions humaines pour l'établissement de gîte et utilise tous les types d'habitats y compris urbains pour l'alimentation où elle est considérée comme commune ;
- **Le Taphien de Maurice** *(Taphozous mauritianus)* : Espèce indigène, gîtant dans les arbres, peu répandue à la Réunion.

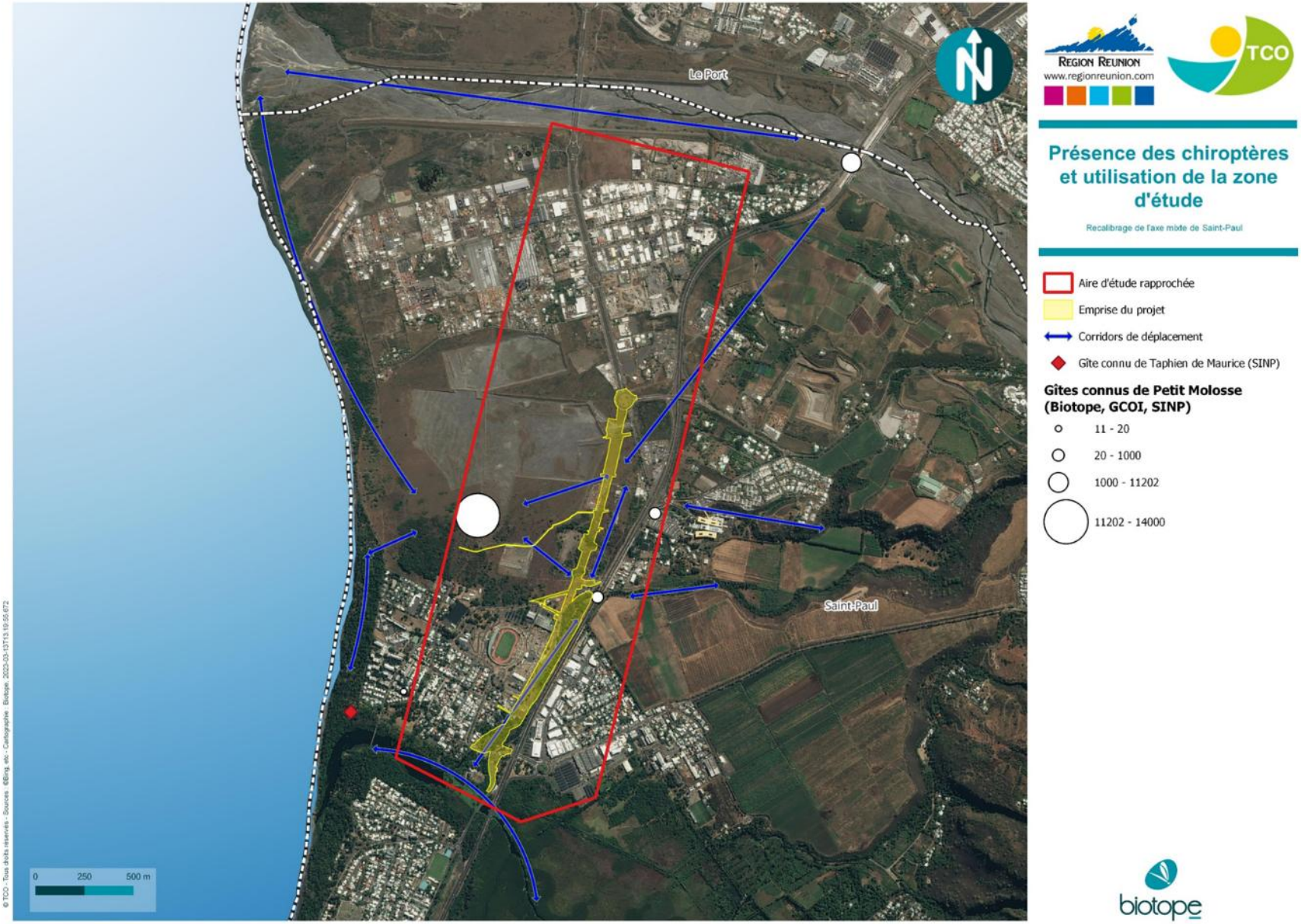
Les enregistrements et les observations sur site indiquent une utilisation continue de la zone d'étude tout au long de la nuit par le Petit Molosse pour le transit et l'alimentation. Le Taphien n'a pas été contacté tout au long de la nuit mais semble utiliser autant la partie sud de la zone d'étude que la partie nord pour l'alimentation.

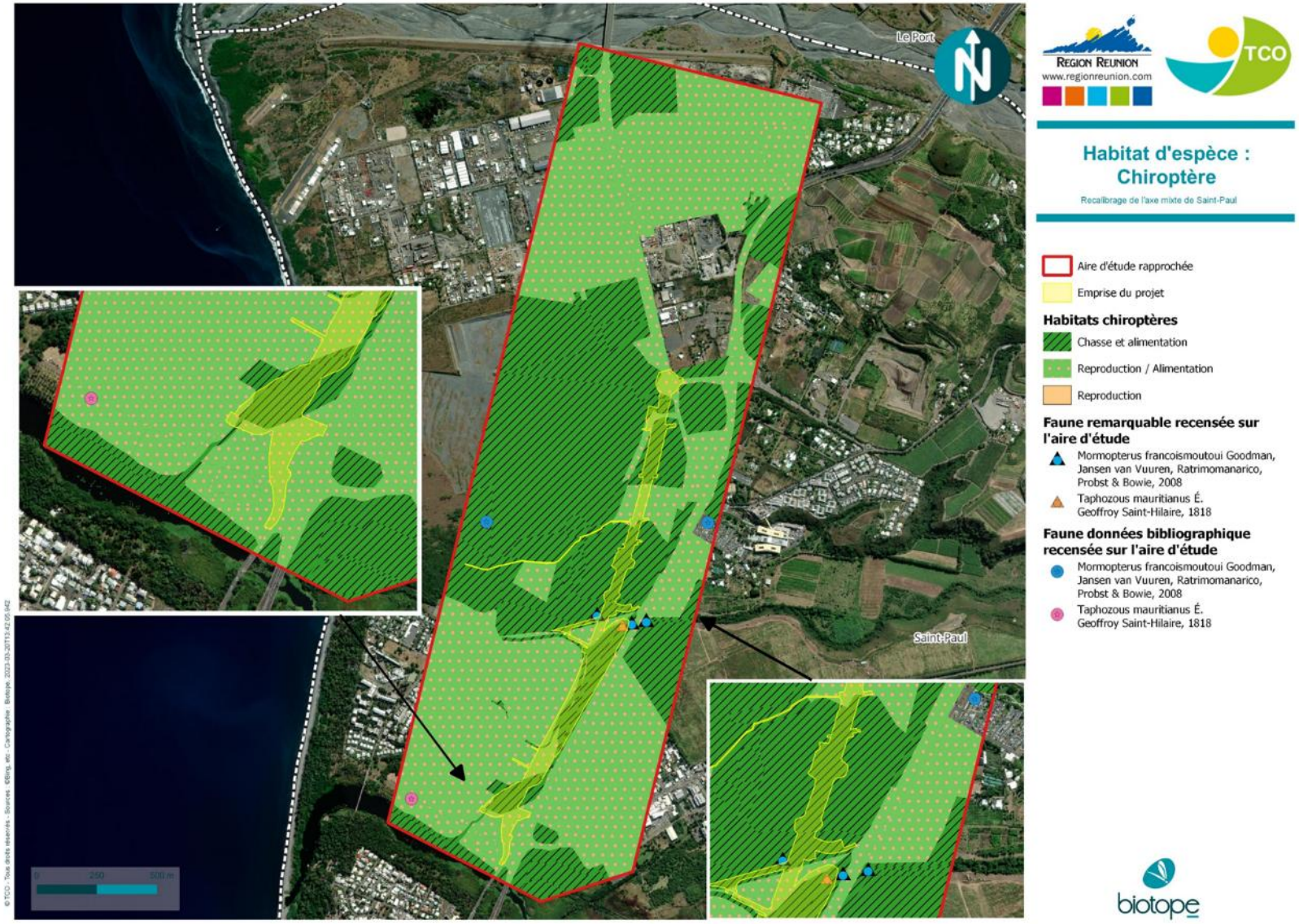




Plusieurs gîtes de Petits Molosses sont connus sur ou aux alentours de la zone d'étude (dont le bâtiment désaffecté de l'ancienne antenne Omega abritant jusqu'à 14 000 individus et constituant deuxième plus grosse colonie connue à ce jour pour le petit molosse de La Réunion – GCOI, comm. pers. 2020), alors qu'un seul gîte de Taphiens est connu sur le pourtour de l'Etang Saint-Paul. La zone d'étude est plus riche en proies (savanes) et est donc fréquentée pour l'alimentation.

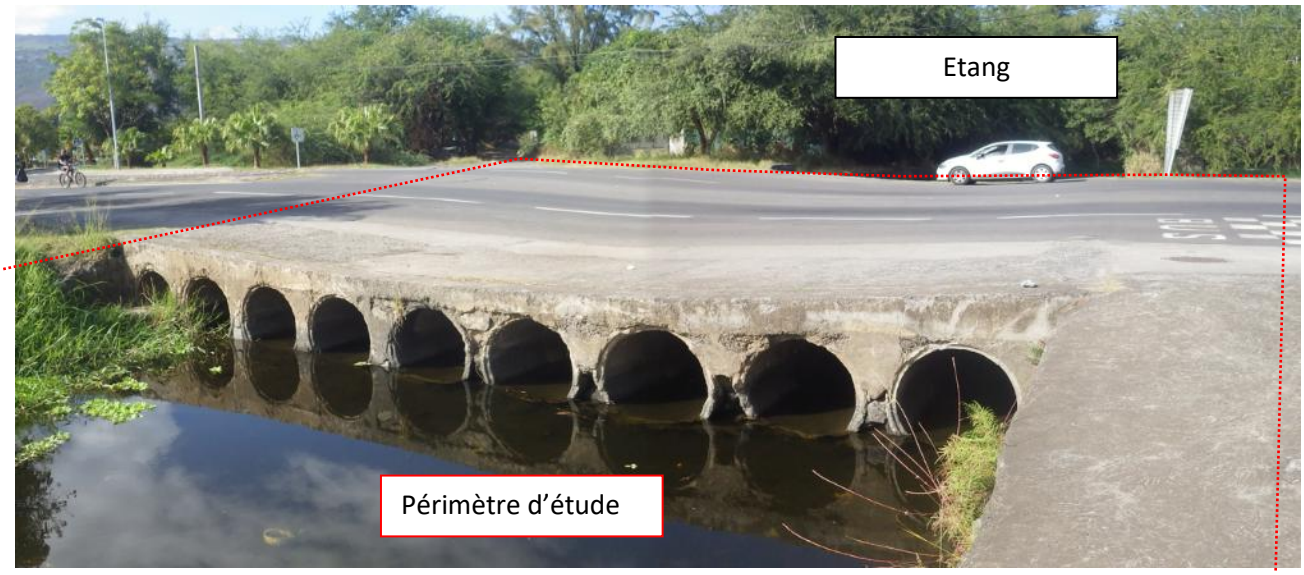
Nom vernaculaire *Nom scientifique*	Statut réglementaire	Statuts patrimoniaux				Enjeu spécifique	Habitats d'espèces et populations observées dans la zone d'étude	Enjeu contextualisé
		LR Monde	LR La Réunion	Dét. ZNIEFF	Endémicité			
Espèces patrimoniales et/ou réglementées								
Petit Molosse *Mormopterus francoismoutoui*	Protégée	LC	LC	D	Réunion	Faible	La zone d'étude inclut une colonie ayant élu domicile dans un bâtiment désaffecté sur la plaine Chabrier (Biotope, 2019) et regroupant près de 14 000 individus en période de reproduction (GCOI, 2021). Une seconde colonie (20 individus en septembre 2021) a été mise en évidence au sein d'un pont sous la N1 (chemin Laverdure). La ravine végétalisée reliant le pont à l'Etang Saint-Paul représente un corridor de déplacement pour ces individus a minima pour ces individus. La bibliographie fait état d'autres colonies comme celle du pont N1 de la Rivière des Galets à moins d'1 km de la zone d'étude. Les savanes de la zone d'étude, particulièrement riches en insectes sont très favorables à l'alimentation des chiroptères. Des observations directes à l'aide d'un appareil à ultrasons portatif attestent de l'activité de chasse du Petit Molosse dans les savanes de la Plaine Chabrier (Biotope, 2021).	Fort
Taphien de Maurice *Taphozous mauritianus*	Protégée	LC	NT	C	/	Moyen	Pas de reproduction connue sur la zone d'étude mais à proximité (cocoteraie de l'Etang Saint-Paul). Le cours d'eau de la zone d'étude et son prolongement jusqu'au pont de la N1 est un corridor de déplacement. De l'activité de chasse a été notée lors des prospections de terrain autour des éclairages du terrain de motocross partie sud de la zone d'étude (Biotope, 2021).	Faible


Le Port
Saint-Paul
0
250
500 m
Présence des chiroptères et utilisation de la zone d'étude
Recalibrage de l'axe mixte de Saint-Paul
Aire d'étude rapprochée
Emprise du projet
Corridors de déplacement
Gîte connu de Taphien de Maurice (SINP)
Gîtes connus de Petit Molosse (Biotope, GCOI, SINP)
11 - 20
20 - 1000
1000 - 11202
11202 - 14000


Le Port
Saint-Paul
Region Reunion
www.regionreunion.com
TCO
Habitat d'espèce :
Chiroptère
Recalibrage de l'axe mixte de Saint-Paul
Aire d'étude rapprochée
Emprise du projet
Habitats chiroptères
Chasse et alimentation
Reproduction / Alimentation
Reproduction
Faune remarquable recensée sur l'aire d'étude
Mormopterus francoismoutoui Goodman, Jansen van Vuuren, Ratrimomanarico, Probst & Bowie, 2008
Taphozous mauritianus É. Geoffroy Saint-Hilaire, 1818
Faune données bibliographique recensée sur l'aire d'étude
Mormopterus francoismoutoui Goodman, Jansen van Vuuren, Ratrimomanarico, Probst & Bowie, 2008
Taphozous mauritianus É. Geoffroy Saint-Hilaire, 1818
biotope

4.2.3.3.4.1 Poissons et macrocrustacés

Rappelons que la partie basse de la ravine la Plaine est en eau et qu'un radier routier constitue actuellement un obstacle à la libre circulation des espèces entre l'étang et la ravine. Ce radier routier constitue la limite Sud du projet et le radier de la buse n'est pas situé sous le lit de la ravine. Il y a un effet de seuil.



Nous disposons de la description des inventaires réalisés par OCEA en 2012 pour la RNN et des données bibliographiques de l'ARDA /DEAL.

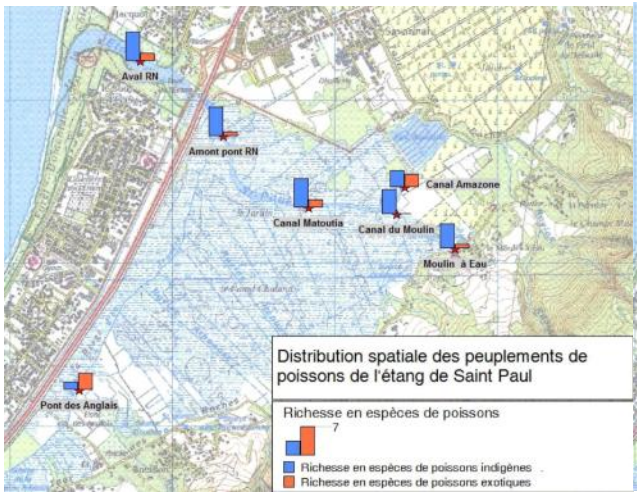
Cette campagne d'inventaires de la zone humide de l'étang de Saint Paul a mis en évidence 15 espèces de poissons et 8 espèces de macro-crustacés.

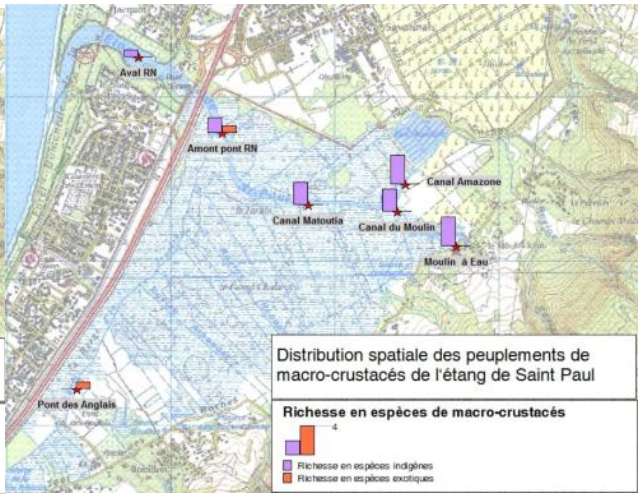
Chez les poissons, 9 espèces indigènes ont été observées, dont 2 CR, 1 EN et 1 VU sur la liste rouge France. Trois espèces observées sont endémiques de la région Ouest Océan Indien : le cabot noir *E. mauritiana*, la loche *A. commersoni*, le cabot rayé *S. polyzona*. La majorité des espèces observées sont assez fréquentes dans les eaux douces de La Réunion, mais il a été observé également des espèces inféodées aux milieux stagnants et saumâtres : les mulets *Mugil sp*., l'ambase *A. ambassis* et le cabot rayé *S. polyzona*.

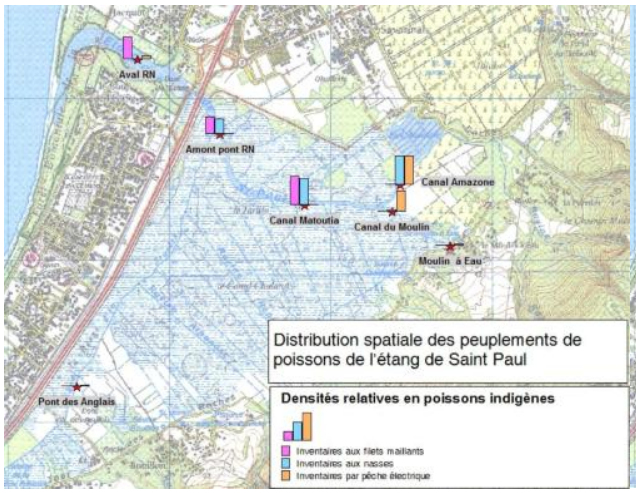
Les 6 espèces exotiques observées appartiennent aux familles des cichlidés (3 espèces –*A. nigrofasciata, Oreochromis sp., P. managuensi*s), des poecilidés (2 espèces – *P. reticulata et X. hellerii*) et des loricaridés (1 espèces – *P. pardalis*). Ces espèces ont été introduites à différentes périodes. Parmi les introductions les plus récentes (depuis 2000), on note, a priori, le *nigro A. nigrofasciata, le managuense P. managuensis et le pléco P. pardalis*.

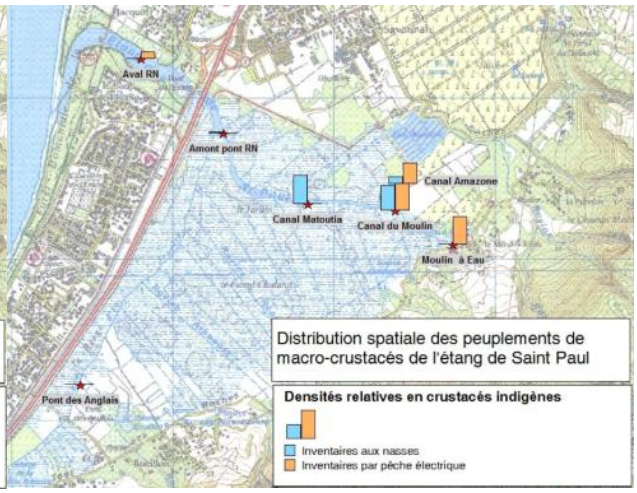
Chez les crustacés, 7 espèces indigènes ont été observées. Une espèce est endémique de la zone Ouest Océan Indien : la crevette bouledogue *A. serrata*. Deux espèces VU (liste rouge France) ont été observées : la chevaquine C. *serratirostris* et la chevrette australe M. australe.

Une espèce introduite et déjà signalée sur l'étang a été observée : l'écrevisse australienne *C. quadricarinatus*.









Les périodes de recrutement (colonisation des post-larves en rivière) et, par retro-calcul, de reproduction des principales espèces diadromes ont été étudiées sur 3 principales rivières de l'île de 2007 à 2011 (Observatoire des flux migratoires des espèces diadromes de La Réunion, ARDA, FEDER-DEAL, 2012).

Pour les poissons, on observe un maximum d'espèces au recrutement en décembre et janvier. Toutefois, deux périodes se dégagent : la première de septembre à décembre pour les cabots noirs (*Eleotris sp*.) et la loche (*A. commersoni*), la seconde de janvier à mai pour les anguilles (*Anguilla sp.*) et le poisson plat (*K. rupestris*). Ces deux groupes d'espèces contiennent des espèces classées CR et EN sur la liste rouge IUCN Réunion – France.

Pour les macro-crustacés, on observe un maximum d'espèces en avril et plus généralement sur la période de février à juin. Une seconde période semble se détacher en septembre-octobre mais devra être confirmée.

En conclusion, une large période de septembre à juin est favorable pour le recrutement des espèces diadromes de poissons et de macro-crustacés de l'étang. Cette longue période peut être scindée en deux en fonction de l'intérêt des espèces : de septembre à décembre pour les poissons amphidromes (cabots noirs, loche) et de janvier à mai/juin pour les espèces catadromes de poissons (Anguilles, poisson plat) et les macro-crustacés.

Dans son évaluation OCEA présente des recommandations visant à favoriser les peuplements de poissons et de macro-crustacés de l'étang. Ces recommandations sont formulées comme des principes généraux, sur la base de l'état des connaissances de la biologie et de l'écologie des espèces indigènes de l'étang et de l'état des peuplements établi dans le cadre de leur étude.

Ces recommandations portent sur les conditions de libre-circulation des espèces entre l'océan et l'étang, le rétablissement de la continuité biologique au sein de l'étang et notamment l'effacement des franchissements routiers en radier, et la restauration d'habitats de croissance / reproduction pour les espèces d'intérêt patrimonial. Sur ce dernier point, l'étude précise qu'une diversité d'habitats garantie pour un maximum d'espèce une capacité d'accueil

pour leur croissance, leur nourriture, leurs abris et leur reproduction. En conséquence, la restauration des habitats pour les espèces de poissons et de macro-crustacés doit comprendre :

- La mise en place de diversité dans le profil en travers du chenal en eau. On s'attachera ici à faire varier la largeur mouillée ainsi que la hauteur mouillée en conservant des hauteurs minimum de 20 cm sur une partie au moins de chaque transect à la cote minimale du plan d'eau (hauteur nécessaire au passage des poissons de grande taille – Kuhlidae, Mugilidae).

  Les profils en travers devront être dimensionnés afin de ne pas favoriser la sédimentation (vitesses nulles) à faibles débits (éviter les largeurs de fond trop importantes),

- La création, autant que de possible, de sinuosité dans le tracé en plan du chenal,

- La plantation et/ou l'entretien d'une végétation rivulaire diversifiée, ...

Ces restaurations peuvent s'entendre dans le cadre de la réhabilitation de la continuité biologique d'un chenal (exemple du canal d'en travers), mais aussi sur les chenaux en place au travers de la diversification des habitats de berge (profil en travers, flore et pente des berges, ...)

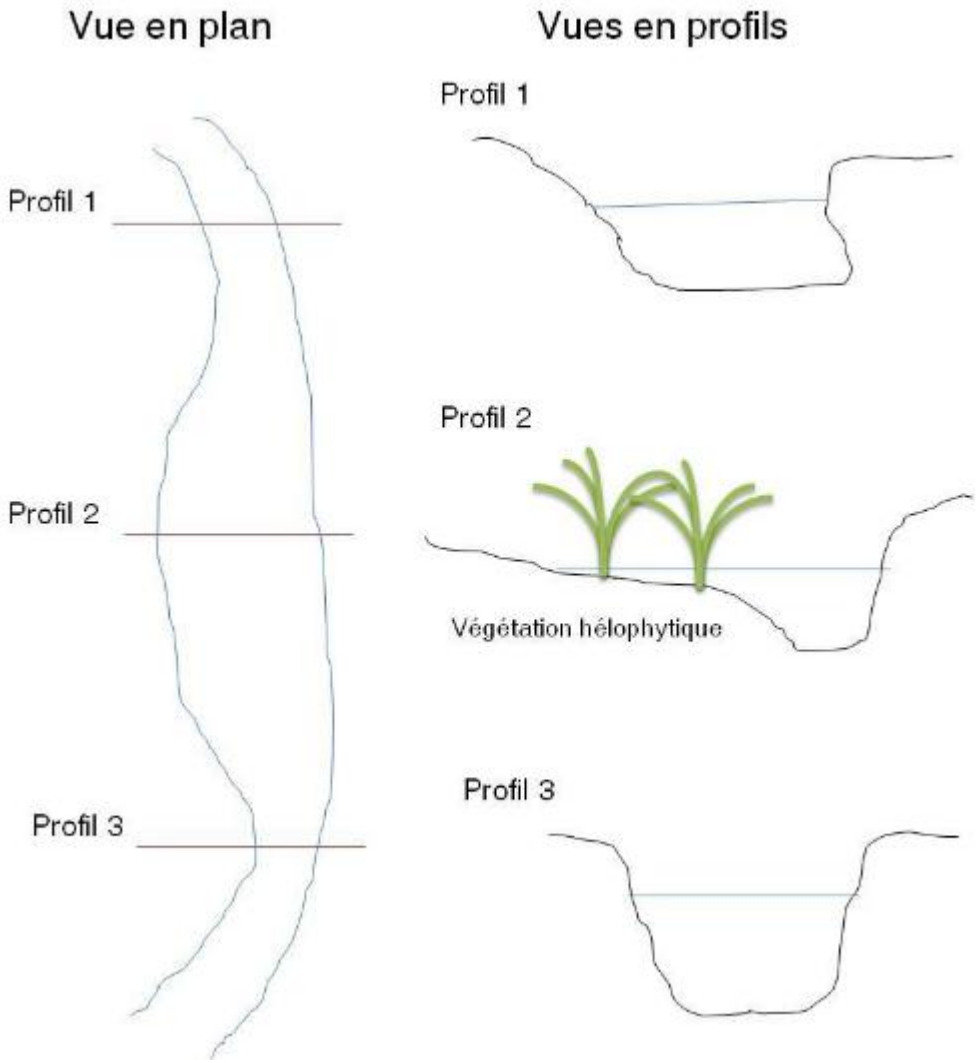


Figure 71SCHEMA DE PRINCIPE, vue en plan et vues en profil pour la restauration des habitats aquatiques d'un chenal Type, OCEA, 2012

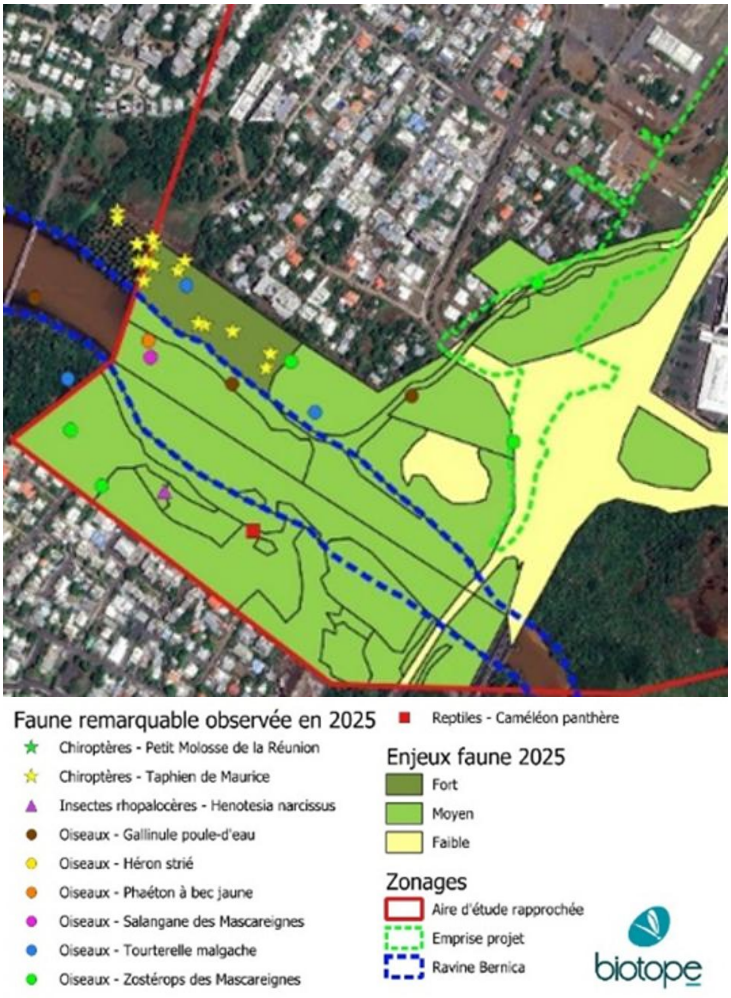
4.2.3.3.5 Inventaires complémentaires 2025

Entomofaune : Au cours des prospections des 15/04 et 16/04, 17 espèces d'insectes ont été observées : 9 espèces de papillons (lépidoptères), 7 espèces de libellules (odonates) et 1 espèce de punaise (hémiptère). Parmi ces espèces, aucune n'est protégée et aucune ne présente un enjeu de conservation défavorable sur la liste rouge Réunion. Cependant, un taxon est endémique de la Réunion et est complémentaire ZNIEFF : *Heteropsis narcissus borbonica* présente un enjeu contextualisé à l'aire d'étude considéré comme moyen. Ce dernier est cependant hors de l'emprise du projet et ne sera donc pas directement impacté par le projet.

Herpétofaune : Au cours des prospections des 15/04 et 16/04, 5 espèces de reptiles et 1 espèce d'amphibien ont été observées. Parmi ces espèces, aucune n'est indigène de la Réunion. Cependant, une espèce de reptile est protégée : le Caméléon panthère est présent dans les boisements et fourrés de l'aire d'étude rapprochée et présente un enjeu contextualisé considéré comme faible.

Mammofaune : Au cours des prospections des 15 et 16/04, 3 espèces de mammifères (2 chiroptères et 1 mammifère terrestre) ont été observées. Les deux espèces de chiroptères sont protégées et se reproduisent au sein de l'aire d'étude rapprochée et présentent un enjeu contextualisé considéré comme fort. En effet, les colonies de reproduction connues des deux espèces de chauve-souris présentent au sein de l'aire d'étude rapprochée sont considérées parmi les plus importantes de l'île de la Réunion.

Avifaune : Au cours des prospections des 15 et 16/04, 16 espèces d'oiseaux ont été observées. Parmi ces espèces 6 sont indigènes de la Réunion, soit 38%. Toutes les espèces indigènes sont protégées et trois espèces présentent un enjeu contextualisé considéré comme moyen sur l'aire d'étude rapprochée : le Héron strié, la Gallinule poule-d'eau et le Zostérops des Mascareignes. Les bordures végétalisées des milieux aquatiques et les boisements de l'aire d'étude rapprochée sont favorables à ces espèces.



Concernant la faune, les enjeux écologiques principaux relevés en 2025 sont centrés sur les sites de reproduction des deux espèces de chiroptères : bâti et pont pour le Petit Molosse de la Réunion et cocoteraies pour le Taphien de Maurice. Ces habitats présentent un enjeu écologique considéré comme fort.

De plus, les zones buissonnantes et arborées favorable à la nidification du Zostérops des Mascareignes ainsi que les zones riches en végétation aquatique et semi-aquatique favorables à la reproduction du Héron strié et de la Gallinule poule-d'eau présentent un enjeu contextualisé considéré comme moyen.

4.2.4 Synthèse des enjeux écologiques au sein de l'aire d'étude rapprochée

Afin de mettre en évidence les principaux groupes à enjeu écologique au sein de l'aire d'étude rapprochée, une carte de localisation et de synthèse des enjeux écologiques a été établie.

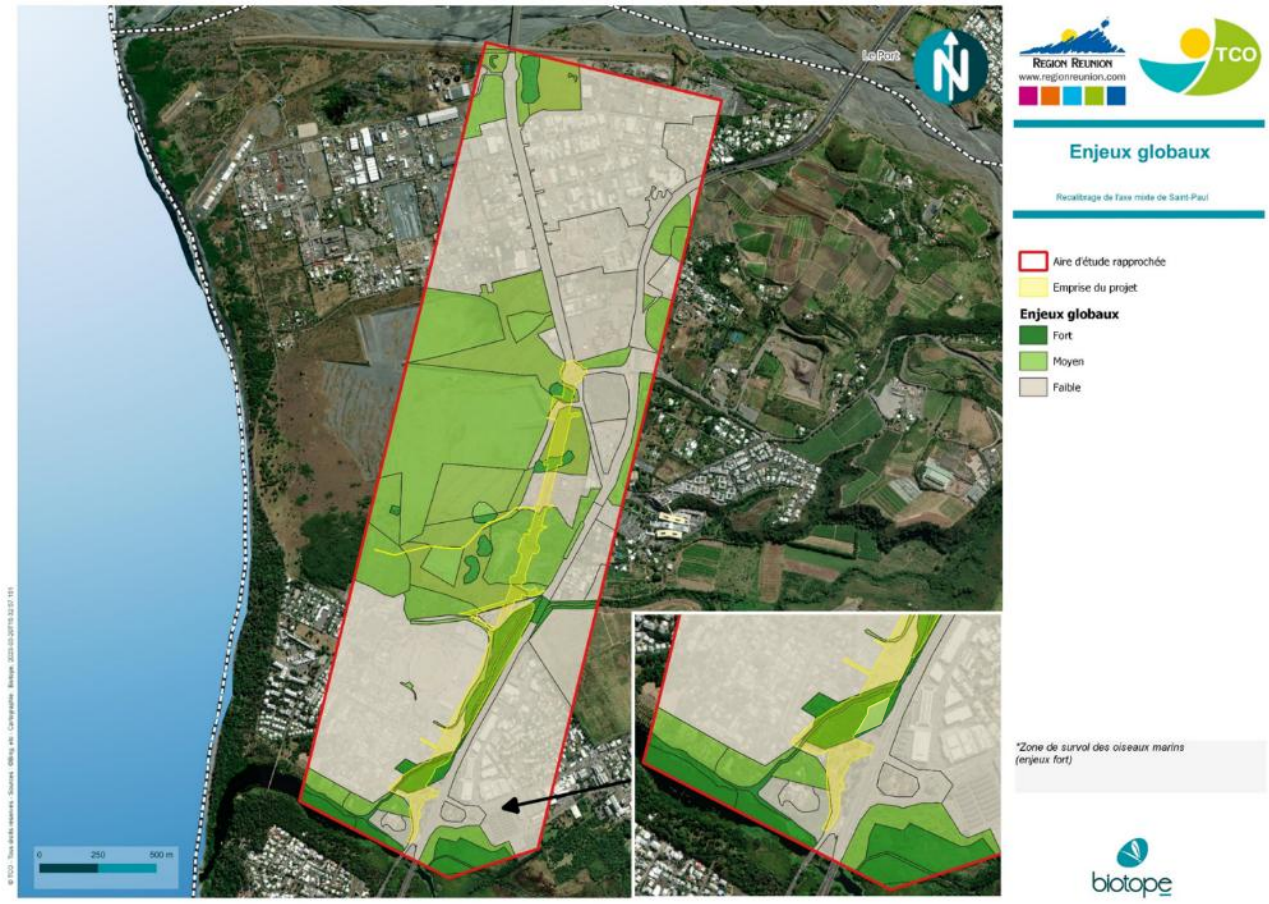
Il est important de préciser que cette évaluation est relative à l'aire d'étude rapprochée et non à l'emprise du projet.

Les différentes données collectées dans le cadre de cette étude ont permis d'appréhender l'intérêt des milieux de l'aire d'étude rapprochée.

Une hiérarchisation en cinq niveaux d'enjeu écologique a été établie : enjeu nul à très fort.

Enjeu	Enjeux écologiques sur l'aire d'étude rapprochée	
	Groupes et/ou espèces liés	Localisation/Description
Majeur	Pas d'enjeu majeur identifié sur ce site	
Très fort	Pas d'enjeu majeur identifié sur ce site	
Fort	Zones humide / milieux rivulaires / Roselière à Phragmites mauritianus	Aval de la ravine La Plaine / lit majeur et formations rivulaires associées. Présence d'une population de Phragmites mauritianus, espèce végétale considérée comme « En danger » (UICN 2023) et protégée. Habitat de nidification de la poule d'eau et du Héron strié / libellules.
	Reliques de savane primaire à Heteropogon contortus et tonsures associées	Habitat « primaire » de Zornia gibbosa, espèce végétale considérée comme « Vulnérable » (UICN, 2023) et protégée.
	Bâtiment désaffecté de l'ancienne antenne Chabrier	Présence d'une colonie d'importance régionale au sein de l'aire d'étude rapprochée, non concerné par l'emprise stricte du projet
Moyen	Avifaune marine / corridor aérien	Groupe particulièrement sensible à la pollution lumineuse, le Puffin tropical et le Pétrel de Barau font l'objet des enjeux les plus fort les concernant. Nidifiant à proximité pour le Puffin et utilisant le site comme corridor pour les deux espèces, la zone d'étude est donc dans sa globalité concernée par la problématique d'échouage des oiseaux marins.
	Fourrés arbustifs	Nidification du Zostérops des Mascareignes et de la Tourterelle malgache Présence du Caméléon panthère.
	Savane à Heteropogon contortus plus ou moins dégradées	Habitat indigène « sub-primaire » relique du cône de déjection de la rivière des Galets toutefois secondarisé (remaniements, endiguement de la rivière des Galets, carrières, introgression d'espèces exotiques envahissantes). Zone de chasse des chiroptères, du Phaéton à bec jaune et du Busard de Maillard / habitats pour les insectes.
Faible	Autres milieux anthropisés	Présence de Zornia gibbosa, espèce végétale protégée, ne constituant cependant pas son habitat primaire (habitat de substitution lié au caractère pionnier des milieux artificialisé).

Pour une connaissance approfondie de ces enjeux écologiques, il convient de se référer aux chapitres présentés précédemment relatifs aux différentes thématiques faune-flore.


Le Port
Enjeux globaux
Recalibrage de l'axe mixte de Saint-Paul
Aire d'étude rapprochée
Emprise du projet
Enjeux globaux
Fort
Moyen
Faible
*Zone de survol des oiseaux marins (enjeux fort)
0
250
500 m

4.3 MILIEU HUMAIN

4.3.1 Démographie, logements, équipements et services

4.3.1.1 Démographie

La commune de Saint-Paul rassemblait une population municipale de 105 482 habitants selon le recensement de l'INSEE de 2016. Cette population représente 1 566 habitants supplémentaires par rapport à 2011 (313 hab/an), soit une augmentation de 1,5%.

Le taux de solde naturel diminue progressivement. On observe également cette tendance à l'échelle de la Réunion. Elle est liée à une diminution de la fécondité ainsi qu'à un vieillissement de la population.

Le taux de solde migratoire diminue également continuellement et devient négatif à partir du recensement de 2006. Par conséquent, selon l'INSEE, ce sont aujourd'hui seulement les mouvements naturels qui rythment la croissance démographique.

La dynamique de développement démographique présente un infléchissement par rapport aux rythmes qui furent ceux des décennies précédentes.

4.3.1.2 Logement

La dynamique de développement démographique est présente dans l'Ouest de La Réunion avec, cependant, un infléchissement par rapport aux rythmes qui furent ceux des décennies précédentes.

Le scénario d'évolution démographique retenu par le SCoT 2016-2021 est le suivant :

- Population 2012 : 213 000 habitants
- Population 2026 : 236 000 habitants, soit +17 000 habitants de 2016 à 2026.
- Accroissement : selon un rythme annuel de +1700 habitants c'est à dire de 0,75%.

Cet accroissement génère des besoins particuliers en termes de logement et de mobilité. L'offre de logements sociaux ne répond pas à la demande. Au 1er janvier 2017, le parc locatif social du TO comprend environ 16 000 logements sociaux, soit 21% des résidences principales de l'agglomération et n'atteint pas donc pas le seuil de 25% fixé par la loi. Un important rattrapage est nécessaire sur la commune de Saint-Paul qui accueille 50% de la population du TO mais qui ne dispose que de 16% de l'offre en logement social.

Le 3ème Plan Local pour l'Habitat (PLH) couvrant la période 2019/2025 prévoit la réalisation d'un minimum de 4 650 RP d'ici 2025 sur le cœur d'agglomération et de 1 600 sur le secteur Centre-Cambaie.

4.3.1.3 Equipements et services de proximités

Le voisinage immédiat de la zone d'étude se compose des équipements ci-dessous (source Agorah, BDtopo)

	Equipements	Activité	Distance (m)
Section 1 – Secteur Cambaie	Forage Oméga	Traitement des eaux	315 m à l'*est*
	Piste Karting	Sport, Loisir et Tourisme	155 m à l'est à l'*est*
	Temple Tamoul	Culturel	190 m à l'*est*
Section 2 – Secteur Savanna	Piste bi-cross	Sport, Loisir et Tourisme	Traversée par l'axe mixte
	Parc des expositions en limite	Administratif	En limite
	Multiplexe Cinéma Cambaie et son parc de stationnement	Culturel	15 m à l'*ouest*
	Parking Cinéma Cambaie	Transport	15 m à l'*ouest*
	Stade Olympique Paul Julius Benard	Sport, Loisir et Tourisme	110 m à l'*ouest*
	Temple Tamoul côté *ouest*	Culturel	170 m à l'*ouest*
	Temple Tamoul côté *est*	Culturel	210 m à l'*est*

→ Enjeu fort

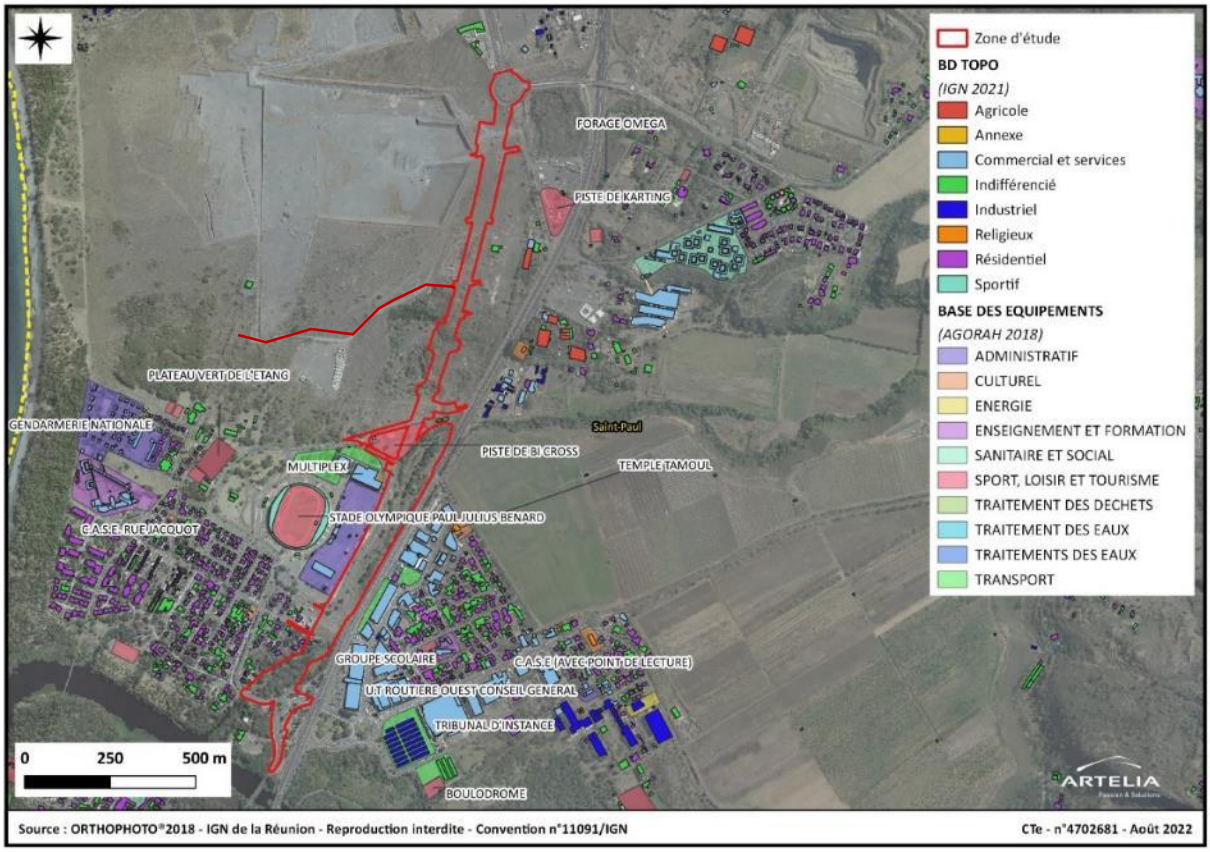


Figure 72 – Principaux équipements

4.3.2 Consommation d'espace

La consommation des espaces naturels constitue la menace principale vis-à-vis du changement climatique et vis-à-vis de l'enjeu de conservation de la biodiversité.

L'exploitation des données de la BD Topo permet de comparer l'évolution de la tâche urbaine sur le territoire communal entre 2012 et 2018. L'espace urbanisé ainsi identifié est indépendant du classement réglementaire des zones constructibles au PLU en vigueur.

En 2012, la surface urbanisée sur la commune de Saint-Paul représente 3 134 hectares. En 2019, elle atteint 3 415 hectares, soit une augmentation de 281 hectares. Le développement de cette tache urbaine concerne l'ensemble des bassins de vie.

Avec une tache urbaine qui augmente de près de 40 ha chaque année, le développement urbain est très marqué à Saint-Paul, notamment en comparaison avec d'autres communes de l'ile (17 ha/an pour Saint-André ; 15 ha/an pour La Possession ; 10 ha/an pour Saint-Joseph ; 4,5 ha/ an pour La Plaine des Palmistes…). Toutefois, il est important de rappeler que cet accroissement de la tâche urbaine s'effectue essentiellement par une minéralisation des dents creuses, c'est-à-dire un comblement de l'enveloppe urbaine.

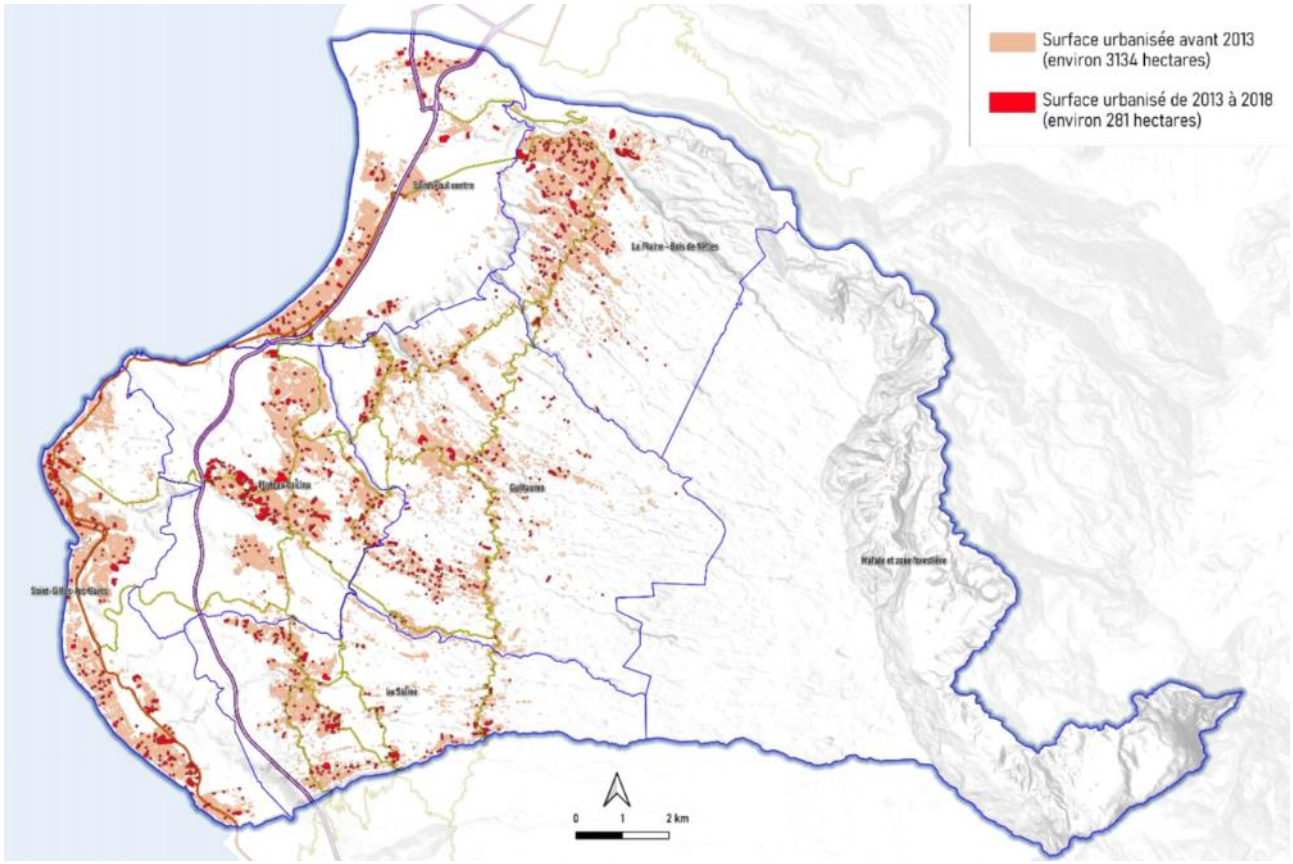


Figure 73 Evolution des surfaces urbanisées entre 2013 et 2018 (source Mairie de Saint Paul – Codra)

L'article 191 de la loi n° 2021-1104 du 22 août 2021 portant lutte contre le dérèglement climatique et renforcement de la résilience face à ses effets décrit qu' « Afin d'atteindre l'objectif national d'absence de toute artificialisation nette des sols en 2050, le rythme de l'artificialisation des sols dans les dix années suivant la promulgation de la présente loi doit être tel que, sur cette période, la consommation totale d'espace observée à l'échelle nationale soit inférieure à la moitié de celle observée sur les dix années précédant cette date.»

Il appartient aux documents de planification et d'urbanisme, ici SAR, SCoT et PLU, de traduire cet objectif « zéro artificialisation nette des sols ». En effet, l'article 194 de la loi « climat et résilience » du 22 août 2021 modifie l'article L. 4434-7 du code général des collectivités territoriales relatif au schéma d'aménagement régional (SAR) élaboré par les

régions de Guadeloupe et de La Réunion, les collectivités territoriales de Guyane et de Martinique et le Département de Mayotte. Cet article précise désormais que le SAR « fixe une trajectoire permettant d'aboutir à l'absence de toute artificialisation nette des sols ainsi que, par tranche de dix années, un objectif de réduction du rythme de l'artificialisation. »

Il appartient donc au SAR de réaliser le travail ; puis au SCoT et au PLU de préciser les espaces sur leurs périmètres.

En 10 ans, de 2012 à 2022, le territoire a transformé 102 ha de zone AU (A Urbaniser) en Zone U (Urbanisable). Elle a également versé 24ha de zone AU à destination d'un zonage Naturelle (N). Les zones agricoles n'ont pas évolué. La majeure partie des changements AU vers U concerne les mi-pentes de la plaine Bois de Nèfles avec les opérations ZAC Sans Souci (une opération de densification qui entraîne +49ha vers la zone U), puis de ZAC Marie Caze (+27ha de AU vers zone U). La ZA Henri Cornu constitue une opération de réhabilitation d'une ZA de fait sur 25 ha.

4.3.3 Risques technologiques

4.3.3.1 Risques industriels

Le risque industriel majeur concerne un évènement accidentel se produisant sur un site industriel et entraînant des conséquences immédiates graves pour le personnel, les biens et/ou l'environnement :

- Un incendie ;
- Une explosion ;
- La dispersion dans l'air, l'eau ou le sol de produits dangereux.

La commune de Saint-Paul comprend différentes ICPE dont une classée SEVESO seuil haut.

Dans les environs du secteur d'étude, les Installations Classés pour la Protection de l'Environnement (ICPE) sont :

Commune	Nom de l'établissement	Activité	Etat d'activité	Régime	Distance (m)
Saint-Paul	SCPR	Exploitation d'une carrière de matériaux alluvionnaires au lieu-dit « Plaine Chabrier »	**Fin de fonctionnement**	Autorisation	560 m à l'*ouest*
Saint-Paul	TERALTA Granulat Béton Réunion	Exploitation d'une carrière de matériaux alluvionnaires au lieu-dit « Plaine Chabrier »	**Fin de fonctionnement**	Autorisation	600 m à l'*ouest*

A ce jour, l'exploitation des 2 carrières (SCPR + TERRALTA) sont terminées et les démarches sont en cours pour la remise en état du site (SCPR) avec les services de la DEAL.

La cartographie ci-après décrit également les activités industrielles anciennes, BASIAS pour base de données des anciens sites industriels et activités de services. Tous sont hors secteur d'étude.

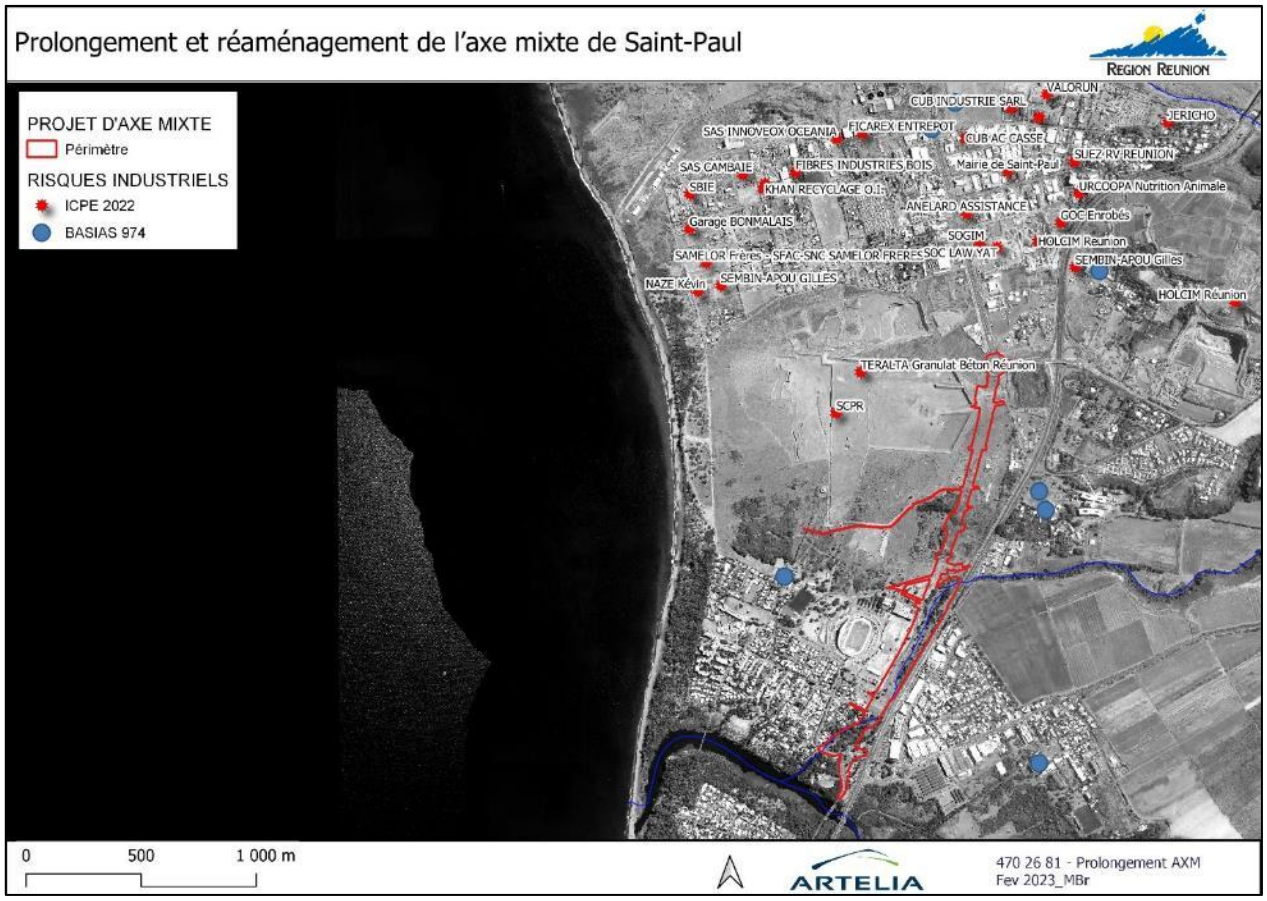


Figure 74 – ICPE de la Plaine de Cambaie

→ Enjeu faible

4.3.3.2 Risques de transports de matières dangereuses (TMD)

Le risque lié au transport de matières dangereuses (TMD) est consécutif à un accident se produisant lors du transport de ces matières quel qu'en soit le mode (maritime, ferroviaire, par route, etc…).

Les principaux dangers sont :

- L'explosion ;
- L'incendie ;
- Le nuage toxique ;
- La pollution atmosphérique, du sol et/ou de l'eau.

Ces transports sont effectués via l'infrastructure RN1.

→ Enjeu faible

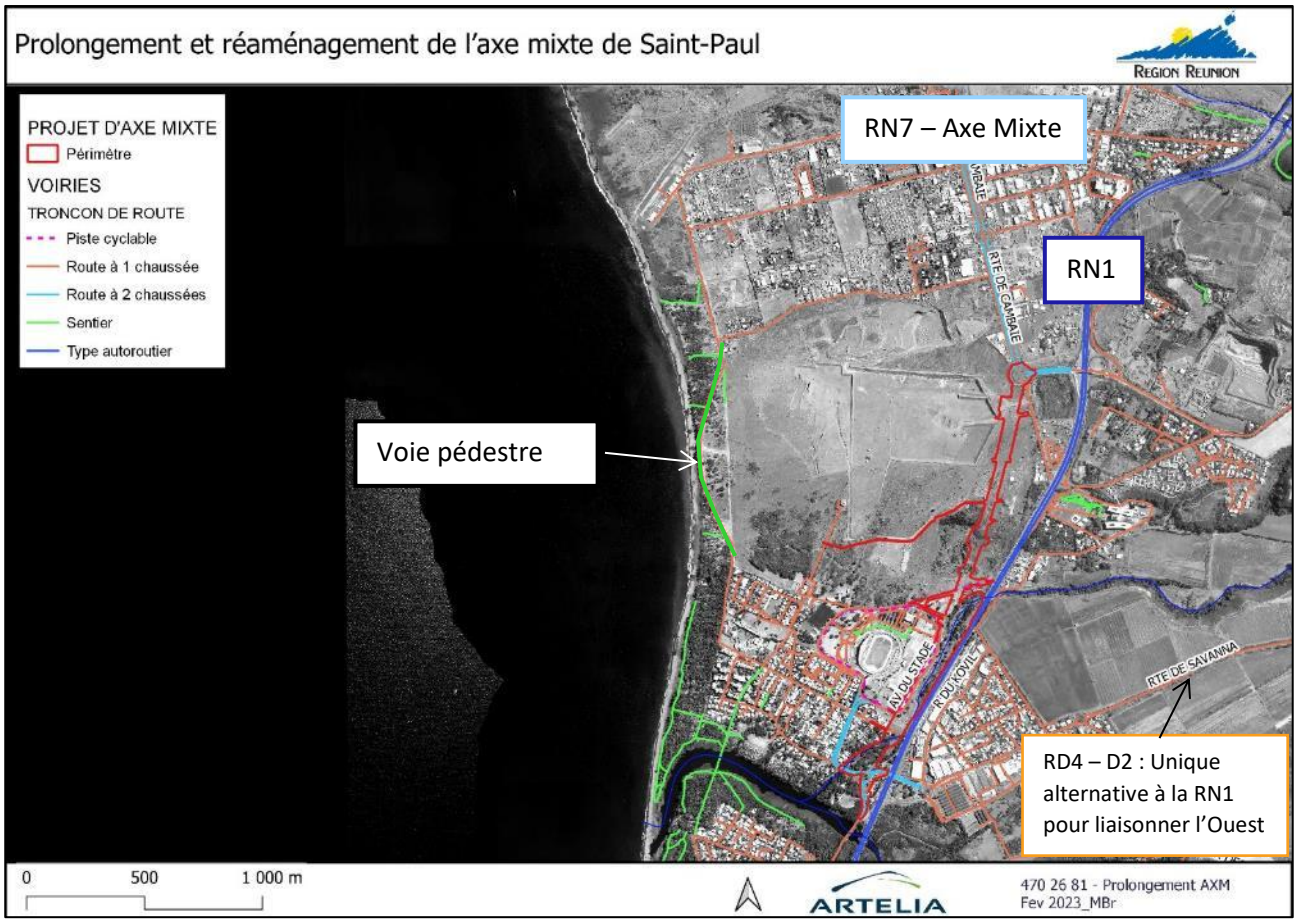
4.3.4 Mobilité – Trafic

Les habitants de l'Ouest vivent en majorité dans des zones dénuées de grands équipements, de grands lieux d'emploi, de grands foyers de vie urbaine. Dans le Cœur d'agglomération et le littoral balnéaire se concentre les activités économiques et commerciales et en haut la majorité de l'habitat et l'agriculture.

Ce déséquilibre entre les hauts et les bas contribue aux dysfonctionnements de circulation du secteur élargie et cette situation va en s'accentuant avec l'urbanisation essentiellement résidentielle des Mi-Pentes et Hauts.

4.3.4.1 Description des voies existantes

Le site d'étude ne bénéficie pas aujourd'hui d'un maillage viaire. Il n'existe aucune continuité viaire entre le Nord avec l'axe mixte qui se prolonge par une voie communale en impasse et le sud avec également une voie communale en impasse au droit du cinéma de Cambaie (avenue du stade).



Cette absence de continuité est soulignée par le Schéma Régional des Infrastructures et des Transports (SRIT) qui décrit le tronçon entre la rivière des Galets (Le Port) et l'entrée Nord de Saint-Paul comme saturé, particulièrement entre l'échangeur avec la N7 (axe mixte) et l'échangeur avec la RD4.

Pour figurer cette situation, Artelia a modélisé la situation actuelle.

4.3.4.2 Trafic dans la situation actuelle

La situation actuelle de la mobilité est présentée à l'échelle du cœur d'agglomération.

Données d'entrée

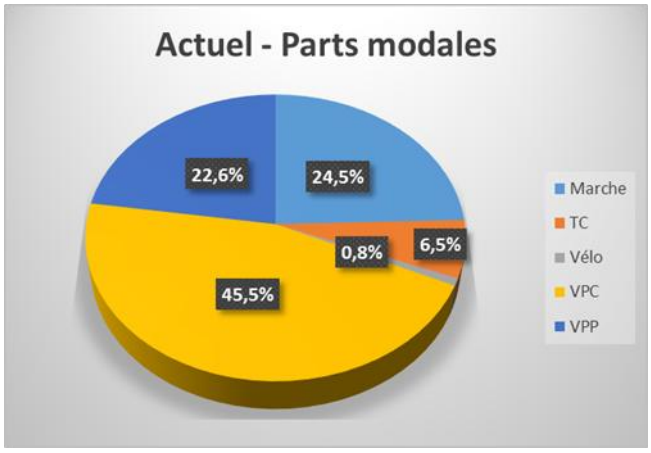
Différents types de données d'entrée ont été utilisées pour créer le modèle de trafic sur le cœur d'agglomération, à travers trois usages principaux :

- Coder le réseau routier et caler les déplacements VP
    - Le plan de circulation des centres-villes du Port, de la Possession et de Saint-Paul ;
    - Les comptages routiers déjà présents au sein du modèle régional : 74 points de comptages sur le secteur d'étude. Ces comptages sont essentiellement localisés sur le réseau primaire ;
    - 96 points de comptages ont été ajoutés sur le secteur d'étude lors de l'étude RRTG Ouest. Ces comptages fournissent des données sur le réseau plus local, complètent les comptages initiaux, et les mettent à jour en cas de donnée plus récente.
    - Ainsi les 170 points de comptages intégrés au modèle sont décrits suffisants pour avoir un calage satisfaisant sur l'ensemble du réseau considéré.
- Coder les réseaux de transports en commun et caler les déplacements TC
    - Tracés actuels des lignes de bus Kar'Ouest et Car Jaune, arrêts desservis, fiches horaires des lignes, afin de vérifier le codage des deux réseaux.
    - Données de fréquentation des lignes Car Jaune.
- Comprendre les déplacements de l'île
    - L'Enquête Déplacements Grand Territoire réalisée en 2016 à la Réunion qui a permis de comprendre et quantifier les déplacements entre les territoires, de détailler les modes utilisés, les motifs de déplacements, et de manière générale de croiser socioéconomie et mobilité à l'échelle de l'île.
    - Des données socioéconomiques actuelles et prospectives fournies par l'INSEE, afin de mettre à jour ou de confirmer l'évolution tendancielle des déplacements.

Résultats

- La répartition modale

La répartition modale est la suivante en situation actuelle :



Il s'agit de la part modale moyennée sur les heures de pointe du matin et du soir. Dans la suite, sont comparés uniquement les résultats de parts modales obtenues aux heures de pointe.

La voiture est le mode le plus utilisé avec 68,1% (somme de VPP et VPC) contre seulement 6,5% d'utilisation des transports en commun sur le secteur étudié (limité aux communes de St Paul, Le Port et La Possession).

Nota : VPP = Véhicule Personnel Passager / VPC = Véhicule Personnel Conducteur

- Les origines déplacements

En situation actuelle, les principales relations OD ont lieu entre :

- Le Nord et le Sud du territoire ce qui correspond au trafic de transit : ce trafic utilise exclusivement la RN1

- le Nord du territoire (Saint Denis…) et les villes du Port et de La Possession.

- Le Sud du territoire et le centre-ville de Saint-Paul et de Saint-Gilles-les-Bains.

Les relations entre Les Hauts et Les Bas sont nombreuses mais n'apparaissent pas dans les 50 relations OD les plus importantes en raison de la dispersion de ces trafics sur de nombreuses zones.

- Résultats sur le réseau routier
    - À l'heure de pointe du matin

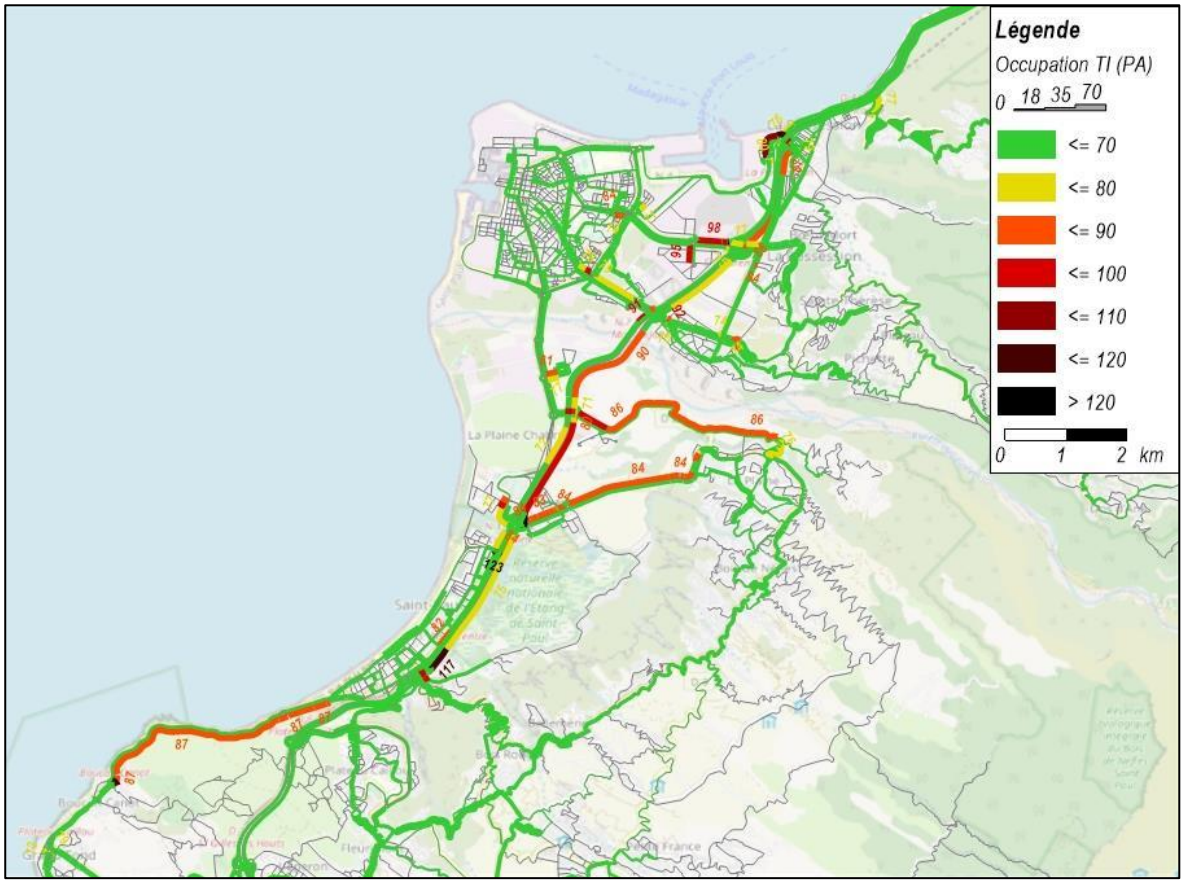


Figure 75 Taux d'occupation à l'HPM en situation actuelle

Comme attendu, les axes structurants sont les plus chargés le matin :

- La RN1 avec jusqu'à 3900 véh/h sur sa portion la plus chargée, entre les échangeurs de Cambaie et Savanna (sens S-N) ;
- La RN7 avec environ 1400 véh/h entre Le Port et l'échangeur de Cambaie, en direction du Port ;
- Les RD2 et RD4 entre les hauts et les bas de Saint-Paul et Le Port avec 850 véh/h dans le sens descendant ;
- La RN1A sur le littoral au sud de Saint-Paul, avec jusqu'à 1000 véh/h entrants au centre-ville de Saint-Paul.

Les principaux points de saturation sont :

- La RN1, en particulier dans le sens Sud-Nord, entre le centre-ville de Saint-Paul et l'échangeur Sacré Cœur ;
- Les bretelles des échangeurs Sacré Cœur, Sainte-Thérèse et La Possession ;
- La RN1001 après l'échangeur de Sainte-Thérèse ;
- La RN1A en entrée sud du centre-ville de Saint-Paul.

- À l'heure de pointe du soir

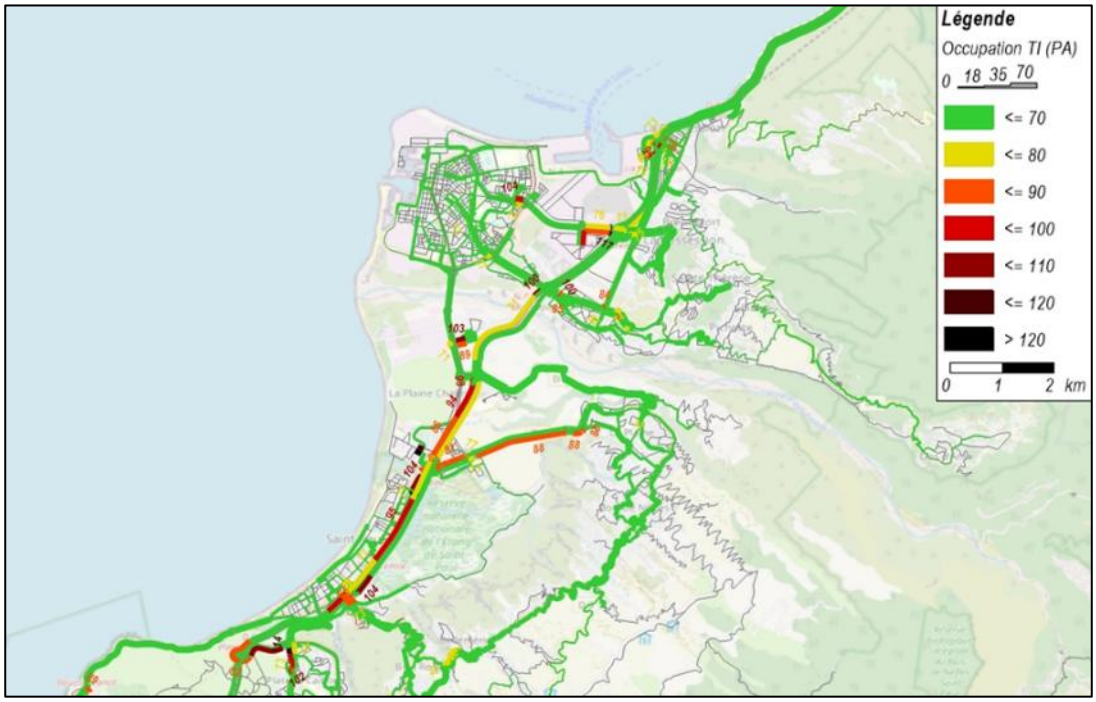


Figure 76 Taux d'occupation à l'HPS en situation actuelle

Comme à l'heure de pointe du matin, on retrouve les mêmes axes structurants parmi les plus chargés à l'heure de pointe du soir :

- La RN1 avec jusqu'à 3800 véh/h sur sa portion la plus chargée, entre les échangeurs de Cambaie et Savanna (sens N-S) ;
- La RN7 avec environ 1350 véh/h sortant du Port vers l'échangeur de Cambaie ;
- Les RD4 entre les hauts et les bas de Saint-Paul et Le Port avec 880 véh/h dans le sens montant.

Les principaux points de saturation sont :

- La RN1, en particulier dans le sens Nord-Sud, entre l'échangeur de Cambaie et le centre-ville de Saint-Paul avec des taux d'occupation >100% (jusqu'à 114%) ;
- La RN1001 en direction de l'échangeur de Sainte-Thérèse ;
- La RD4 en montant vers les hauts.

→ Les enjeux liés aux déplacements VP sont forts

4.3.4.3 Transport en commun

L'offre transports en commun sur la zone est distinguée selon les deux Autorités Organisatrices Transports (AOT) présentes, assurant deux échelles de transports en commun :

Le TO pour les liaisons intra-agglomération et communales grâce au réseau « Kar'Ouest ;

Sur l'Axe Mixte existant (RN7), la ligne LIT1 assure une fréquence de passage d'environ 4-5 bus/heures, et la ligne 10 assure une fréquence de passage d'environ 1 bus/heure.

Sur la RN1 entre les échangeurs de Cambaie et Savanna, la fréquence de passage est d'environ 4 à 5 passages par heures, toutes lignes confondues.

Le Conseil Régional pour les liaisons régionales et intercommunales « Cars Jaunes ». Le réseau Cars Jaunes dessert :

- la RN1 entre Savanna et Cambaie de l'ordre de 4 à 5 passages / heure toutes lignes confondues :

- ligne 02 Saint Pierre Saint Denis ;
- ligne 04 Saint Paul Saint Denis.

- la RN7 entre Cambaie et Le Port (= Axe Mixte existant) de l'ordre de 2 passages / heure toutes lignes confondues :
  - ligne 01 Saint Pierre Saint Denis *express* ;
  - ligne 03 Saint Paul Saint Denis *express.*

Les transports en commun représentent une part modale sur le cœur d'agglomération de 6,5%.

Figure 77 Offre 2018 de transport en commun

Le TO prévoit dans son Plan de Déplacement Urbain (PDU) de passer de 7% à 16% de part modale en transport en commun, correspondant à un triplement de la fréquentation des transports en commun d'ici 30 ans.

→ Les enjeux liés aux déplacements TC sont forts

4.3.4.4 Les liaisons de mobilités actives

Des sentiers exclusivement réservés aux cycles et aux piétons sont présents sur le site d'étude. Les autres voies internes au site d'étude sont par ailleurs équipées de trottoirs.

Ils sont présentés ci-après :

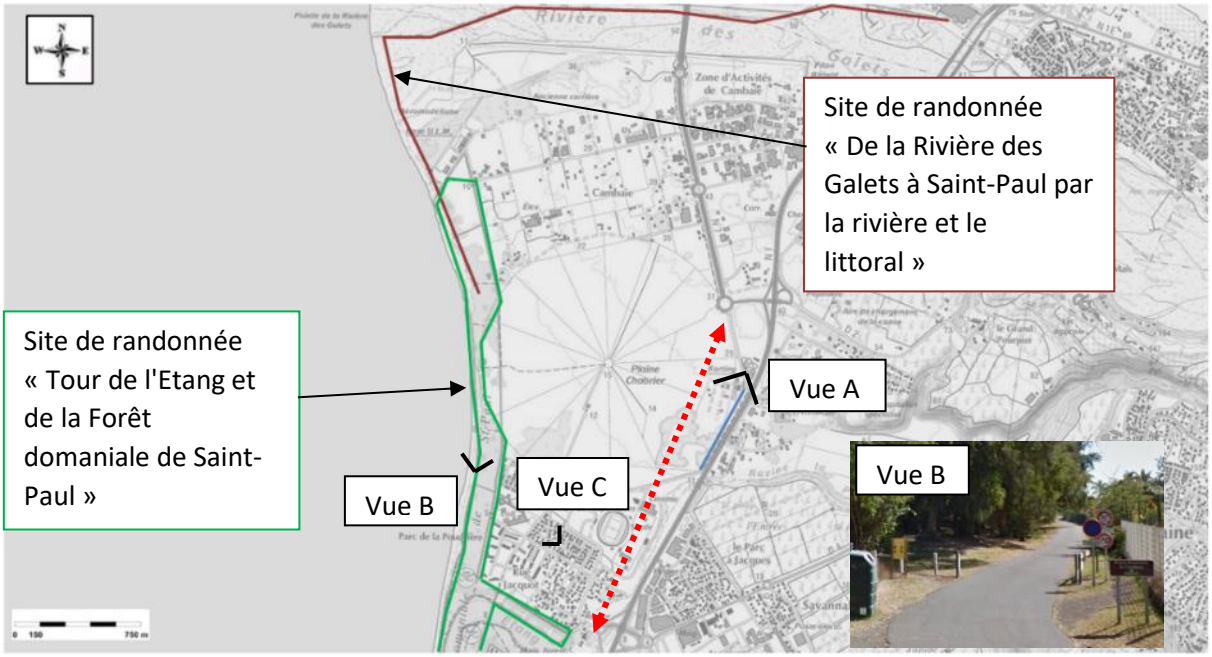


Figure 78 Les liaisons de mobilité actives du secteur d'étude

Une randonnée dénommée « Tour de l'Etang et de la Forêt domaniale de Saint-Paul » est recensée par le site de randonnées RANDOPITON en bordure du site en projet.

Une piste cyclable a été inaugurée en fin d'année 2018 dans la forêt ONF. Elle assure la liaison entre la gendarmerie de l'Étang et la barrière de Cambaie, juste avant d'arriver à la Base ULM. Cette voie verte goudronnée est exclusivement réservée aux modes de déplacement doux. Cette partie d'axe fait partie du Plan régional vélo (PRV).

Rappelons qu'à l'échelle du cœur d'agglomération, la marche représente une part modale tout à fait importante avec 24.5%.

→ Enjeu fort.

4.3.5 Qualité de l'air

4.3.5.1 Origine des polluants

Les origines des polluants émis dans l'atmosphère peuvent être naturelles (éruption volcanique, incendies de forêts…) ou anthropiques. Les émissions liées aux activités humaines proviennent principalement du transport (poussières, oxydes d'azote, monoxyde de carbone), des industries (dioxyde de souffre, métaux, composés organiques volatils, etc.) mais également de l'agriculture et des activités domestiques.

La principale pollution concernant la zone est la poussière des installations et des exploitations de carrières voisines. Cette observation est d'autant plus importante que le secteur présente un taux d'humidité et une pluviométrie très faibles, favorisant le soulèvement des poussières générées par les activités.

4.3.5.2 Surveillance de la qualité de l'air

L'association agréée de surveillance de la qualité de l'air (AASQA) à La Réunion : l'ORA (Observatoire Réunionnais de l'Air) a en charge de la surveillance de la qualité de l'air sur la région. Elle dispose de 17 stations fixes de surveillance installées sur toute l'île.

La surveillance réglementaire est menée selon un découpage territorial en zones à risques (ZAR) qui sont des zones présentant un risque spécifique et relativement homogène pour la qualité de l'air conformément à l'article 5 de l'arrêté du 19 avril 2017. Pour La Réunion, 3 zones sont retenues dans l'arrêté du 26 décembre 2016 relatif au découpage des régions en zones administratives de surveillance de la qualité de l'air ambiant :

- **Zones à Risque Urbaine (ZAR) :** unités urbaines entre 50 000 et 250 000 habitants ;
- **Zones à Risque Volcanique (ZARV) :** zone influencée par les retombées du panache volcanique lors d'éruptions ;
- **Zones Régionales (ZR) :** zone couvrant le reste du territoire.

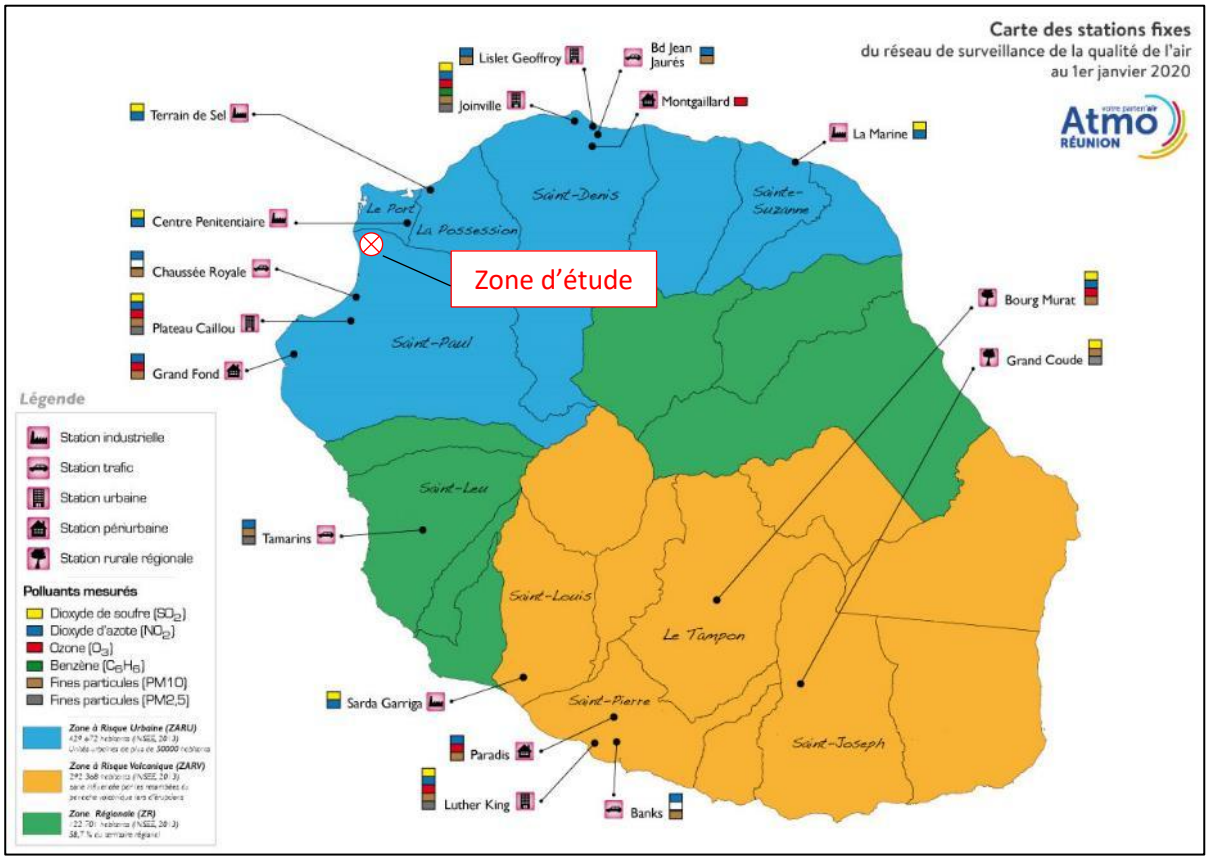


Figure 79 – Carte des stations fixes de surveillance de la qualité de l'air (Source : ORA)

Les stations les plus proches du site d'étude sont situées sur la commune de Saint-Paul en zone à risque urbaine (ZARU). La qualité de l'air sur la commune selon les rapports suivants de l'ORA :

- Bilan de la campagne de surveillance des concentrations en dioxyde de soufre, dioxyde d'azote et benzène à l'aide de tubes à échantillonnage passif sur la route de Cambaie en septembre. 2007 ;
- Evaluation de la qualité de l'air sur le territoire de la côte Ouest, 2011 ;
- Bilan de la surveillance des pollens et des spores atmosphériques sur les communes de Saint-Denis et de Saint-Paul, 2012 ;
- Bilan 2000-2013 de la qualité de l'air sur les communes de Le Port, La Possession, Saint-Paul ; 2014.

Les polluants mesurés sur les stations sont les suivants :

Tableau 16 – Description des polluants surveillés (source : ORA)

Polluant	Origine
DIOXYDE DE SOUFRE (SO_2)	**Origine anthropique :** émission de dioxyde de souffre lors de combustibles fossiles (fioul, charbon, lignite, gazole…) contenant du soufre ; **Origine naturelle :** émission des composés soufrés lors d'éruption de volcans…
DIOXYDE D'AZOTE (NO_2)	Les oxydes d'azote (NOx) regroupent notamment le monoxyde d'azote (NO_2) Ils proviennent essentiellement de la combustion de combustibles fossiles. Le monoxyde d'azote (NO) rejeté par les pots d'échappement s'oxyde dans l'air et se transforme en dioxyde d'azote (NO_2) mais une partie du dioxyde d'azote est également émise telle quelle dans l'atmosphère.
MONOXYDE DE CARBONE (CO)	Le monoxyde de carbone (CO) prévient du mauvais fonctionnement des appareils de chauffage et des émissions du trafic automobile. Des taux importants de CO peuvent être émis quand un moteur tourne au ralenti dans un espace clos (garage) ou en cas d'embouteillages dans des espaces couverts (tunnels), ainsi qu'en cas de mauvais fonctionnement d'un appareil de chauffage domestique.
PARTICULES FINES(PM10)	**Origine anthropique :** combustions industrielles ou domestiques transport routier (principalement par le diesel) ; **Origine naturelle :** volcanisme, érosion, embruns marins… **Classées en fonction de leur taille :** **PM10 :** Particules de diamètre ≤ 10 µm (retenues au niveau du nez et des voies aériennes supérieures)

Le calcul des indices de l'air est défini par l'arrêté ministériel du 22 juillet 2004, entrée en vigueur du 1er janvier 2005, abrogeant les arrêtés du 10 janvier 2000 et du 25 juillet 2001.

Dans les agglomérations de plus de 100 000 habitants, le calcul de cet indice de la qualité de l'air est une obligation réglementaire, l'indice s'appelle « indice ATMO ». L'indice ATMO permet d'évaluer la qualité de l'air. Son échelle varie de 1 (très bon) à 10 (très mauvais). L'indice ATMO est le seul indice utilisé sur l'île de La Réunion.

Le calcul de l'indice ATMO fait intervenir quatre polluants : le dioxyde de soufre (SO_2), le dioxyde d'azote (NO_2), l'ozone (O_3) et les particules de suspension d'un diamètre inférieur à 10 microns (PM10).

A La Réunion, selon l'ORA, la qualité de l'air est classée dans la tranche de niveaux 1 « Très Bon » à 4 « Bon ».

Sur Saint-Paul, la qualité de l'air est bonne malgré le trafic routier et les activités industrielles.

→ Enjeu faible

4.3.5.3 Campagnes de mesures de la qualité de l'air

Afin de mieux rendre compte de la qualité de l'air sur le secteur d'étude, une campagne de mesures in-situ a été réalisée à l'aide d'échantillonneurs passifs du NO2, ce polluant étant le plus représentatif de la pollution atmosphérique liée à la circulation routière et du benzène. La campagne s'est déroulée entre le jeudi 09 et le jeudi 30 Juin 2022.

4.3.5.3.1 Localisation des points de mesures

Le choix des stations de mesures a été effectué de manière à obtenir des valeurs représentatives de la qualité de l'air du site. Le positionnement tient compte des aspects environnementaux du site (habitations à proximité, direction des vents dominants, etc.).

Le secteur d'étude a été instrumenté de 20 stations de mesure du NO2 et 10 stations de mesure du benzène (voir figure 26).

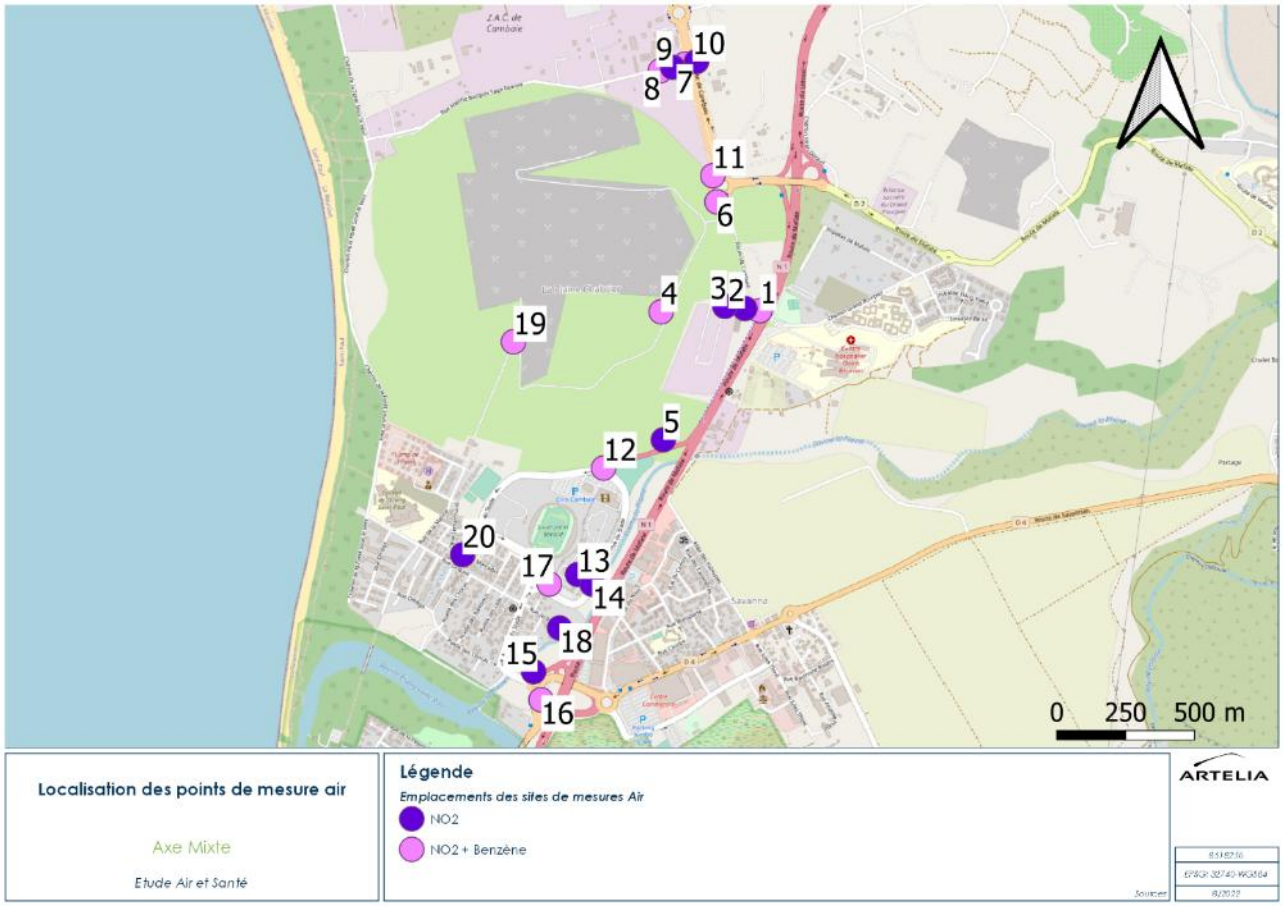


Figure 80 – Localisation des points de mesures air

4.3.5.3.2 Conditions météorologiques pendant la campagne

Les conditions météorologiques influencent le transport, la transformation et la dispersion des polluants, notamment par la direction et la force du vent. L'analyse des conditions météorologiques permet alors de mieux apprécier l'influence de celles-ci sur les teneurs mesurées.

Les conditions météorologiques pendant la période de mesures s'appuient sur les observations (vitesse et direction du vent, hauteur des précipitations, températures) de la station Météo France de La Réunion « Le Port », située à environ 3km au Nord de la zone d'étude.

Elles sont présentées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 17 – Données météorologiques pendant la campagne de mesures du 09 au 30 juin 2022 - Station Météo France de La Réunion – Le Port

JOUR	PRECIPITATIONS (MM)	TEMPERATURES MOYENNES (°C)	VITESSE DU VENT MOYENNE (M/S)
09-juin	0	23,7	2,0
10-juin	0	23,8	1,8

JOUR	PRECIPITATIONS (MM)	TEMPERATURES MOYENNES (°C)	VITESSE DU VENT MOYENNE (M/S)
11-juin	0,4	23,7	2,1
12-juin	0	23,5	2,2
13-juin	0	24,4	1,9
14-juin	1,2	24,2	2,5
15-juin	0	23,9	3,1
16-juin	0	25,4	6,3
17-juin	0	24,7	4,5
18-juin	1,8	22,7	2,1
19-juin	0	23,1	2,9
20-juin	0	22,7	2,4
21-juin	0	22,4	2,8
22-juin	0	22,2	3,0
23-juin	0	22,3	2,6
24-juin	0	22,6	3,1
25-juin	0	22,6	2,8
26-juin	0	23,2	3,8
27-juin	1,4	21,8	2,6
28-juin	0	22,2	2,7
29-juin	0	21,8	2,0
30-juin	0	22,0	2,7

Pour information, il tombe en moyenne 9,8 mm de précipitation pour un mois de juin classique (Source : weatherspark.com). Pendant la campagne, sur une période de 21 jours il est tombé au total 4,8 mm de précipitations.

Concernant les températures, sur la campagne de mesure, la température moyenne était de 23,1 °C, correspondant aux normales saisonnières pour un mois de juin classique (23°C) (Source : weatherspark.com).

Les vents pendant la campagne ont été mesurés par la Station Météo France de La Réunion – Le Port. La rose des vents présente une direction principale des vents provenant du secteur Sud-Est dans une proportion de 45% par rapport à l'ensemble des vents répertoriés pendant la campagne. Par ailleurs, dans une moindre proportion, les vents provenant des directions Sud-Ouest (20%) et Nord-Est (22,3%) ont été mesurés. Les vents étaient globalement des vents moyens (environ 70% des vents). Les vents faibles (vitesse de vent inférieure à 1,5 m/s) ont représenté 15% des vents de l'ensemble de la campagne de mesure. Parmi ces vents faibles, notez que 0,2% des vents étaient stagnants. Enfin, les vents forts (vitesse supérieure à 8 m/s) ont été recensés en provenance des secteurs Nord-Est et Sud-Ouest.

4.3.5.3.3 Résultats de la campagne

Les résultats de la campagne de mesures sont représentatifs de la période d'exposition (soit une période de 21 jours) dont les résultats détaillés sont présentés en Annexe 4. Les concentrations mesurées correspondent à la moyenne des concentrations sur ces périodes avec des conditions météorologiques diverses. Les valeurs obtenues ne sont pas lissées sur l'année et peuvent laisser apparaître des pics de concentrations en cas de conditions météorologiques défavorables pendant la période de mesures (exemple d'un vent orienté vers le capteur).

D'autre part, cette période d'observation ne peut prétendre à une grande représentativité par rapport à la période de référence des seuils examinés (l'année) et tend à relativiser les conclusions.

Le tableau ci-après présente les moyennes de concentration en polluants relevées sur chaque site.

Tableau 18 – Concentrations moyennes en NO_2 et benzène relevée pendant la campagne de mesures

Point de mesure	Type de station	Concentration en NO_2 (µg/m³)	Concentration en Benzène (µg/m³)
1	Proximité routière – demi transect RN1	31,5	0,4
2	Proximité routière – demi transect RN1	23,4	-
3	Fond urbain – demi transect RN1	19,0	-
4	Fond urbain	14,3	0,4
5	Proximité routière	23,4	-
6	Proximité routière	28,0	0,4
7	Proximité routière – demi transect route de Cambaie	29,5	0,8
8	Proximité routière – demi transect route de Cambaie	23,4	0,5
9	Proximité routière – demi transect route de Cambaie	Echantillonneur non retrouvé sur site	-
10	Proximité routière – demi transect route de Cambaie	23,9	-
11	Proximité routière	30,5	0,9
12	Proximité routière	20,2	0,5
13	Fond urbain	23,1	-
14	Proximité routière	26,2	-
15	Proximité routière	41,5	-
16	Proximité routière	43,8	1,0
17	Proximité routière	23,1	0,6
18	Proximité routière	23,7	-
19	Fond urbain	12,2	0,3
20	Fond urbain	16,3	-

Les concentrations en benzène sont faibles et bien en dessous du seuil réglementaire de 2 µg/m³. Elles sont peu variables selon les points (0,3 à 1,0 µg/m³).

Concernant le dioxyde d'azote, excepté pour les capteurs 15 et 16 situés à proximité de l'échangeur de la RN1 au sud (échangeur Savanna) dont les concentrations moyennes de NO_2 pendant la campagne ont été respectivement de 41,5 et 43,8 µg/m³, la majorité des capteurs de l'ensemble de la zone d'étude a mesuré des concentrations en NO_2 en dessous du seuil réglementaire fixé dans la réglementation à 40 µg/m³. En situation de fond urbain, la moyenne des concentrations de l'ensemble des capteurs est de 17 µg/m³ et ne respectent donc pas le niveau recommandé par l'OMS en moyenne annuelle pour le NO_2 (10µg/m3).

Par ailleurs, les niveaux maximaux en NO_2 sont mesurés près des axes où le trafic est plus important, notamment au niveau de la RN1 mais aussi des échangeurs.

A l'inverse, les points les plus éloignés de l'infrastructure affichent des concentrations plus faibles, l'influence de la voirie devenant négligeable à une certaine distance. Les concentrations minimales sont observées sur les tronçons piétonniers à l'écart de toute source routière et sur les tronçons avec un très faible trafic routier.

La figure ci-après présente les moyennes des concentrations relevées sur chaque site pendant la période de mesures.

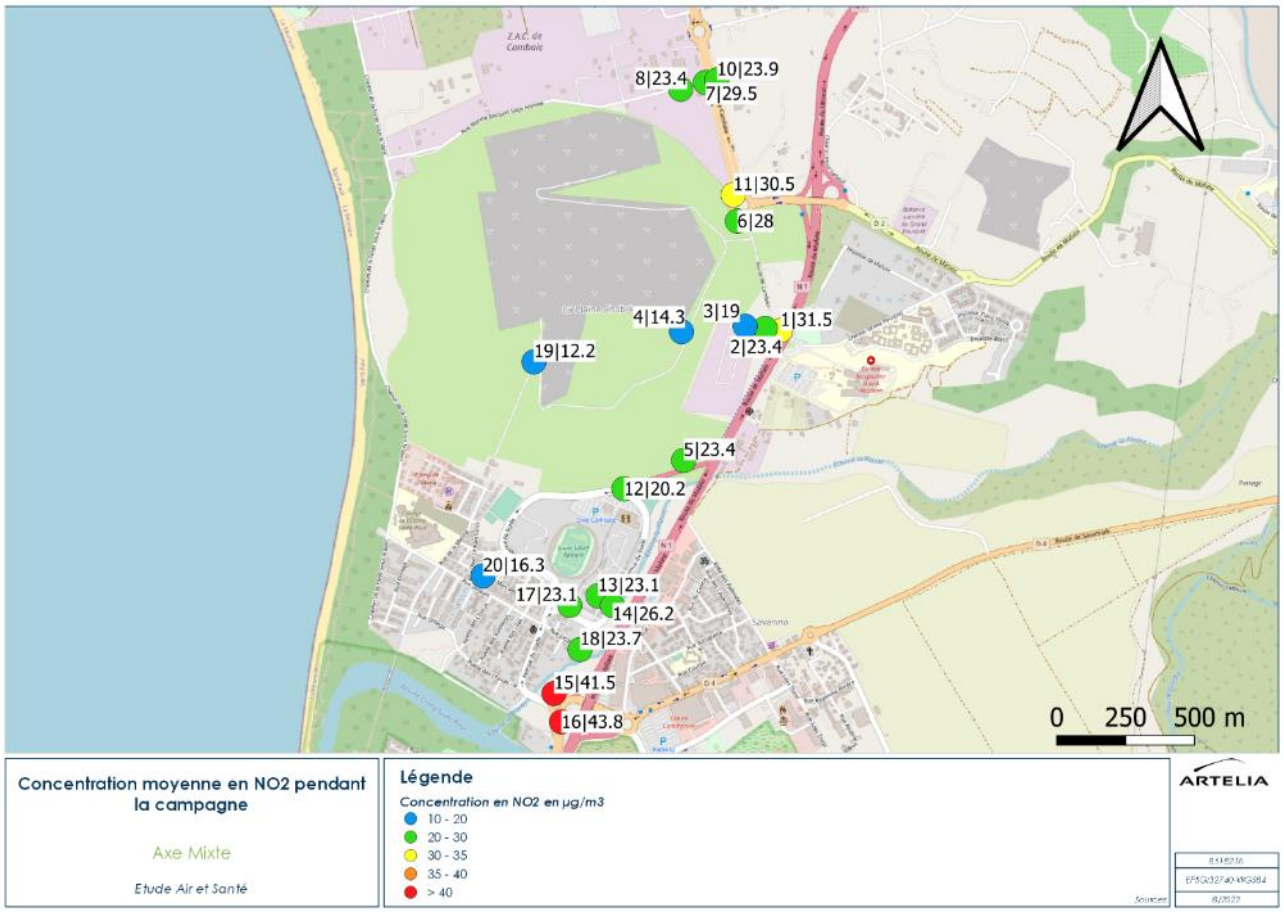


Figure 81 –Concentrations moyennes en NO2 (en µg/m3) relevées pendant la campagne de mesures du 09 au 30 juin 2022

4.3.5.3.4 Comparaison avec les mesures d'ATMO Réunion

Les stations de mesures d'ATMO Réunion les plus proches de la zone d'étude mesurant le dioxyde d'azote sont la station industrielle Centre pénitentiaire sur la commune du Port à un peu plus de 3km au nord-est du site et la station de fond urbaine Plateau Caillou sur la commune de Saint-Paul à 5 km au sud du site. Si ces stations ne sont pas représentatives de la qualité de l'air de la zone d'étude du fait de leur typologie (pour la station industrielle) ou de leur éloignement (pour la station de fond urbaine), il est intéressant de comparer sur ces stations, les concentrations mesurées pendant la campagne et les concentrations moyennes annuelles afin d'apprécier la représentativité des mesures. Le tableau suivant présente les concentrations mesurées sur ces stations pendant la période de la campagne mais également sur la période 2014-2019.

Tableau 19 – Concentrations en moyennes annuelles de NO2 (µg/m3) pour la période 2014-2019 (Stations : Centre pénitentiaire et Plateau Caillou) et comparaison aux valeurs de concentrations obtenues pendant la campagne sur ces mêmes stations.

Station	Concentrations en NO2 (µg/m³) mesurées						
	09 au 30 Juin 2022	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Centre pénitentiaire (industrielle)	15	N/A	15	14	14	13	14
Plateau Caillou (fond urbaine)	10	7	10	10	10	9	9

Aussi, pendant la campagne, les stations ont relevé des niveaux moyens sensiblement identiques à ceux relevés en moyenne annuelle sur les années 2014-2019. Les niveaux relevés pendant la campagne peuvent être considérés comme représentatifs des concentrations moyennes annuelles.

Globalement, la campagne de mesures a montré une qualité de l'air plutôt bonne sur le secteur d'étude avec des niveaux de concentration en NO_2 en dessous de la valeur limite de 40 µg/m^3 définie dans la réglementation. Par ailleurs,

les niveaux de fond relevés sur le site sont proches de ceux observés sur la station industrielle du centre pénitentiaire et un peu plus élevés que ceux observés sur la station de fond urbaine Plateau Caillou.

4.3.5.3.5 Comparaison avec la campagne de mesures de septembre 2020 dans le cadre de l'étude d'impact de la ZAC Cambaie

Une campagne de mesure a été effectuée dans la zone d'étude du 1er au 15 septembre 2020 dans le cadre du projet de création de la ZAC Cambaie. La figure suivante présente les concentrations relevées pendant la campagne de 2020.

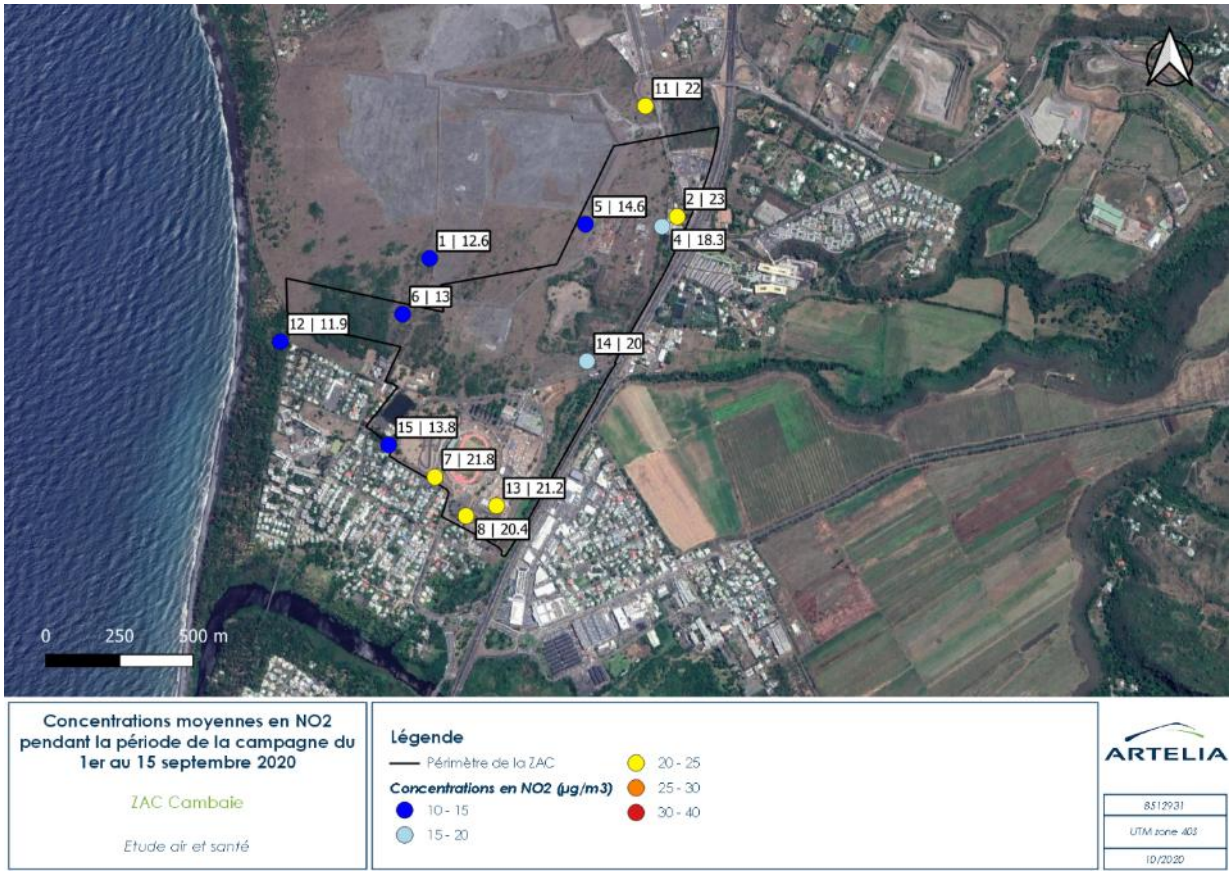


Figure 82 – Concentrations moyennes en NO2 (µg/m3) obtenus dans le cadre de l'étude de la ZAC Cambaie

La campagne de 2020 avait mesuré en moyenne une concentration de 13,2 µg/m^3. Pendant la campagne de mesure de 2022, la moyenne de concentrations en NO_2 des capteurs a été de 16,5 µg/m^3, soit 3,3 µg/m^3 de plus que lors de la campagne de 2020.

Lors de la campagne de 2022, plusieurs capteurs ont été positionnés au même endroit que lors de la campagne de 2020. Le tableau suivant compare donc les résultats des concentrations en NO_2 des campagnes de 2020 et 2022 pour les capteurs placés au même endroit.

Tableau 20 – Comparaison des concentrations pendant les campagnes de 2020 et de 2022 pour des capteurs positionnées au même endroit

Point de mesure Campagne 2022	Point de mesure Campagne 2020	Concentration en NO_2 (µg/m^3) - 2022	Concentration en NO_2 (µg/m^3) - 2020	Ecart 2022-2020
2	**2**	23,4	23	0,4
4	**5**	14,3	14,6	-0,3
5	**14**	23,4	20	3,4
6	**11**	28	22	6
17	**8**	23,1	20,4	2,7

Point de mesure Campagne 2022	Point de mesure Campagne 2020	Concentration en NO_2 (µg/m³) - 2022	Concentration en NO_2 (µg/m³) - 2020	Ecart 2022-2020
19	**6**	12,2	13	-0,8

Globalement, les valeurs des concentrations en NO_2 ont été légèrement supérieures pendant la campagne de 2022 pour des capteurs positionnés au même endroit que lors de la campagne de 2020, réalisée pendant la période de crise sanitaire du covid-19.

4.3.5.3.6 Conclusion

Sur l'ensemble des tubes posés, 2 capteurs ont relevé une concentration moyenne supérieure aux seuils nationaux fixés à 40 µg/m³. Les concentrations maximales en NO_2 ont été relevées à proximité de la voirie et notamment près de de la RN1 et des échangeurs, tandis que des valeurs minimales de concentrations en NO_2 ont été observées en situation de fond urbain. Concernant les concentrations moyennes de benzène, elles se sont révélées en dessous du seuil fixé à 2 µg/m³ par la réglementation Française, la valeur maximale a été obtenue au niveau du capteur 16 avec une concentration de 1,0 µg/m³.

En comparaison avec la campagne de mesures de 2020, réalisée dans le cadre de l'étude d'impact de la création de la Zac de Cambaie, pour les capteurs positionnés au même endroit, il a été constaté que globalement, les valeurs de concentrations relevées pendant la campagne du 09 au 30 juin 2022 étaient légèrement plus élevées.

Compte-tenu des niveaux de concentration supérieurs aux seuils réglementaires sur seulement 2 stations présentes sur le rond-point de Savanna, ainsi que la légère augmentation des résultats en comparaison de la campagne de 2020 sur 6 points de mesures (imputée peut-être à la baisse de trafic durant la crise sanitaire), le risque actuel pour la santé publique est donc considéré comme modéré.

→ Enjeu modéré

4.3.6 Environnement sonore

Les émissions de bruit à l'état initial sur la zone d'étude sont celles causées principalement par le trafic des véhicules.

4.3.6.1 Classement des infrastructures de transport existantes

L'arrêté n°2014-3751/SG/DRCTCV du 16 Juin 2014 portant révision du classement sonore des infrastructures de transports terrestres sur le territoire de la commune de Saint-Paul permet de fixer le classement sonore des infrastructures.

Les secteurs affectés par le bruit tels que désignés par l'arrêté préfectoral sur le classement sonore des infrastructures de transport terrestre sont présentés sur la figure suivante et classé dans le tableau ci-dessous.

Tableau 21 - Classement sonore dans la zone d'étude

Infrastructures	Catégorie	Largeur des secteurs affectés par le bruit
RN1	1	300 m
RN1A	3	100 m
	4	30 m
RD2	3	100 m
RD4	3	100 m
RN7	2	250 m

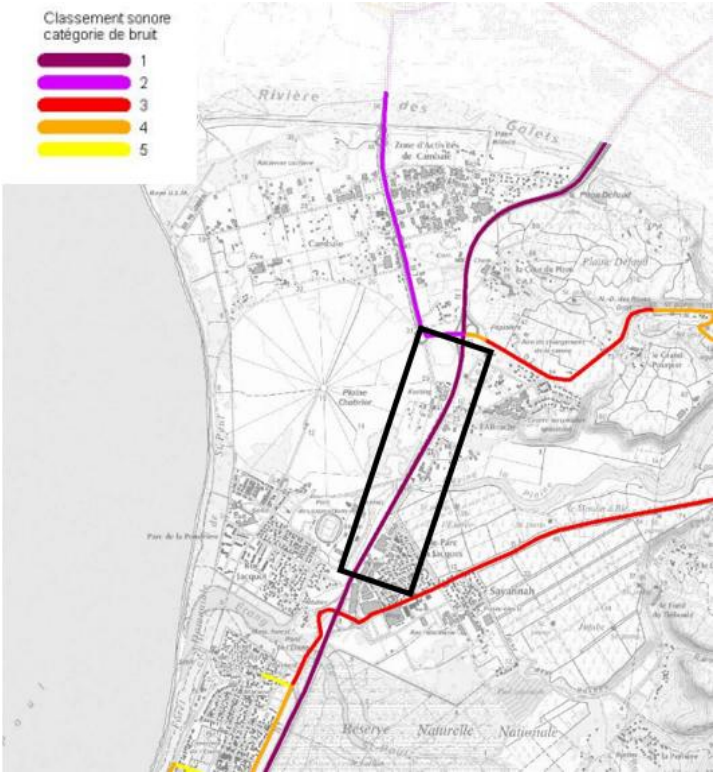


Figure 83 - Secteurs affectés par le bruit tels que désignés par l'arrêté préfectoral sur le classement sonore des infrastructures routières (Source : http://administration.reunion.gouv.fr) Remarque : La zone du projet est représentée par le rectangle noir

4.3.6.2 Cartes stratégiques du bruits (CSB) et Plan de prévention du bruit dans l'environnement (PPBE)

Le Plan de Prévention du Bruit dans l'environnement (PPBE) des grandes infrastructures de transports terrestres de l'État pour l'île de la Réunion a été approuvé le 8 avril 2022 (Source : regionreunion.com).

Ce PPBE concerne un linéaire de 78 kilomètres :

- N1A : Saint-Paul, Trois-Bassins, Saint-Leu
- N1C : Saint-Louis,
- N1E : Le Port, La Possession,
- N2 : Saint-Benoît,
- N3 : Saint-Benoît, La Plaine des Palmistes,
- N4A : Le Port,
- N5 : Saint-Louis,
- N2001 : Étang-Salé, Saint-Louis,
- N2002 : Saint-Benoît.

Le PPBE est établi sur la base des cartes stratégiques du bruit. Dans le secteur d'étude, seule la RN1 est concernée par ces cartes stratégiques du bruit.

Les cartes ci-après présentent :

- Les cartes de type A (zones exposées au bruit à l'aide de courbes isophones pour les indicateurs Lden et Lnight) de la RN1,

- Les cartes de type C (les zones où les valeurs limites sont dépassées à l'aide courbes isophones pour les indicateurs Lden et Lnight) de la RN1.

Remarque : La zone du projet est représentée par un rectangle noir

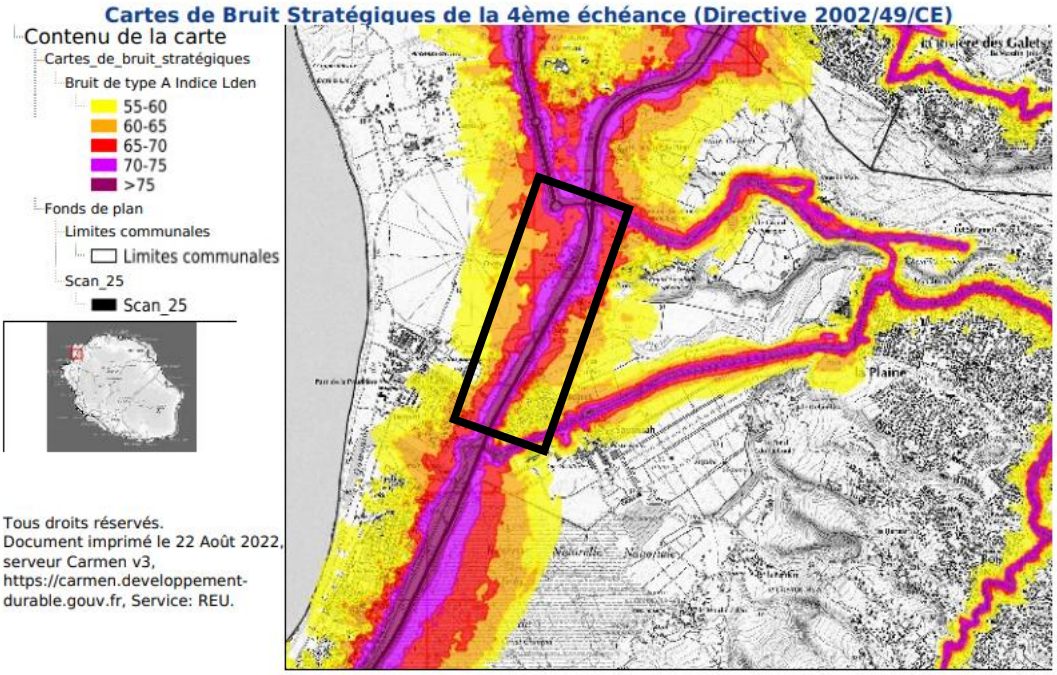


Figure 84 - Carte de bruit stratégique type A - Lden

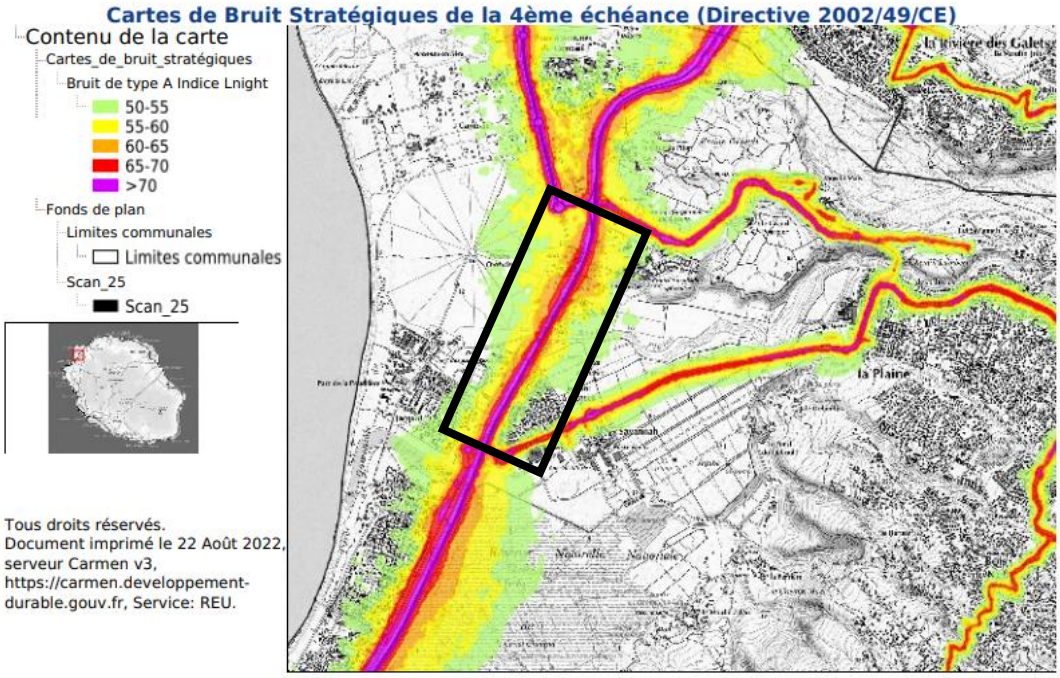


Figure 85 - Carte de bruit stratégique type A – Lnight

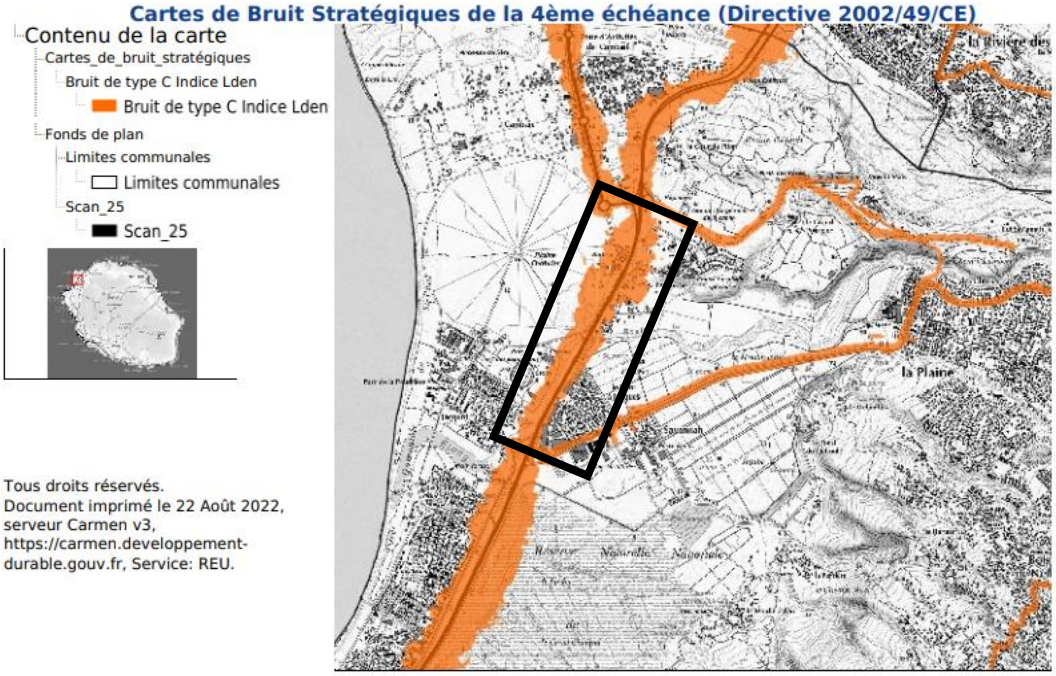


Figure 86 - Carte de bruit stratégique type C – Lden

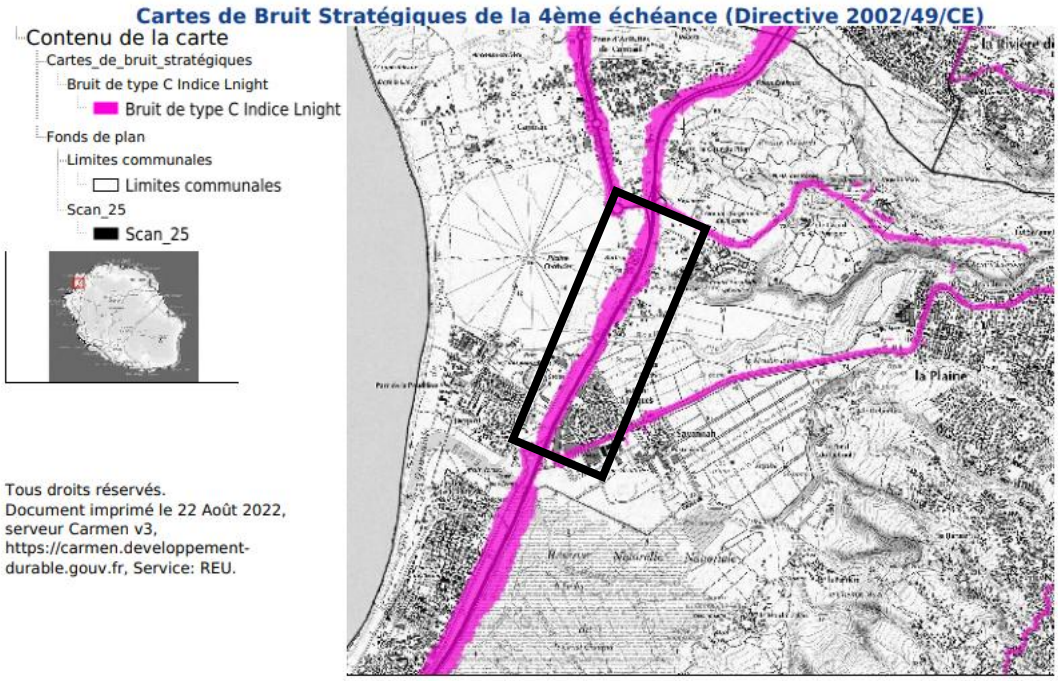


Figure 87 - Carte de bruit stratégique type C - Lnight

4.3.6.3 Caractérisation de l'état initial par des mesures in-situ

Des mesures de constat ont été réalisées. Ces mesures ont pour objectif la définition de la situation actuelle. Les acquisitions ont concerné trois mesures de longue durée (24h), appelées points fixes et couvrant les deux périodes de référence jour (6h-22h) et nuit (22h-6h). Les différentes périodes de mesures sont décrites ci-dessous.

- PF1 : Du 13 juin à 14h59 au 14 juin à 14h59
- PF2 : Du 16 juin à 11h31 au 17 juin à 11h31
- PF3 : Du 09 juin à 14h10 au 10 juin à 14h10

Pendant cette campagne, des comptages routiers ont par ailleurs été mis en place sur la RN1.

La méthodologie des mesures est conforme à celle décrite dans les normes NFS 31-010 relative aux mesures de bruit dans l'environnement, NFS 31-085 relative au mesurage du bruit routier et NFS 31-088 relative au mesurage du bruit ferroviaire. Les mesures effectuées sont qualifiées de mesures de constat, c'est-à-dire qu'elles permettent de relever le niveau de bruit ambiant en un lieu donné, dans un état donné et à un moment donné. Les résultats détaillés sont présentés en Annexe 3 de l'étude bruit en annexe.

La figure et le tableau ci-après récapitulent les résultats des mesures.

Tableau 22 – Résultats des mesures

Station	Localisation	LAeq jour en dB(A)	LAeq nuit en dB(A)	Différence Jour – Nuit en dB(A)
PF1	Rue Jacquot	61	57	4
PF2	Enceinte du poste de refoulement de la CREOLE	68	59.5	8.5
PF3	Carrière SBTPC sur le site de l'ancienne antenne Oméga	56.5	50	6.5

Figure 88 – Résultats des mesures

La campagne de mesure a permis d'établir les niveaux de bruit dans le secteur du projet, et en particulier à proximité de la route nationale 1.

Les différents points fixes : PF1, PF2 et PF3 sont tous influencés par le trafic de la nationale. Toutefois, l'influence de la RN1 sur le point fixe PF3 est moindre, du fait de la distance du point fixe à la voirie (300 mètres).

Pour le point fixe PF1, l'écart des niveaux sonores entre le jour et la nuit est de 4 dB(A). Cet écart est de 8,5 dB(A) pour le point fixe PF2 et de 6,5 dB(A) pour le point PF3.

Pour les points PF1 et PF3, l'ambiance sonore peut être considérée comme modérée de jour comme de nuit, au sens de l'arrêté du 5 mai 1995 et repris dans la circulaire du 12 décembre 1997, les niveaux relevés étant inférieurs à 65 dB(A) de jour et 60 dB(A) de nuit. Cependant, pour le point PF2 situé à une distance approximative de 50 mètres de la RN1, les niveaux relevés de jour sont de 68 dB(A) et de 59,5 dB(A). Sur ce point, l'ambiance sonore peut donc être considérée comme non modérée de jour.

Modélisation de l'état initial

La généralisation de l'état initial par modélisation permet d'affiner le classement de la zone déjà déterminée à la suite de la caractérisation de l'état initial par mesures.

La carte des isophones à l'état initial pour 2022 au sein de la zone d'étude, pour les périodes jour et nuit ainsi que l'évaluation en façade de bâtiment, pour les périodes jour et nuit sont présentées sur les figures ci-après.

Globalement, les résultats de la modélisation montrent une contribution sonore importante au niveau de la RN1 et dans une moindre mesure de la RN7.

Seul un bâtiment, riverain de l'avenue du Stade présente des niveaux en façade de plus de 65 dB(A) de jour (bâtiment 251(1) et 251(2)). En dehors de ce bâtiment, la modélisation montre que la contribution sonore des voiries est inférieure à 65 dB(A) de jour et de 60 dB(A) de nuit en façade des habitations.

La notion d'ambiance sonore modérée est définie par l'article 2 de l'arrêté du 5 mai 1995 et détaillée dans les annexes de la circulaire 97-110 du 12 décembre 1997 relative à la prise en compte du bruit dans la construction de routes nouvelles ou l'aménagement de routes existantes.

L'appréciation de ce critère d'ambiance sonore modérée est recherchée pour des zones homogènes du point de vue de l'occupation des sols et non par façade de bâtiment. Pour ces raisons, l'ambiance sonore est considérée modérée de jour comme de nuit sur l'ensemble du secteur.

Les deux indicateurs LAeq (6h-22h) pour la période jour et LAeq (22h-6h) pour la période nuit sont considérés comme équivalents en termes de gêne aux usagers lorsque l'écart entre le jour et la nuit indique une accalmie de 5 dB(A). Les calculs des niveaux de bruit en façade des bâtiments montrent un écart entre les niveaux de jour et de nuit supérieurs à 5 dB(A). L'indicateur de jour est donc significatif de la gêne engendrée par les axes routiers dans la zone d'étude. C'est cet indicateur qui sera utilisé dans la suite de l'étude.

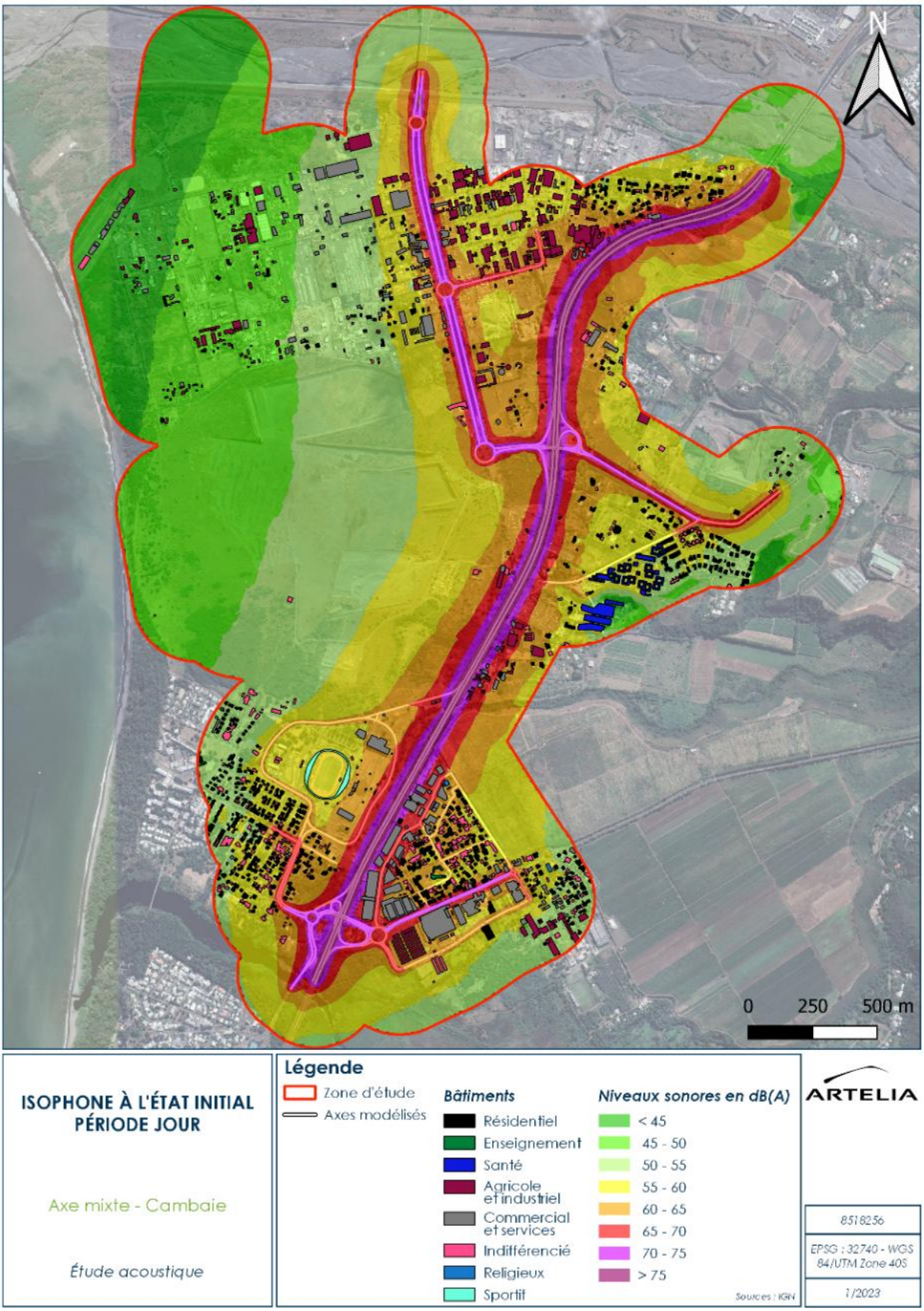


Figure 89 – Carte des isophones à 4 m du sol à l'état initial pour la période jour

Figure 90 Carte des isophones à 4 m du sol à l'état initial pour la période nuit

Figure 91 Évaluation en façade de bâtiment à l'état initial

Tableau 23 Évaluation en façade de bâtiment à l'état initial

ID	X	Y	Étage	Niveaux sonores Jour en dB(A)	Niveaux sonores Nuit en dB(A)
26	322132	7678462.8	Rdc	62	53.7
27	322170.5	7678695	Rdc	62.9	54.6
185	322147.5	7678655.9	Rdc	61.8	53.5
186	322143	7678635.5	Rdc	62.6	54.2
240	322168.6	7678459.9	Rdc	59.8	51.4
241	322224.4	7678580.2	Rdc	60.3	51.7
242	322252	7678457.2	Rdc	64.6	55.6
243	322271.7	7678477.5	Rdc	64.3	55.4
244	322197	7678517.9	Rdc	62.4	54
246	322201	7678440.2	Rdc	63.6	54.9
247	322063.3	7678315.8	Rdc	63.7	55
251(1)	322050.3	7678340.7	Rdc	65.7	56.9
251(2)	322055.9	7678330	Rdc	65.2	56.3
271	322161	7678674.1	Rdc	62.7	54.4
277	322147.4	7678481.4	Rdc	61.8	53.5
422	322131.6	7678618.5	Rdc	63.2	54.4
423	322180.2	7678581.6	Rdc	60.7	52.4
424	322197.9	7678541.2	Rdc	62	53.6
424	322197.9	7678541.2	R+1	63.5	54.8
425	322209.5	7678562.4	Rdc	61.5	53
438	322176.4	7678715.3	Rdc	62.5	54.2
452	322231.9	7678499.7	Rdc	62.8	54.1
453	322208.1	7678608.2	Rdc	60.9	52.5
455	322107.5	7678381.3	Rdc	61.9	53.3
458	322188.6	7678599	Rdc	60.5	52.2
461	322099.1	7678360.5	Rdc	63.5	54.7
462	322233.1	7678596.6	Rdc	61.9	53.2
638	322260.2	7678540.1	Rdc	63.6	54.8
638	322260.2	7678540.1	R+1	64.6	55.3
640	322199.2	7678469.1	Rdc	63.2	54.5
662	322117.4	7678397.1	Rdc	61.1	52.6
663	322152.6	7678524.6	Rdc	61.6	53.4
664	322177.1	7678527.7	Rdc	60.7	52.4
665	322186.3	7678486.4	Rdc	61.8	53.4
669	322229.3	7678515.5	Rdc	63.4	54.6

→ **Enjeu modéré**

4.3.7 Patrimoine

4.3.7.1 Monuments historiques

Selon les informations du service du patrimoine, de l'architecture et de l'urbanisme de la Direction des Affaires Culturelles de l'Océan Indien, le site d'étude se trouve dans les périmètres de protection des 500 m du « Domaine de la Poncetière » et de la « Cheminée le Piton ».

Le domaine de La Poncetière est un domaine inscrit en totalité à l'inventaire supplémentaire des Monuments historiques depuis le 9 janvier 2008.

La cheminée Le Piton est la cheminée d'une ancienne usine sucrière. Située au Piton à Saint-Paul, elle est inscrite en totalité à l'inventaire supplémentaire des Monuments historiques depuis le 2 mai 2002, ainsi que son terrain d'assiette.

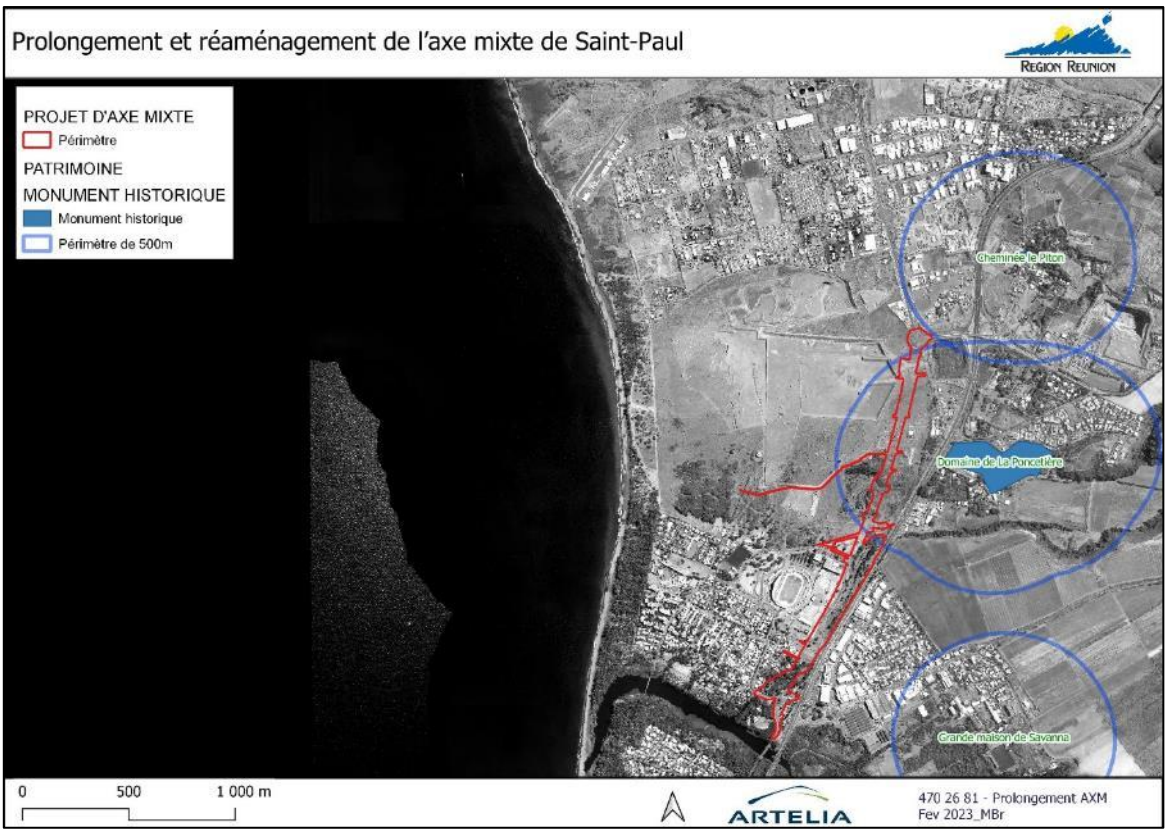


Figure 92 – Situation du projet vis-à-vis du patrimoine historique

4.3.7.2 Sites classés et inscrits

La loi du 2 mai 1930 intégrée depuis dans les articles L.341-1 à L.341-22 du Code de l'Environnement permet de préserver des espaces du territoire français qui présentent un intérêt général du point de vue « scientifique, pittoresque et artistique, historique ou légendaire ». Le classement ou l'inscription d'un site ou d'un monument naturel constitue la reconnaissance officielle de sa qualité et la décision de placer son évolution sous le contrôle et la responsabilité de l'Etat. Ces sites et leurs abords sont protégés.

Il n'y a ni site classé, ni site inscrit dans le secteur d'étude.

4.3.7.2.1 Patrimoine archéologique

Aucun site archéologique n'est recensé sur le territoire. Il n'existe aucune zone de présomption de prescription archéologique dans le périmètre d'étude ou à proximité.

Notons que la Plaine de Cambaie a été traversée jusqu'en 1955 par le chemin de fer côtier de l'île de la Réunion.

4.3.7.2.2 Conclusion

Le site d'étude est concerné par le périmètre de protection de 500 m du domaine de la Poncetière et est situé en limite du périmètre de protection de 500 m de la cheminée Le Piton. Il s'agit de deux monuments historiques inscrits.

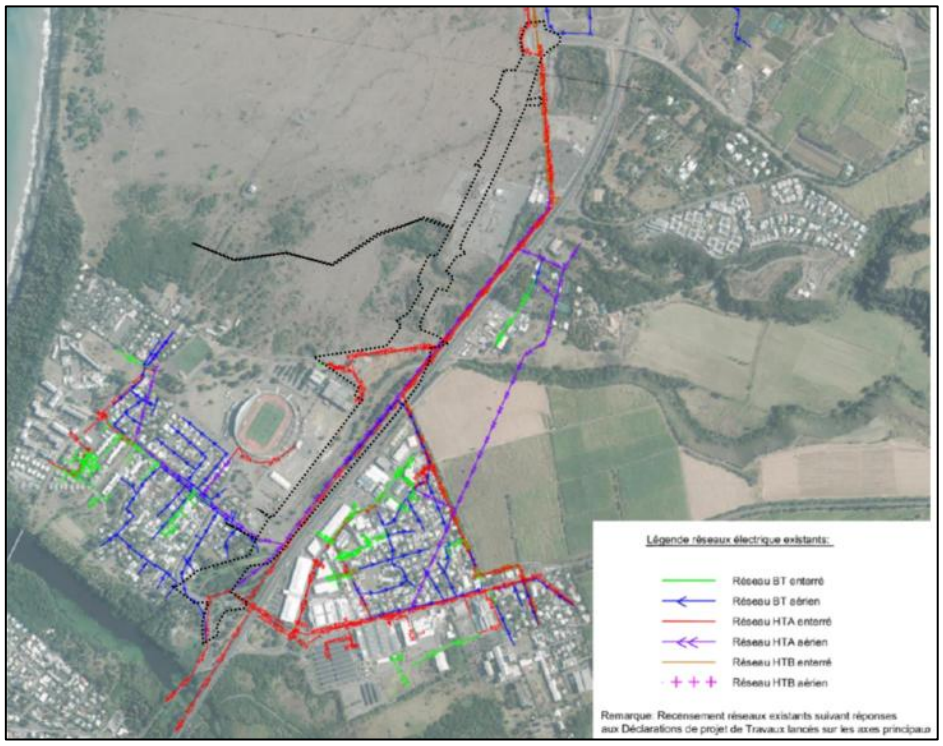
→ Enjeu modéré

4.3.8 Réseaux

4.3.8.1 Electricité et télécom

Électricité

Les figures suivantes identifient les réseaux électriques et l'éclairage public du secteur.



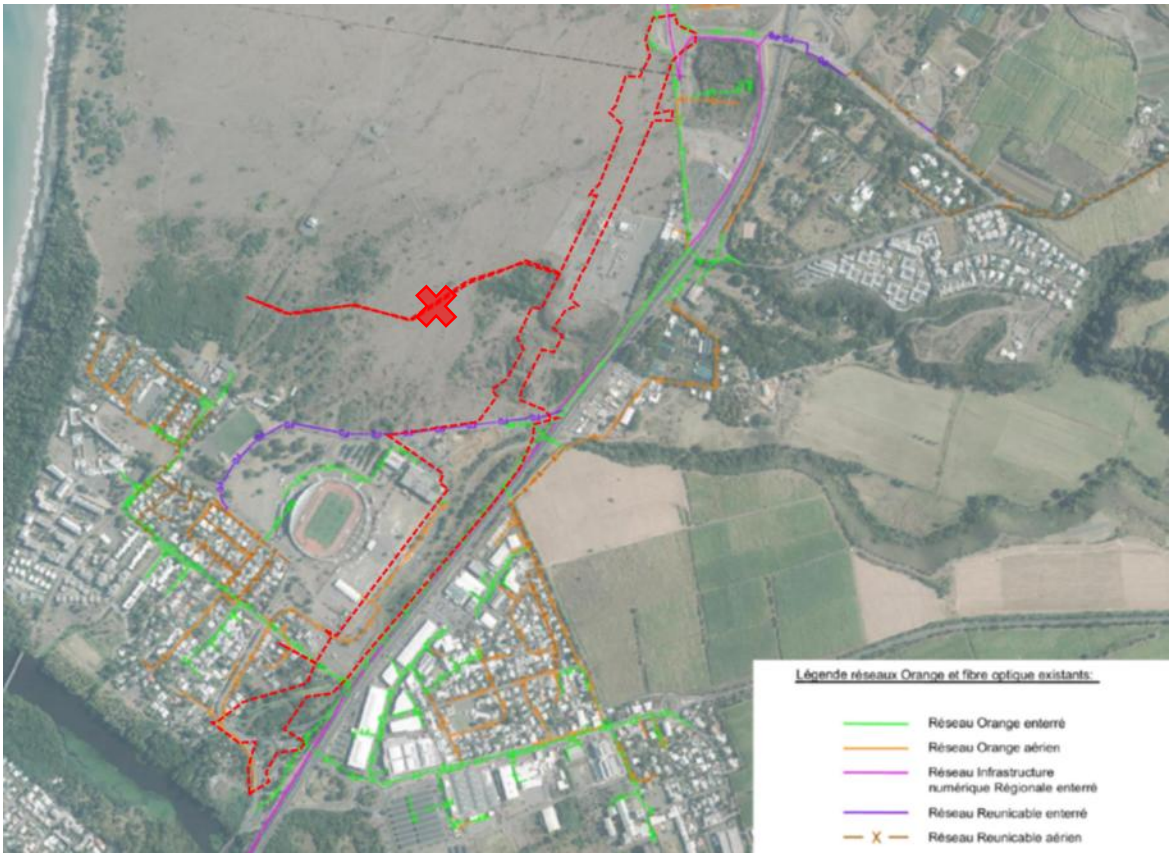
Vue schématique des réseaux d'électricité existants

Plan du récolement du réseau d'éclairage public

Telecom

Le réseau principal suit la RN1 du Sud au Nord, avant de rejoindre l'axe mixte. De cet axe principal enterré, des antennes enterrées ont été tirées dans les principales voies perpendiculaires. D'autres antennes ont été réalisées en réseau aérien.

Par ailleurs, le réseau de fibre optique appartenant à la Région chemine du Sud au Nord en accotement de la RN1 jusqu'à l'échangeur de Cambaie. Le réseau rejoint alors l'axe mixte. Le plan suivant présente le récolement des réseaux de Télécom.



Plan de récolement des réseaux Télécom

→ Enjeu faible

4.3.8.2 Réseaux d'irrigation

La rareté et l'irrégularité des pluies sur le TO réunionnais est un frein au développement des surfaces agricoles. En effet, cette contrainte hydrographique ne permet pas aux agriculteurs de diversifier leur culture et d'augmenter leur rendement. Par ailleurs, la partie EST de l'île est assujettie à des précipitations beaucoup plus conséquentes, avec des ravines et des rivières avec des débits non négligeables lors de la période de l'hiver austral.

Le projet d'irrigation du Littoral Ouest (ILO), porté par le Département, a créé un réseau d'irrigation sur le territoire ouest réunionnais à partir des ressources de la Rivière du Mât et de la Rivière des Galets. Il est envisagé à terme de transférer environ 100 millions de mètres cubes par an.

Le réseau se compose d'une galerie de transfert des eaux sous les cirques de Mafate et Salazie, avec un stockage en aval de cette galerie au niveau du site de Mon Repos situé dans les hauts de Saint-Paul. Les eaux sont ensuite acheminées vers les parcelles irriguées via 8 antennes de refoulement connectées sur une conduite dite « maîtresse » raccordée au réservoir de Mon Repos. L'objectif principal de ce réseau est l'alimentation en eau de surfaces agricoles. Cependant, cette eau peut être utilisée pour d'autres usages (eau potable après traitement, industrielles, espaces verts,…).

Le réseau est exploité depuis 2017 par la SAPHIR.

Le secteur d'étude se situe au niveau de l'antenne 0. Il s'agit d'une antenne directement connectée sur le réservoir de tête Mon Repos.

Cette antenne 0 alimente principalement l'usine AEP de Pichette située sur la commune de La Possession, mais également des surfaces agricoles situées sur les communes du Port, de La Possession et de St Paul (triangle agricole, Ravine à Malheur, zone agricole de Piton Defaud, …). Le réseau mis en place est présenté ci-après. A ce jour, la ressource ILO n'est pas utilisée à son potentiel maximal.

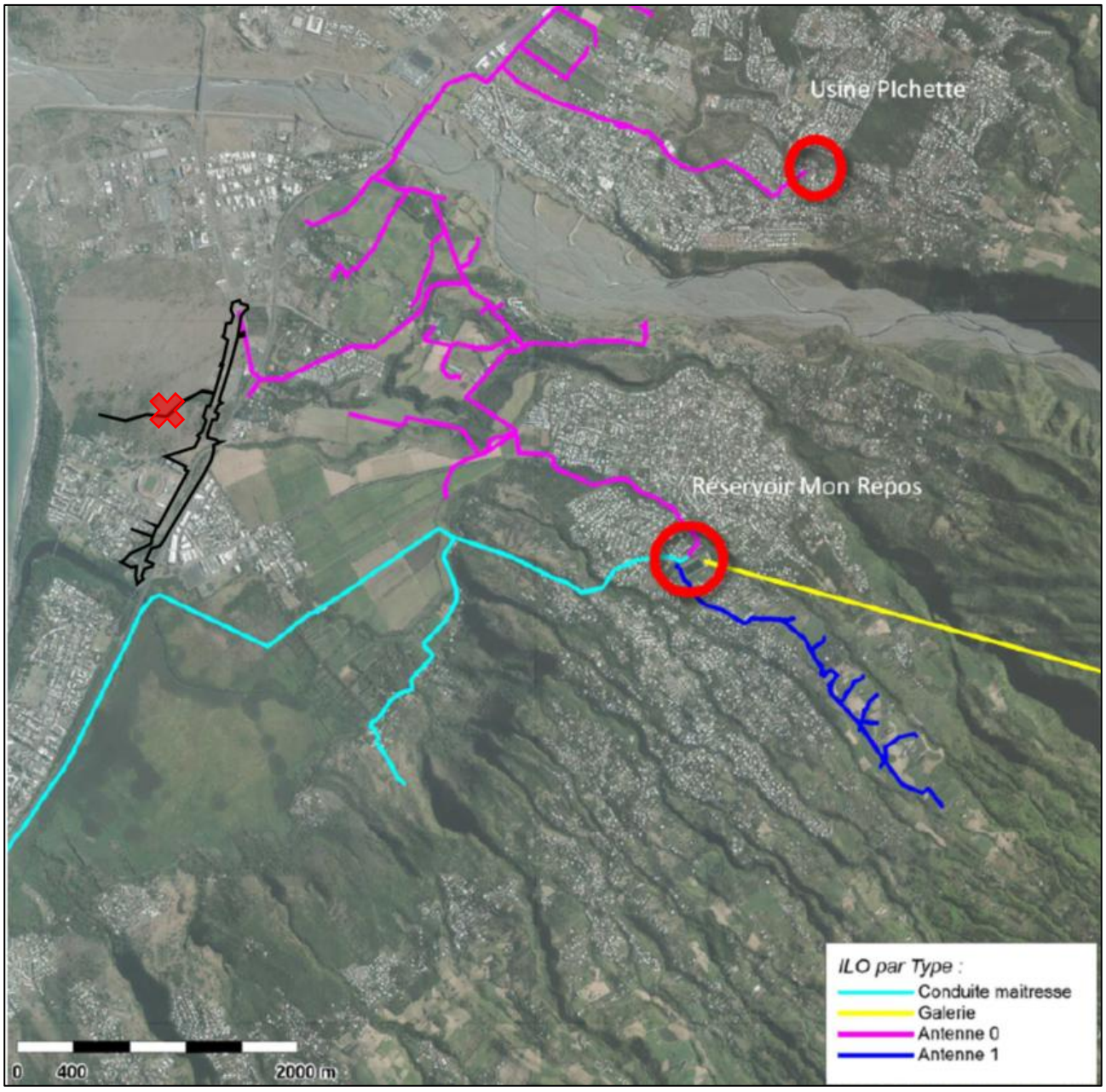


Figure 93 Réseaux ILO existant

→ Enjeu irrigation faible

4.3.8.3 Eaux usées et eau potable

4.3.8.3.1 Collecte et traitement des eaux usées

Les réseaux EU du secteur d'étude sont reliés à la station d'épuration de Cambaie,

Le réseau de collecte DN 200 longe l'axe mixte existant puis la RN1 avant de s'appuyer sur l'avenue du stade.

Le plan du système de collecte des eaux usées de Saint Paul est présenté ci-dessous. Notez que lors de la construction du Complexe de dépollution de Cambaie, les équipements (traitement tertiaire) ont été installés afin de fournir, plus tard, une eau capable d'être valorisée. Ainsi, en sortie du complexe de dépollution de Cambaie, un réseau spécifique pour la distribution de l'eau traitée existe. Il a été posé en tranchée commune avec un réseau de transfert des eaux usées. D'un diamètre de 90mm, il est situé le long de l'axe mixte puis rejoint le ciné Cambaie.

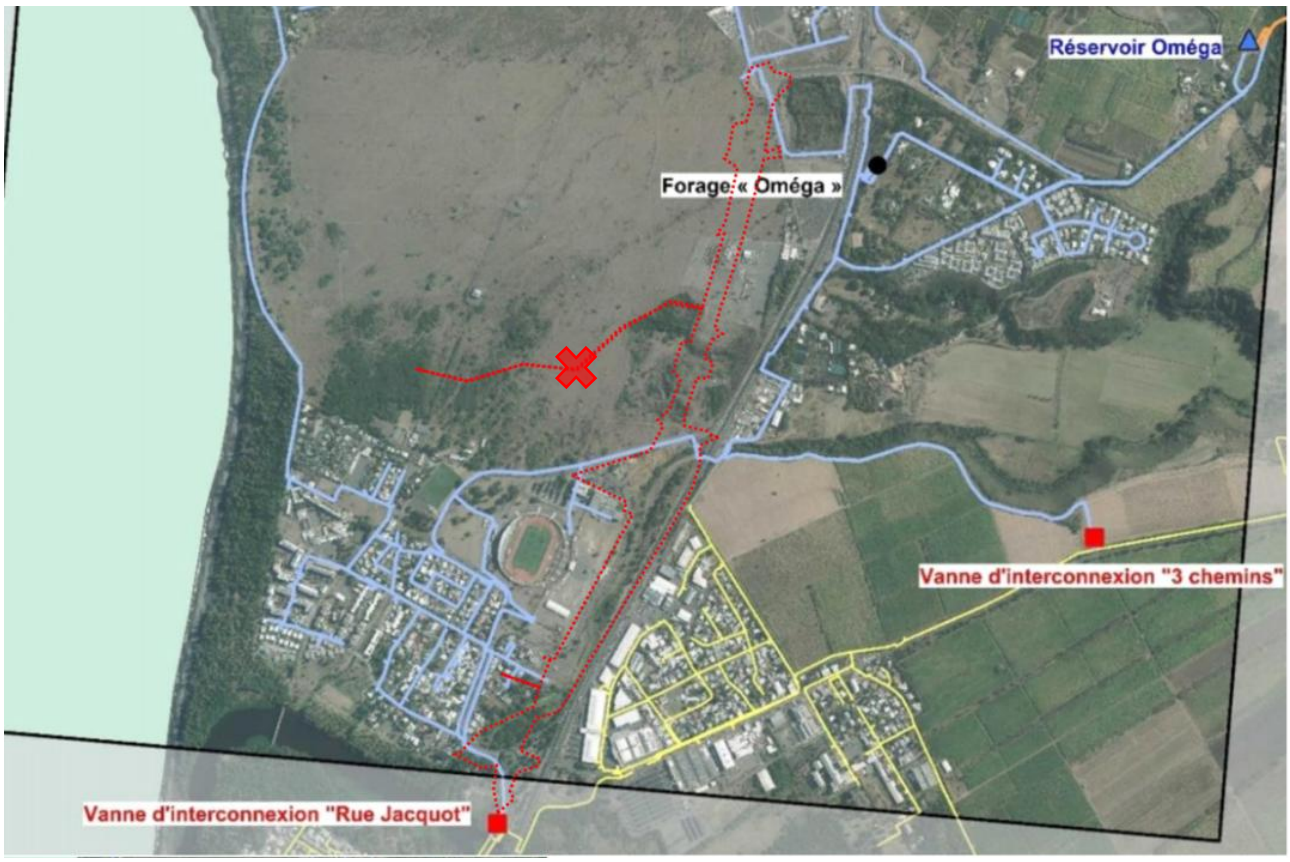
Cependant, à ce jour, ce réseau n'est pas utilisable car le traitement tertiaire n'est pas autorisé d'un point de vue réglementaire.

Figure 94 Plan du système de collecte des eaux usées de Saint-Paul – secteur Nord-Ouest

4.3.8.3.2 AEP

Le plan des réseaux d'alimentation en eau potable desservant le secteur est présenté ci-après.

Le secteur de la Plaine des Loisirs est actuellement plutôt bien desservi par le réseau public d'alimentation en eau potable mais peu de parcelles du secteur de Cambaie disposent actuellement d'une possibilité de raccordement du fait de la faible couverture du réseau.

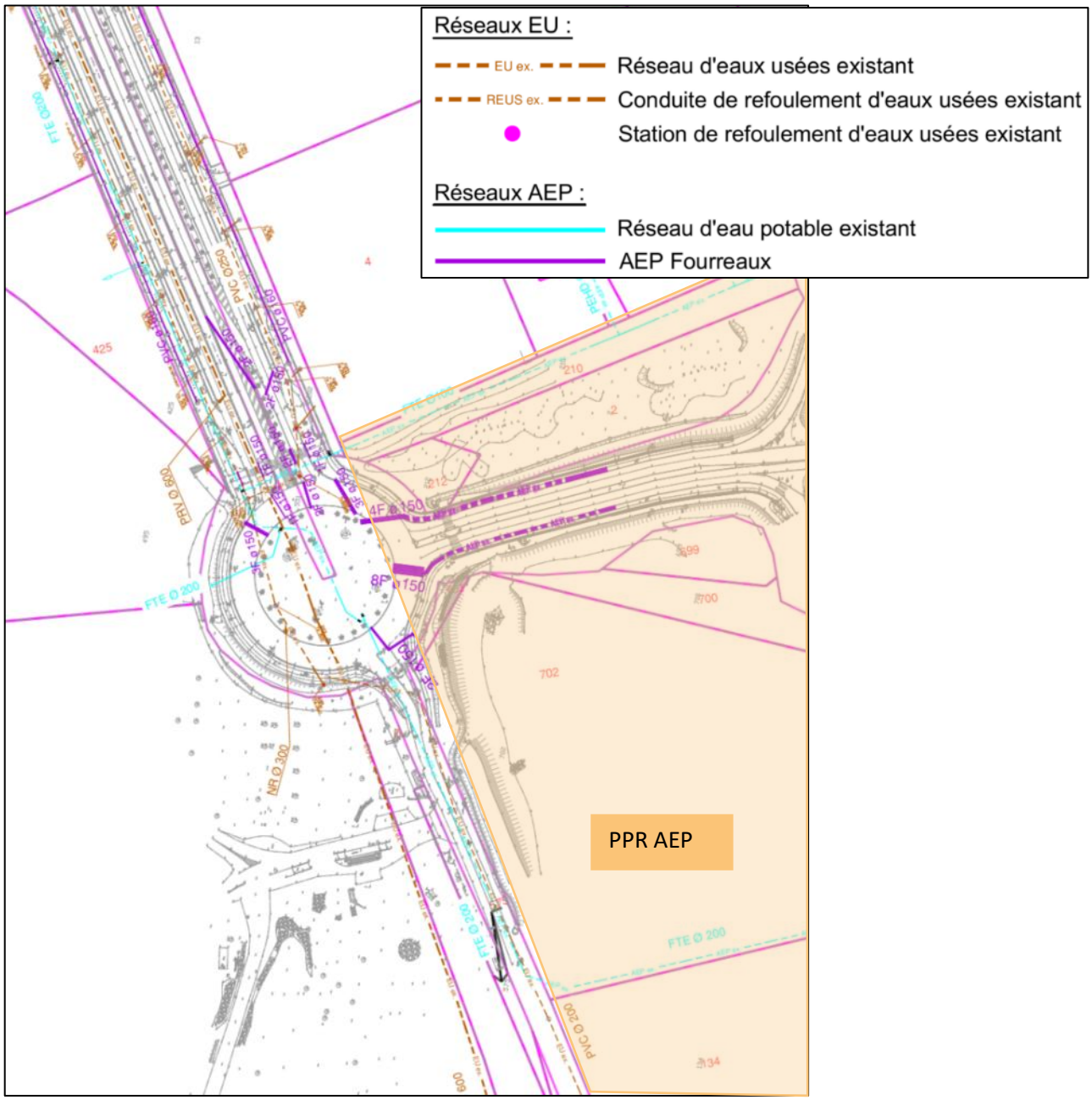


Réseaux AEP desservant le périmètre d'étude

4.3.8.3.3 Réseau AEP et EU vis-à-vis du PPR forage Oméga

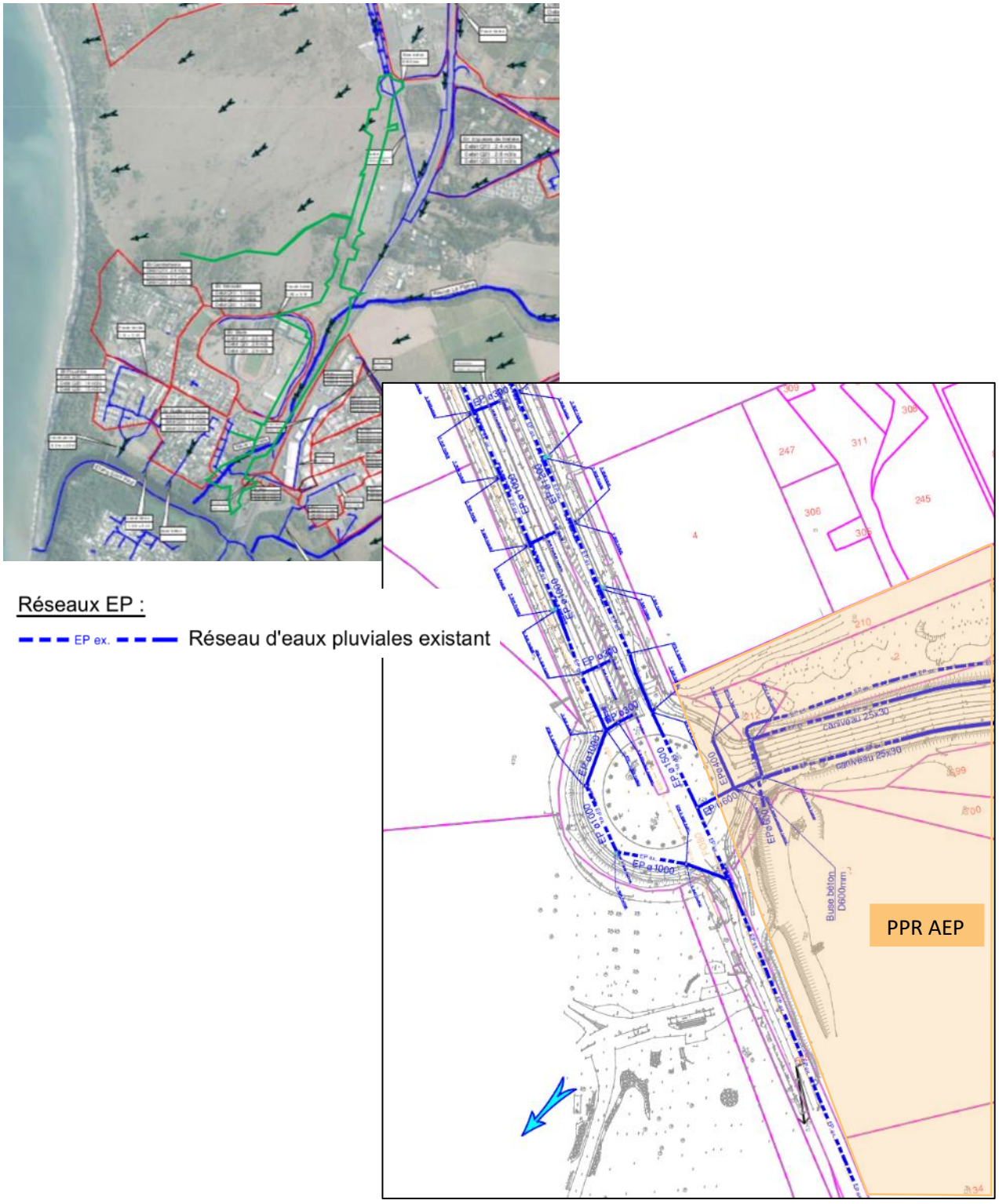
Rappelons que la zone d'étude est concernée par le Périmètre de Protection Rapproché (PPR) du forage Oméga.

On observe l'absence de réseau EU en PPR dans le secteur d'étude.


Réseaux EU :
EU ex.
Réseau d'eaux usées existant
REUS ex.
Conduite de refoulement d'eaux usées existant
Station de refoulement d'eaux usées existant
Réseaux AEP :
Réseau d'eau potable existant
AEP Fourreaux
PPR AEP

4.3.8.4 Eaux Pluviales

Les réseaux d'eaux pluviales identifiés sont présentés sur le plan récapitulatif ci-dessous et zoomés au droit du PPR AEP :



4.3.9 Paysage

4.3.9.1 Organisation et structure du paysage

Selon l'atlas des paysages de La Réunion, la zone d'étude est incluse dans le grand ensemble nommé « les paysages des pentes extérieures de La Réunion ». Ce grand ensemble correspond à la partie de l'île qui s'ouvre physiquement vers l'océan : c'est La Réunion des planèzes et des plaines littorales.

Ce grand ensemble est divisé en 10 sous-ensembles. La zone d'étude appartient au sous-ensemble nommé « Les pentes de Saint-Paul – Le Port - La Possession », tournées vers les baies de Saint-Paul et de La Possession et de part et d'autre de la plaine du Port, marquées par l'urbanisation dans les bas et par l'échancrure vers Mafate que forme la rivière des Galets.

Ce sous-ensemble se décompose en 5 sous-unités :

- **La plaine du Port et la plaine de Saint-Paul, les seules vraies plaines de l'Ouest**. Elles offrent moins de contraintes topographiques que partout ailleurs pour le développement. Elles accueillent déjà les centres-villes du Port, de La Possession et de Saint-Paul. Elles sont favorables au développement économique grâce à la présence du seul port en eau profonde de l'île ;
- **La plaine du Port** :
  - Au Nord, la ville du Port construite à partir du port de la Pointe des Galets, sur un cône d'alluvions composé de galets mélangés à des sables argileux très friables et incultes. Le port Est, entouré de zones d'activités (ZI n°2 et 3, ZAC Belvédère, zone future d'urbanisation + le cimetière) et le centre-ville de La Possession, au contact entre et les falaises maritimes qui se déroulent plus au Nord ;
  - Au Sud, s'étendent les terres de Cambaie et de la Plaine Chabrier : longtemps gelées par les servitudes d'inconstructibilité autour de l'antenne Oméga, elles ont pâti d'un développement urbain anarchique d'activités autour des terrains protégés ;
- **La plaine de Saint-Paul** : les courants marins ont formé une flèche de sable (un lido) sur laquelle s'est allongée la ville historique de Saint-Paul ; les eaux piégées ont formé l'étang de Saint-Paul, un des trois milieux humides de l'île aujourd'hui classé en réserve naturelle ;
- **Les pentes de La Possession**, en voie d'urbanisation massive ;
- **Le mini-cirque de Dos d'Ane**, un monde à part, ayant préservé une agriculture spécifique.

L'atlas des paysages classe ainsi la zone d'étude en zone peu attractive.

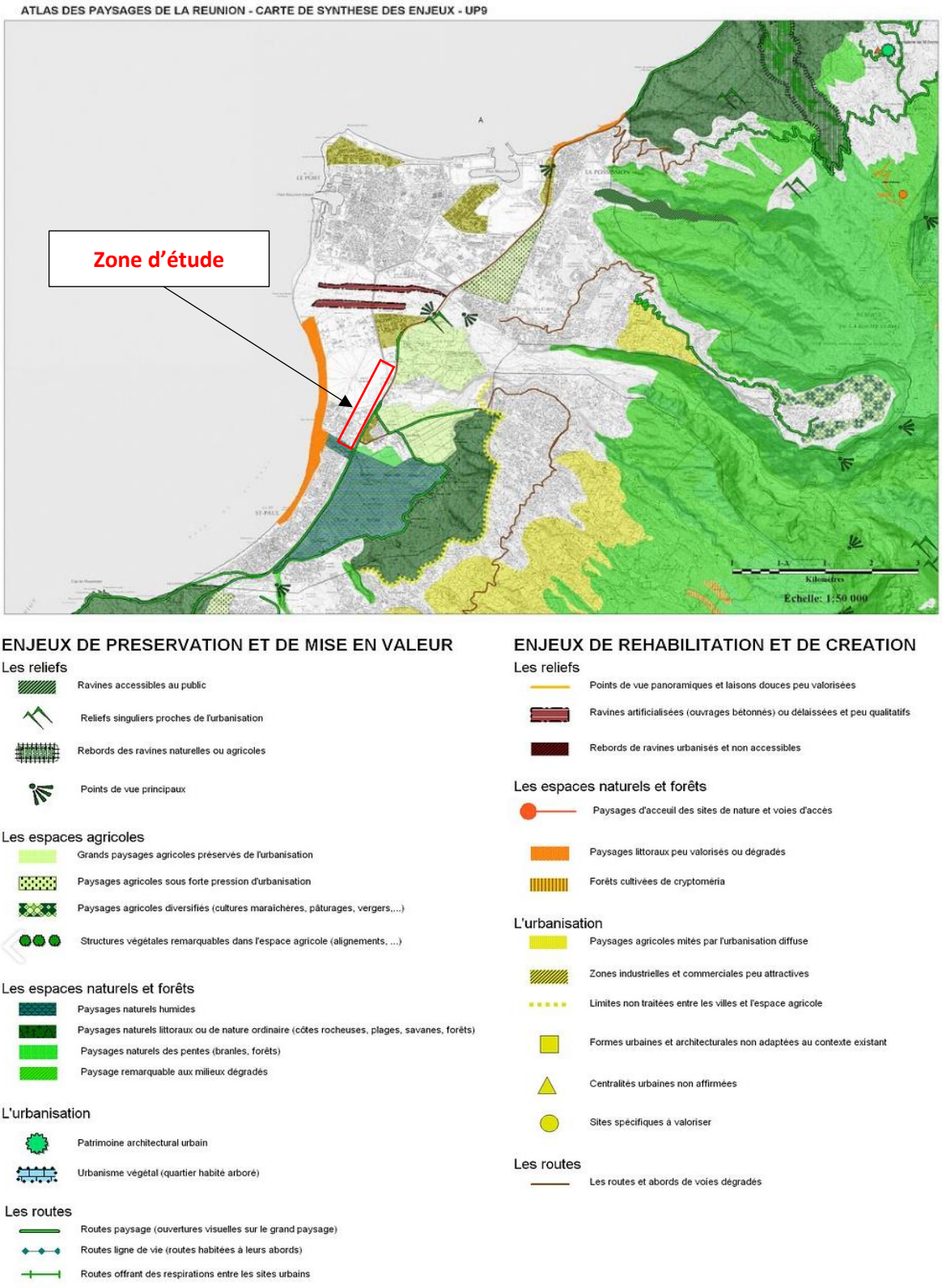


Figure 95 – Carte de synthèse des enjeux (source : Atlas des paysages de La Réunion)

Définition des périmètres d'études

Les périmètres d'études se basent sur la topographie marquée de ce territoire.

- Le périmètre d'étude éloigné, appelé « grand paysage » dans la présente étude, permet d'aborder la charpente paysagère composée des unités paysagères, la structure globale du paysage et la perception lointaine du site. Il constitue un périmètre d'environ 10 km autour du projet et peut varier de quelques kilomètres suivant la sensibilité des paysages. Il s'étend, d'Ouest en Est du littoral de Saint Paul jusqu'à la crête des pentes (Maïdo) ; et du Nord au Sud de La Possession à la Savane du Cap La Houssaye.
- Le périmètre d'étude intermédiaire, ou paysage rapproché intègre la plaine de Saint Paul et la corniche encerclant le secteur d'étude. Dans ce périmètre sont étudiés plus finement les sous unités paysagères, les structures paysagères, les sensibilités visuelles, la compatibilité des paysages avec le programme d'aménagement du territoire, les impacts sur le cadre de vie des riverains et le choix des points de vue principaux et pertinents pour les photomontages.
- Le périmètre rapproché, ou le paysage du site, est la distance du rapport direct entre le projet et le site. À cette échelle est étudiée la structure spatiale du site qui va accueillir le projet. Il comprend le site d'implantation potentiel ainsi que ses abords proches (de la rivière des Galets à l'embouchure de l'étang de Saint Paul)

4.3.9.1.1 Le grand paysage des pentes de l'ouest, échelle éloignée

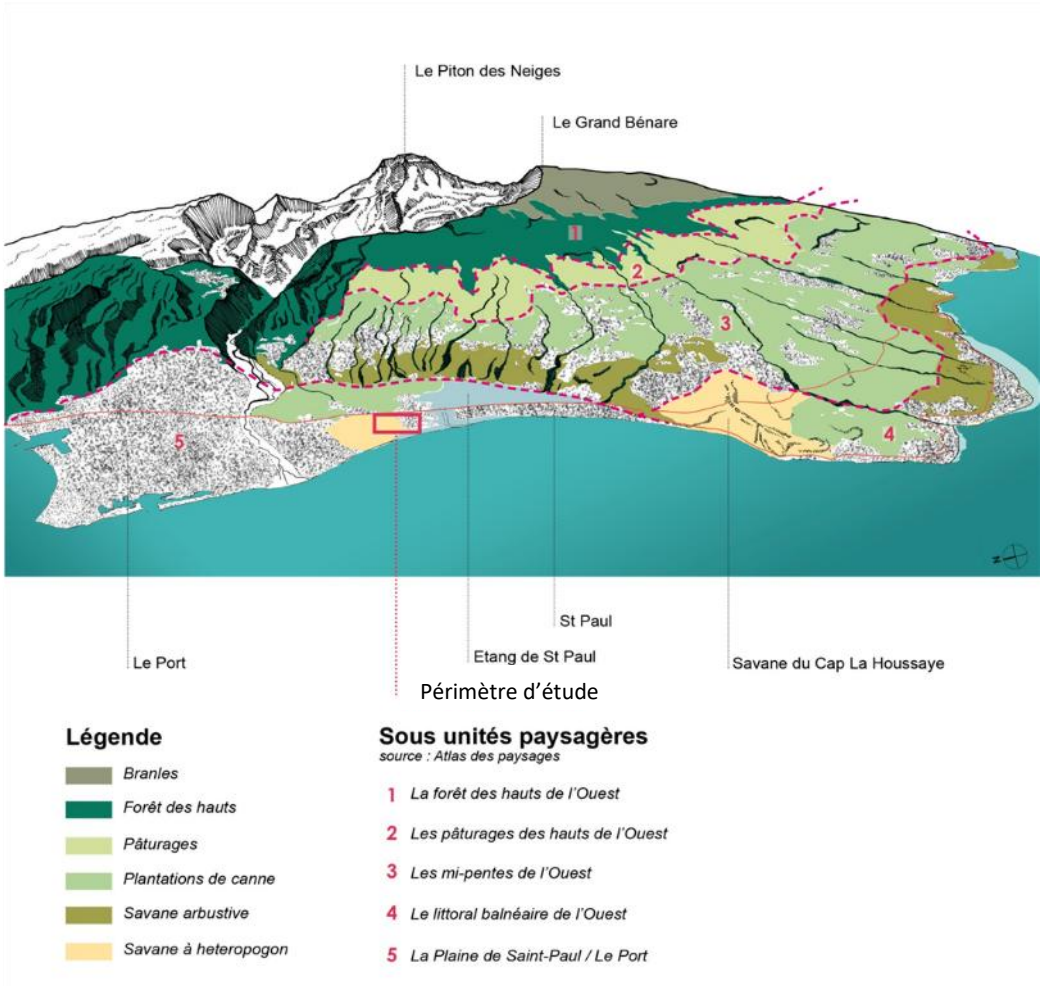


Figure 96 Bloc diagramme des paysages des Pentes de l'Ouest et des pentes de St Paul / Le Port / La Possession

La plaine de Cambaie, au premier plan des pentes de l'Ouest

La plaine de Cambaie forme l'aboutissement des pentes étagées qui caractérisent les paysages de l'Ouest de l'île. Cet étagement naturel, lié aux variations climatiques, offre une succession de paysages contrastés : la forêt de branles en altitudes, les forêts de tamarins et de cryptomerias se mêlant aux espaces pâturés, la zone intermédiaire cultivable aujourd'hui occupée par la canne et par les bourgs, et enfin la zone sèche littorale avec la savane.

La plaine de Saint Paul, nichée au creux de la corniche de Bernica, constitue l'aboutissement de l'exutoire de la rivière des Galets. La zone sèche littorale s'entremêle avec quelques rares espaces agricoles et un tissu urbain très étalé offrant de rares respirations. Seul l'étang de Saint Paul et ses abords offrent un écrin de verdure et de fraicheur accueillant des espaces agricoles.

Le site prend place à l'interface des pentes étagées de l'ouest et des paysages structurants et naturels de la plaine littorale : l'étang de Saint Paul, la zone agricole de Savannah, l'urbanisation de la plaine et la rivière des Galets.

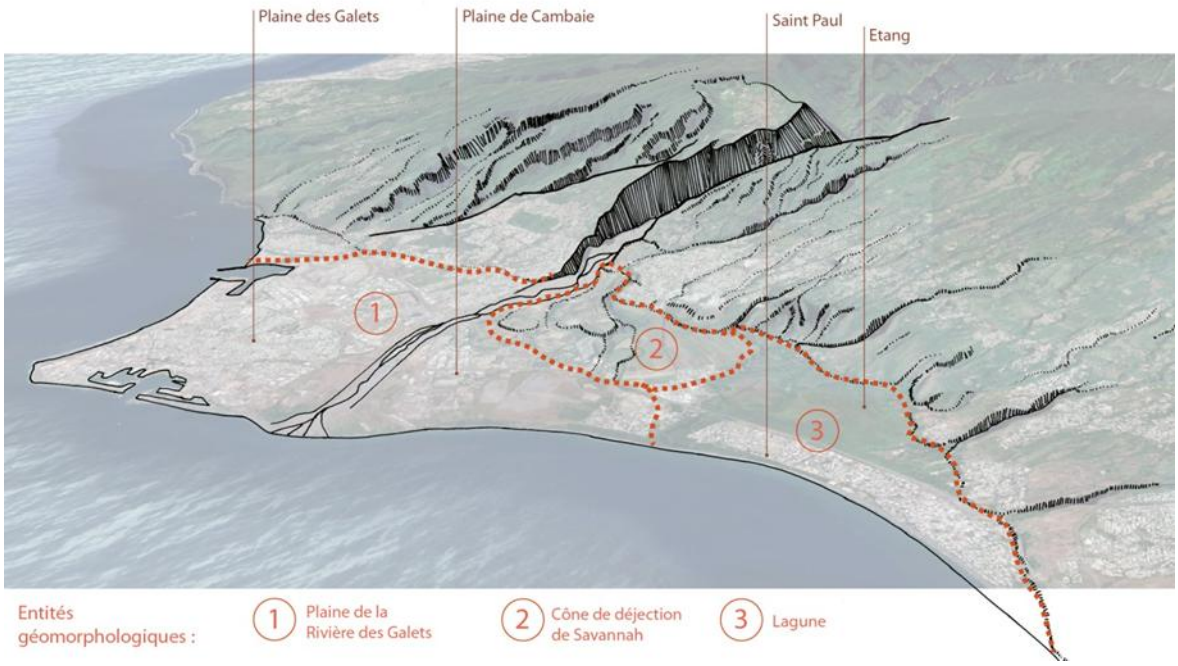
L'enjeu du site dans le grand paysage des pentes de l'ouest repose sur son positionnement dans l'évolution de la plaine littorale et son inscription à terme dans la charpente des paysages de l'ouest : littoral, pentes intermédiaires hautes.

→ Enjeu faible à modéré

4.3.9.1.2 Le paysage de la plaine de Saint Paul, échelle rapprochée

La plaine, ceinturée par un relief à l'est (nommée la corniche), et par le Cap La Houssaye au Sud, est constituée de trois entités géomorphologiques :

- La plaine issue de l'exutoire de la Rivière des Galets (au nord et au sud de la Rivière) : la plaine des Galets et la plaine de Cambaie.
- Le cône de déjection de Savanna, aux pentes douces et valorisées par l'agriculture.
- La lagune de Saint Paul accueillant l'étang et la ville sur le cordon dunaire.



Le site est plus particulièrement implanté sur la plaine de Saint Paul, sur une des dernières vastes emprises de savane aride du littoral ouest. Il prend place sur l'ancien cône d'évasement de la Rivière des Galets et s'inscrit en continuité des terres agricoles de Savanna en amont, et de l'urbanisation de Saint Paul au Sud. Les espaces de nature forment une véritable charpente paysagère qui structure et compose ce territoire.

Les terres agricoles de Savanna et le site de Cambaie forment aujourd'hui un vaste continuum de respiration (haut bas) qui met en scène les paysages alentours et soulignent la présence des villes existantes.

La fragilité de cet espace de respiration intimement lié aux espaces naturels et agricoles de la plaine littorale est réelle. En effet, sur ce site, se cristallisent aujourd'hui des enjeux forts et bien particuliers : étalement urbain, débouché et berges de ravines, développement des carrières et de sites industriels préservation d'espaces d'évasion et de respiration, protection de la forêt littorale, etc.

L'enjeu du site à cette échelle repose dans son dialogue avec la multiplicité des paysages, et dans son rôle de lisibilité et de structuration des paysages qu'il côtoie.

→ Enjeu modéré à fort

4.3.9.1.3 Le paysage de Cambaie, échelle immédiate

Le paysage de la Plaine de Cambaie se caractérise par un tracé particulier, une empreinte historique laissée par la trame de l'antenne OMEGA.

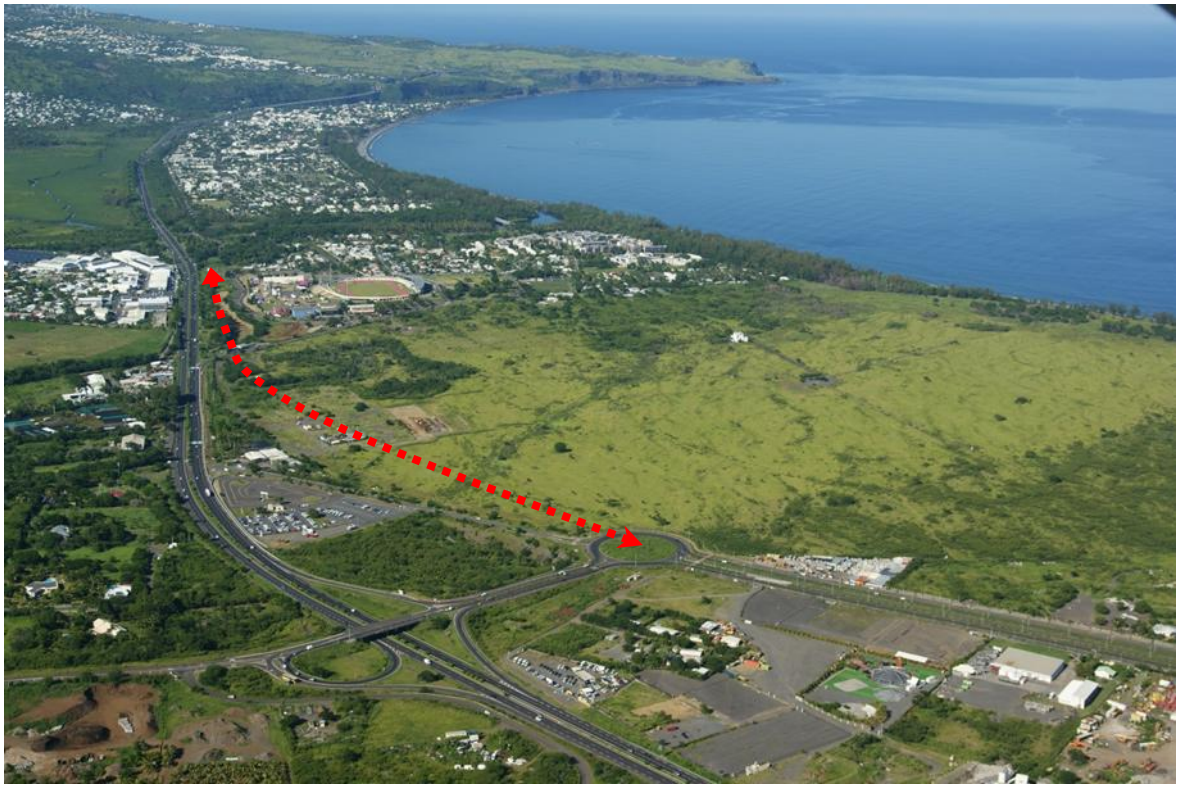
Figure 97 – L'antenne Oméga au temps de son fonctionnement[6]

Le cercle caractéristique de l'antenne constitué d'une savane herbeuse s'est peu à peu transformé en un espace de carrières ; les zones délaissées par les carrières s'enfrichent peu à peu pour laisser place à une savane arbustive parfois difficilement pénétrable.

Le périmètre de la plaine comprend également :

- De larges trous qui viennent bouleverser le relief de la plaine dont une ancienne carrière composée de pentes boisées et dont le fond a été aplani.
- Au Nord, le site est bordé par une grande carrière puis par une zone industrielle et artisanale au développement anarchique. La large voie minérale (N7) traverse la zone et offre un paysage peu accueillant (minéralité et aridité, omniprésence de la voiture).
- Au Sud un vaste espace de loisirs sur lequel sont implantés un stade et ses parkings, des terrains de sport, un cinéma, un restaurant, une large surface d'accueil pour des évènements (fêtes foraines, expo Bat, etc.), puis le quartier de la Poudrière au-devant du bras de l'étang et de sa cocoteraie.
- À l'Ouest, la forêt littorale prend place entre l'océan et le quartier de la poudrière pour venir ensuite s'amincir à l'approche du tracé du cercle OMEGA.
- À l'Est, la RN crée une réelle rupture avec les paysages hétéroclites qui la borde.
- La zone Commerciale offrant une façade sur le RN peu qualifiante.

[6] Ancien émetteur radio, l'antenne oméga s'est dressée dans la Plaine Chabrier à une hauteur de 427m de haut de 1974 à 1999.



Le site de Cambaie échelle immédiate (avant travaux de carrière)

La plaine de Cambaie – échelle immédiate – travaux de carrière en cours

→ Enjeu modéré

4.3.10 Foncier

Des acquisitions foncières sont nécessaires au projet. Si les acquisitions à l'amiable sont envisagées, les indispensables acquisitions foncières privées rendent nécessaire l'usage de la Déclaration d'Utilité Publique.

Les propriétés concernées par le projet sont les suivantes:

Secteur	Section	Numero	Surface impactée (m^2)
Secteur 1	Non cadastrée	Non cadastrée	42135.1
Secteur 1	AB	788	23321.03
Secteur 1	AB	783	12644.13
Secteur 1	AB	793	10898.75
Secteur 1	AB	791	4458.57
Secteur 1	AB	784	1238.61
Secteur 1	AB	790	958.81
Secteur 1	AB	551	457.02
Secteur 1	AB	792	194.32
Secteur 1	AB	786	181.86
Secteur 1	AB	789	100.3
Secteur 1	AB	787	85.48
Secteur 1	AB	794	49.87
Secteur 1	AB	781	22.27
Secteur 1	AB	779	19.37
Secteur 1	AB	782	15.76
Secteur 1	AB	576	15.15
Secteur 1	AB	785	7.49
Secteur 2	BI	570	8718.31
Secteur 2	BI	568	1808.26
Secteur 2	BI	564	1193.44
Secteur 2	BI	569	1151.98
Secteur 2	BI	681	869.81
Secteur 2	BI	306	706.38
Secteur 2	BI	224	596.58
Secteur 2	BI	38	415.31
Secteur 2	BI	223	158.61
Secteur 2	BI	519	97.78
Secteur 2	BI	567	97.03
Secteur 2	BI	226	81.89
Secteur 2	BI	650	31.48
Secteur 2	BI	520	20.73
Secteur 2	BI	138	16.13
Secteur 2	BI	137	4.6
Secteur 2	BI	136	0.26
Secteur 2	BI	327	0.01

Secteur 2	EX	465	22426.2
Secteur 2	EX	503	21433.56
Secteur 2	EX	129	15273.82
Secteur 2	EX	464	2756.38
Secteur 2	EX	463	2100.43
Secteur 2	EX	273	58.6
Secteur 2	EX	452	2.44
Secteur 2	EX	325	1.62
Secteur 1	HN	202	19.91
Secteur 1	HN	212	4.24
Secteur 1	HN	2	2.37

Tableau 24. Surfaces des parcelles cadastrales impactées.

Les propriétaires fonciers peuvent être déterminés grâce aux données foncières fournies par les mairies ou via le site datafoncier.cerema.fr. Les parcelles cadastrales sont issues du millésime 2025 de l'IGN.

→ **Enjeu fort.**

4.4 SYNTHESE DES ENJEUX ENVIRONNEMENTAUX

Le tableau suivant synthétise les enjeux environnementaux :

Tableau 25 – Synthèse des enjeux environnementaux

Cotation :	Enjeu Nul	Enjeu Faible	Enjeu Modéré	Enjeu Fort

Thèmes	Enjeux	Cotation des enjeux
MILIEU PHYSIQUE		
Climat	Le climat de la zone de Cambaie est l'un des plus chauds de l'île de la Réunion. On enregistre sur la commune du Port le record de température de l'île avec un relevé à 36,9°C le 6 mars 2005. Les températures moyennes les plus élevées (>28°C) sont situées entre 11h et 17h durant les mois de décembre, janvier, février, mars et avril. Les plus gros pics de températures interviennent courant février.	Modéré
Topographie, sols et sous-sols	Le site est localisé en front de mer, dans une zone globalement plane, à une altitude comprise entre 3 et 32 m NGR. Il s'agit d'un territoire privilégié en matière d'aménagement puisque les pentes n'excèdent pas 10%. La topographie est néanmoins marquée localement par des dépressions « aléatoires » d'anciennes carrières (en particulier ancienne carrière SCPR), présentant des profondeurs variant de 2.5 m à 9.0 m par rapport au TN. Au niveau qualité des sols, le secteur 1 est concerné par des sols peu évolués d'apport sur galets non altérés à matrice sablo-basaltique. Dans le secteur 2 on trouve le même type de sol puis à mesure que l'on se rapproche de l'étang, d'abord des sols peu évolués et hydromorphe en profondeur en partie et des sols hydromorphes inondés ou totalement engorgés.	Modéré
Hydrologie, hydrogéologie et qualité des eaux	Concernant les masses d'eau souterraine, la zone d'étude est concernée par la Masse d'Eau (ME) FRLG112 Formations volcaniques et volcano-sédimentaires du littoral de l'étang Saint-Paul à Plaine des Galets, identifiée comme ressource stratégique d'alimentation en eau potable par le SDAGE. Le niveau de la nappe se situe autour de 2.5 m NGR au niveau de la côte et des ravines. La ravine la Plaine est en eau sur un tiers du périmètre projet. Plus haut, en limite Nord du secteur 1, une portion de la zone d'étude est concernée par le Périmètre de Protection Rapproché (PPR) du forage Oméga, forage réglementé en vue de son alimentation en eau potable. Le forage n'est pas exploité compte tenu d'une contamination à l'atrazine.	Fort
Aléa inondation	Les problématiques d'inondation observées sur la zone d'étude concernent deux sources principales : La ravine Piton Defaud et la Ravine la Plaine et l'etang de Saint Paul. L'emprise du projet est concernée par l'aléa faible, moyen et fort. La partie qui concerne la ravine la Plaine est concernée par l'aléa fort. Et en effet, les modélisations de l'état initial décrivent que la capacité hydraulique actuelle de la Ravine La Plaine est inférieure à la crue décennale sur son tronçon compris entre la RN 1 et l'étang Saint-Paul et que des débordements vers le quartier Jacquot sont ainsi relevés dans le secteur du stade dès la crue décennale.	**Fort**
Autres aléas	*Aléa mouvement de terrain* : l'emprise du projet est en aléa faible. Cependant, la ravine de la Plaine est en aléa fort. A La Réunion, l'aléa sismique est faible. Le secteur en projet n'est pas vulnérable aux risques littoraux.	Modéré

Thèmes	Enjeux	Cotation des enjeux
MILIEU NATUREL		
Zonages à portée réglementaire du patrimoine naturel	*Parc National de La Réunion* : Le périmètre d'étude n'est pas concerné par la réglementation du Parc National.	Nul
	Réserve Naturelle Nationale : Le projet se situe en amont de l'étang de Saint-Paul et le recalibrage de la Ravine la Plaine sera situé en limite de la Réserve.	Fort
	Espaces Naturels Sensibles : L'ENS Etang de Saint-Paul n'est pas concerné par le projet.	Nul
	RER - Trame terrestre : Le périmètre du projet est concerné par un corridor potentiel et un réservoir de biodiversité potentiel. Le réservoir de biodiversité avéré sur la section 1 a été déclassé par le SCoT Ouest en 2015 suite à l'exploitation de carrières. Un réservoir avéré borde la zone d'étude au Sud.	Faible
	Espaces remarquables du littoral : Le projet se situe hors périmètre de l'ERL donc il n'y a pas d'enjeu réglementaire. Cependant, il existe un enjeu de conservation des milieux naturels fort.	Modéré
Zonages bibliographiques d'inventaire du patrimoine naturel	*ZNIEFF* : ZNIEFF de Type I et de Type II (2 m) à proximité du projet ; la position du projet en amont hydraulique des ZNIEFF de l'Étang de Saint Paul le rend particulièrement sensible pour les espèces et habitats qui ont justifié la création de ces espaces d'inventaires.	Modéré
	Zone humide : le projet n'est pas directement concerné par la zone humide, sa situation en amont hydraulique de cette zone humide d'importance internationale constitue un enjeu fort à prendre en compte. En revanche, le recalibrage de la Ravine La Plaine est concerné. RAMSAR classe la ravine de la Plaine, laquelle est concernée par des opérations de recalibrage.	Fort
Inventaire de terrain des espèces floristiques et faunistiques et des habitats naturels (Société Biotope)	Habitats naturels : On distingue des habitats de végétation marécageuse de basse altitude (Réunion), d'ourlet hélophytique à *Fimbristylis cymosa,* végétations hélophytique à *Typha domingensis et* prairie marécageuse à *Setaria geminata (=Paspalum geminatum*) présentent un enjeu fort Les lits des rivières et savanes herbacées d'un enjeu modéré et la végétation aquatique flottante héliophyle à Eichhornia crassipes et Pistia stratiotes et les fourrés secondaires de diverses espèces exotiques à tendance semi-xérophile d'enjeu faible	Faible à fort
	Espèces floristiques : Les inventaires ont ainsi montré que l'aire d'étude rapprochée est largement dominée par les espèces exotiques avec plus de 75% des espèces recensées comme telles. Dans l'aire d'étude rapprochée, 7 espèces protégées ont été recensées : le Bois de paille-en-queue (*Monarrhenus salicifolius*), Phragmite de Maurice (*Phragmites mauritianus*), le Bois-de-fer (*Sideroxylon majus*), le Porché (*Thespesia populneoides*), le Mova (*Taliparíti tiliaceum* = Hibiscus tiliaceus), le Benjoin (*Terminalia bentzoë*) *et Zornia gibbosa.* Au total, 46 espèces indigènes (indigènes et assimilées) ont été recensées (inventaires de terrain et données bibliographique) dans l'aire d'étude rapprochée : 3 espèces avec un enjeu majeur (très fort) ; 8 espèces avec un enjeu fort ; 9 espèces avec un enjeu moyen ; 9 espèces avec un enjeu faible.	Fort

Thèmes	Enjeux	Cotation des enjeux
MILIEU NATUREL		
	Dans l'aire d'étude rapprochée, 20 espèces présentent des enjeux de conservation dont 11 pouvant être considérés comme majeur ou fort.	
	Espèces faunistiques : **Entomofaune :** Au sein de l'aire d'étude rapprochée, aucune espèce protégée n'est présente et 5 taxons présentent un enjeu spécifique dont un qualifié de moyen sur l'aire d'étude rapprochée. La présence de milieux aquatiques et la proximité avec l'Etang Saint-Paul rendent le sud de la zone d'étude particulièrement attractif au groupe des insectes. Les savanes de la zone d'étude présentent une biomasse (grande quantité d'insectes) importante rarement observée ailleurs sur l'île. **Reptiles et amphibien** : Au sein de la zone d'étude, 1 espèce protégée (caméléon panthère) est présente et constitue un enjeu spécifique faible au niveau des boisements. **Oiseaux** : Sur l'aire d'étude rapproché, 23 espèces d'oiseaux ont été observées et 3 autres espèces sont considérées comme présentes au regard de la bibliographie disponible. Parmi ces espèces, 10 d'entre elles sont indigènes : 4 espèces se reproduisent sur la zone d'étude ; 3 espèces s'alimentent sur la zone d'étude ; 3 espèces transitent sans interaction directes avec la zone d'étude. Le cours d'eau au sud de la zone d'étude représente un habitat de reproduction de la Gallinule poule d'eau (*Gallinulla chloropus pyrrhorrhoa*) et du Héron strié (*Butorides striata*). Hormis ces milieux humides, la zone d'étude est typique des habitats de basse altitude à La Réunion. L'ensemble des boisements et fourrés de la zone d'étude est favorable à la reproduction de la Tourterelle malgache (*Nesoenas picturata*) et du Zosterops des Mascareignes (*Zosterops borbonicus*) ; à l'alimentation du Busard de Maillard (*Circus maillardii*), de l'Hirondelle des Mascareignes (*Phedina borbonica borbonica)* et de la Salangane des Mascareignes (*Aerodramus francicus*). **Chiroptères** : La zone d'étude rapprochée inclut une colonie de Petit Molosse ayant élu domicile dans un bâtiment désaffecté sur la plaine Chabrier et regroupant près de 14 000 individus en période de reproduction (GCOI, 2021). Une seconde colonie (20 individus en septembre 2021) a été mise en évidence au sein d'un pont sous la N1 (chemin Laverdure). La ravine végétalisée reliant le pont à l'Etang Saint-Paul représente un corridor de déplacement pour ces individus a minima pour ces individus. Des observations directes à l'aide d'un appareil à ultrasons portatif attestent de l'activité de chasse du Petit Molosse dans les savanes de la Plaine Chabrier (Biotope, 2021). Pour le taphien de Maurice, pas de reproduction connue sur la zone d'étude mais à proximité (cocoteraie de l'Etang Saint-Paul). Le cours d'eau de la zone d'étude et son prolongement jusqu'au pont de la N1 est un corridor de déplacement et de chasse. Poissons et crustacés :	Faible à fort

Thèmes	Enjeux	Cotation des enjeux
MILIEU NATUREL		
	Une campagne d'inventaires 2011 de la zone humide de l'étang de Saint Paul a mis en évidence 15 espèces de poissons et 8 espèces de macro-crustacés. Chez les poissons, 9 espèces indigènes ont été observées, dont 2 CR, 1 EN et 1 VU sur la liste rouge France. Trois espèces observées sont endémiques de la région Ouest Océan Indien. Chez les crustacés, 7 espèces indigènes ont été observées. Une espèce est endémique de la zone Ouest Océan Indien : la crevette bouledogue *A. serrata.* Deux espèces VU (liste rouge France) ont été observées *:* la chevaquine *C. serratirostris* et la chevrette australe *M. australe.* Une espèce introduite et déjà signalée sur l'étang a été observée : l'écrevisse australienne *C. quadricarinatus.*	

Thèmes	Enjeux	Cotation des enjeux
MILIEU HUMAIN		
Démographie – équilibre territorial - mobilité	Le scénario d'évolution démographique retenu par le SCoT 2016-2021 est un accroissement démographique selon un rythme annuel de +1700 habitants c'est à dire de 0,75%. Cet accroissement génère des besoins particuliers en termes de logement et de mobilité et le 3ème Plan Local pour l'Habitat (PLH) prévoit la réalisation d'un minimum de 4 650 RP d'ici 2025 sur le cœur d'agglomération et de 1 600 sur le secteur Centre- Cambaie. Alors que les habitants de l'Ouest vivent en majorité dans des zones dénuées de grands équipements, de grands lieux d'emploi, de grands foyers de vie urbaine. Dans le Cœur d'agglomération et le littoral balnéaire se concentre les activités économiques et commerciales et en haut la majorité de l'habitat et l'agriculture. Un déséquilibre existe entre les hauts où vivent en majorité les habitants de l'ouest et les bas où se concentrent les activités économiques et commerciales. Ce déséquilibre contribue aux dysfonctionnements de circulation du secteur élargie et cette situation va en s'accentuant. Le site d'étude ne bénéficie par ailleurs pas aujourd'hui d'un maillage viaire. Il n'existe aucune continuité viaire entre le Nord avec l'axe mixte qui se prolonge par une voie communale en impasse et le sud avec également une voie communale en impasse au droit du cinéma de Cambaie (avenue du stade). Cette absence de continuité est soulignée par le Schéma Régional des Infrastructures et des Transports (SRIT) qui décrit de tronçons saturés entre la rivière des Galets (Le Port) et l'entrée Nord de Saint-Paul. L'offre transports en commun qui représente une part modale sur le cœur d'agglomération de 6,5% subit les mêmes dysfonctionnements sur le secteur alors que le TO prévoit dans son Plan de Déplacement Urbain (PDU) de passer de 6,5% à 16% de part modale en transport en commun.	Fort
Déchets	La gestion des déchets en territoire insulaire est une problématique majeure.	Fort
Patrimoine historique et cultuel	Le secteur 1 est concerné le périmètre de protection des 500 m du « Domaine de la Poncetière » et est en limite de celui de la « Cheminée le Piton ». Il n'y a ni site classé, ni site inscrit dans le secteur d'étude. Aucun site archéologique n'est recensé sur le territoire. Il n'existe aucune zone de présomption de prescription archéologique dans le périmètre d'étude ou à proximité. Notons que la Plaine de Cambaie a été traversée jusqu'en 1955 par le chemin de fer côtier de l'île de la Réunion.	Modéré
Réseaux	Le secteur en projet est concerné ponctuellement par des réseaux électriques, de l'éclairage public et des télécoms, en particulier sur le secteur 2 et sur l'axe mixte existant. De la même façon, des réseaux d'EU, d'AEP et d'EP sont présents au droit de l'axe mixte existant et sur le secteur 2.	Modéré
Environnement sonore	Le projet longe la RN1 classée en catégorie 1 et prolonge la RN7 catégorisée 2. La campagne de mesure a permis de mesurer les niveaux	Modéré

	de bruit dans le secteur du projet, c'est-à-dire à proximité de la route nationale 1 (RN1). Compte-tenu des nuisances qualifiées de modérées sur les 2 points de mesures situés à plus de 50 mètres de la RN1, on peut considérer comme modéré le risque actuel de nuisances sonores influencées par la RN1. La généralisation de l'état initial par modélisation permet d'affiner le classement de la zone déjà déterminée à la suite de la caractérisation de l'état initial par mesures. Globalement, les résultats de la modélisation montrent une contribution sonore importante au niveau de la RN1 et dans une moindre mesure de la RN7. Seul un bâtiment, riverain de l'avenue du Stade présente des niveaux en façade de plus de 65 dB(A) de jour (bâtiment 251(1) et 251(2)). En dehors de ce bâtiment, la modélisation montre que la contribution sonore des voiries est inférieure à 65 dB(A) de jour et de 60 dB(A) de nuit en façade des habitations.	
Qualité de l'air	Sur l'ensemble des tubes posés, 2 capteurs ont relevé une concentration moyenne supérieure aux seuils nationaux fixés à 40 µg/m3. Les concentrations maximales en NO2 ont été relevées à proximité de la voirie et notamment près de de la RN1 et des échangeurs, tandis que des valeurs minimales de concentrations en NO2 ont été observées en situation de fond urbain. Concernant les concentrations moyennes de benzène, elles se sont révélées en dessous du seuil fixé à 2 µg/m3 par la réglementation Française, la valeur maximale a été obtenue au niveau du capteur 16 avec une concentration de 1,0 µg/m3. Compte-tenu des niveaux de concentration supérieurs aux seuils réglementaires sur seulement 2 stations présentes sur le rond-point de Savanna, ainsi que la légère augmentation des résultats en comparaison de la campagne de 2020 sur 6 points de mesures (imputée peut-être à la baisse de trafic durant la crise sanitaire), le risque actuel pour la santé publique est donc considéré comme modéré.	Modéré
Energie	La Réunion est très dépendante des importations d'énergies fossiles en raison notamment de son insularité et de l'éloignement des principaux fournisseurs. La consommation d'électricité a doublé en 20 ans et le taux de dépendance énergétique en 2021 de la Réunion est de 88,2%.	Fort
Foncier	Le périmètre d'étude concerne principalement du foncier public mais le secteur d'étude est contraint par du foncier privé dans les secteurs d'étude 1 et 2.	Modéré
Paysage	Le paysage s'apprécie à différentes échelles et les enjeux diffèrent que l'on se tienne sur la Plaine de Cambaie à regarder les carrières excavées, les zones industrielles, ou en levant les yeux sur l'ouverture qu'offre la rivière des Galets vers le cirque de Mafate. La Plaine de Cambaie offre un paysage assez rude, aride marqué par les carrières et la zone d'activité, avec en revanche également des enjeux forts de préservation et de valorisation avec la forêt littorale et l'étang de Saint Paul. La Plaine de Cambaie constitue par ailleurs un espace de respiration entre deux entités urbaines fortes (St Paul et Le Port). La géomorphologie du territoire offre un effet de balcon (ou promontoire naturel) sur la plaine et des perceptions sur le site existent depuis les pentes qui entourent le site, et notamment les nombreuses routes paysages.	Faible à fort

La cartographie ci-après synthétise les principaux enjeux cartographiables de l'état initial

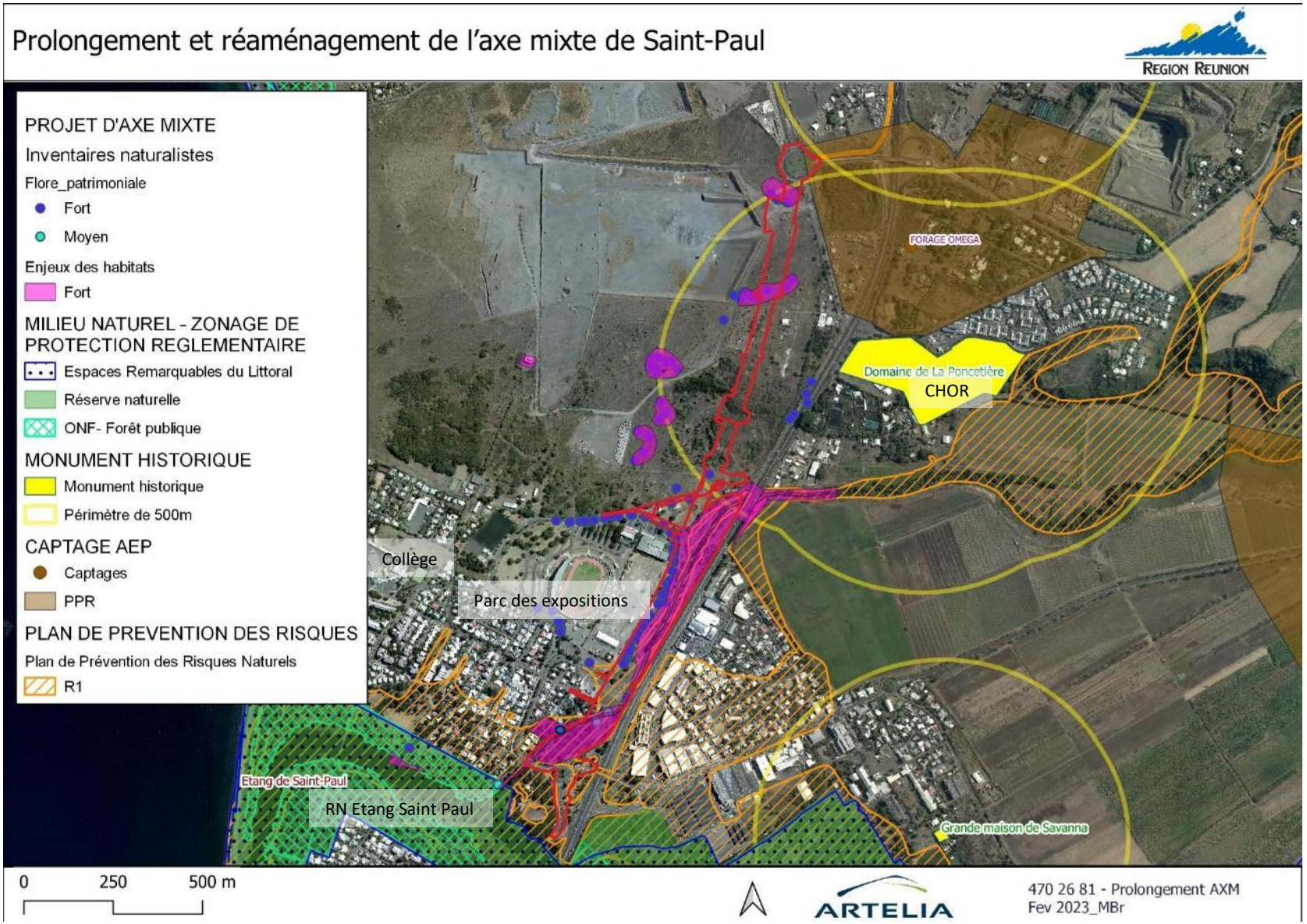
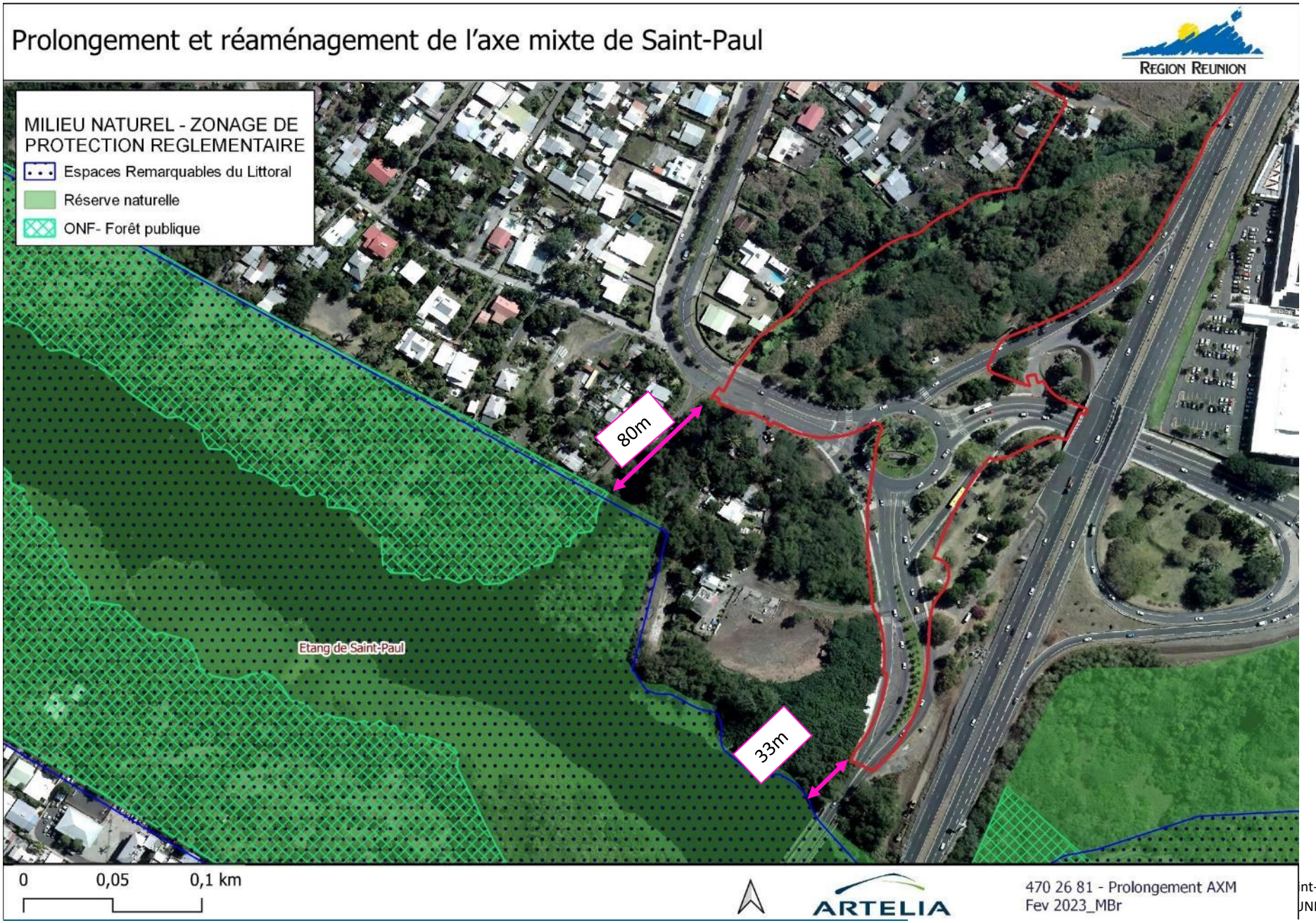


Figure 98 Synthèse des principaux enjeux


Prolongement et réaménagement de l'axe mixte de Saint-Paul
REGION REUNION
MILIEU NATUREL - ZONAGE DE PROTECTION REGLEMENTAIRE
Espaces Remarquables du Littoral
Réserve naturelle
ONF- Forêt publique
80m
33m
Etang de Saint-Paul
0
0,05
0,1 km
ARTELIA
470 26 81 - Prolongement AXM
Fev 2023_MBr

5 PRESENTATION DU PROJET ET DES RAISONS DU CHOIX

5.1 UN CHOIX DE PERIMETRE GUIDE PAR LES POLITIQUES PUBLIQUES

Le prolongement de l'axe mixte est parti intégrante du cœur d'agglomération, concept déjà décrit dans le Schéma de Cohérence Territoriale (SCOT) 2006. Il illustre la volonté commune de conférer au territoire un véritable fonctionnement d'agglomération impliquant les polarités existantes de La Possession, du Port, de Saint Paul centre et d'une polarité nouvelle à concevoir et construire sur Cambaie.

Figure 99 Fig. 1. Cartographie du cœur d'agglomération décrit au SCOT 2006

Le cœur d'agglomération a alors pour vocation de renforcer les liens entre ces polarités et les différents projets qui les caractérisent, et notamment cette volonté unanime de reconquête et de valorisation du littoral, tant pour améliorer le cadre de vie des résidents que pour constituer de nouvelles offres de lieux touristiques.

En 2008, le Cœur d'agglomération candidate à l'appel à projet gouvernemental « Plan ville durable » et en 2009 le projet est retenu par le Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement Durable et de l'Aménagement du Territoire (MEDDAT) pour la démarche EcoCité.

En 2011, le SAR actuellement opposable confirme que l'organisation en Cœur d'Agglomération des espaces urbains du Port, de la Possession et de Saint-Paul Centre, en lien avec le TCSP et le futur réseau régional de transport guidé (supporté par le prolongement de l'axe mixte) conduira à constituer le pôle stratégique du territoire.

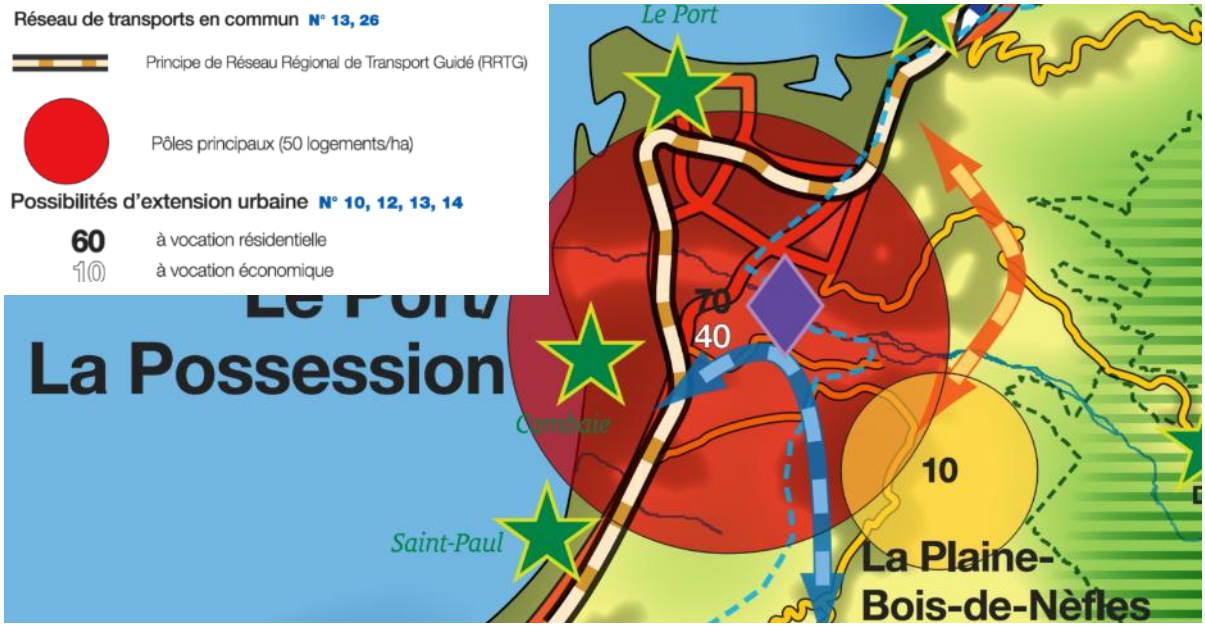


Figure 100 Schéma de synthèse du SAR

En 2013, le Territoire de l'Ouest retient son lauréat au concours de maîtrise d'œuvre urbaine « EcoCité insulaire et tropicale ». Un plan guide est validé en 2015, puis en 2018, les études préalables pour engager les premières opérations de la Plaine de Cambaie dont fait partie le prolongement de l'axe mixte, la ZAC Cambaie et la ZA Cornu.

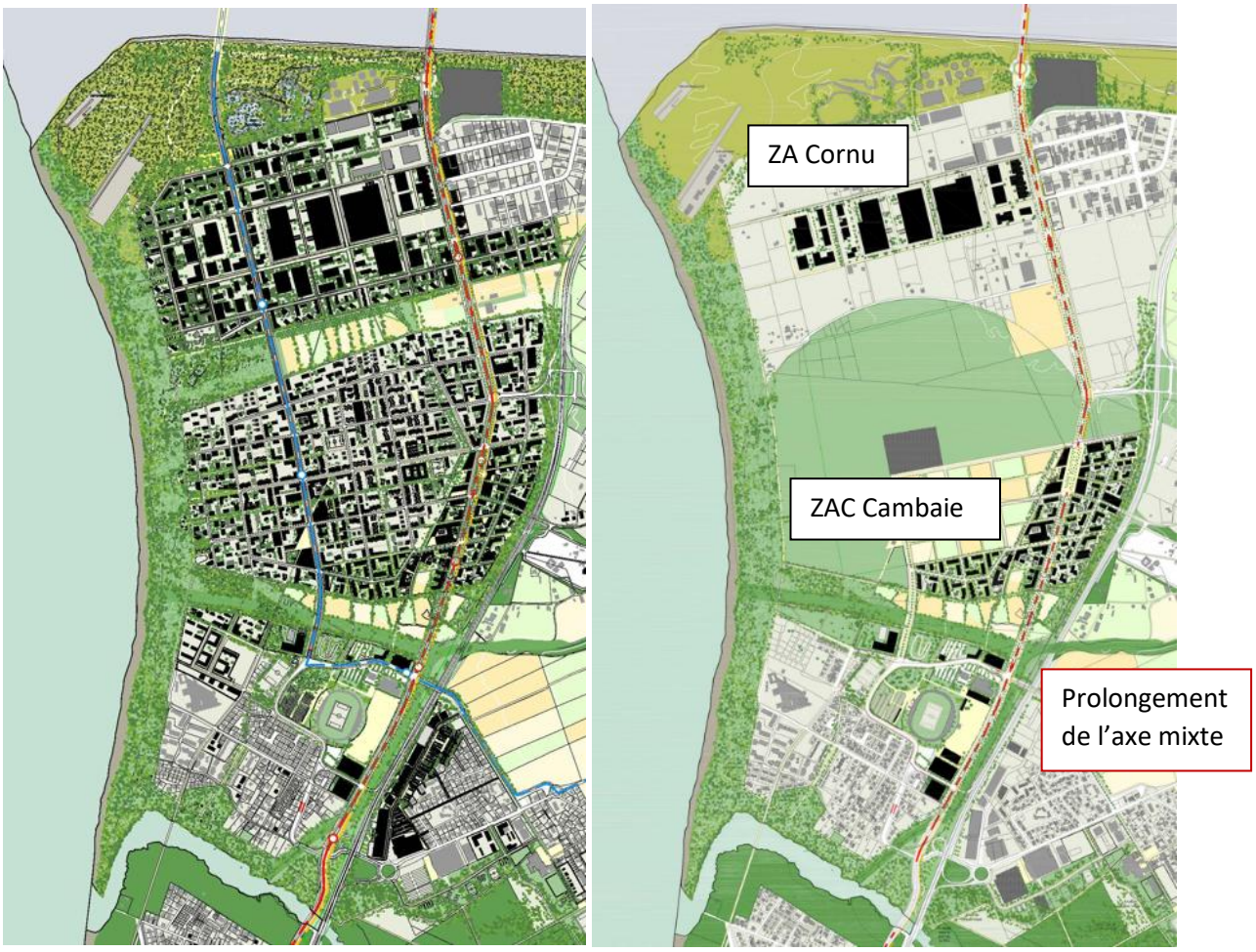


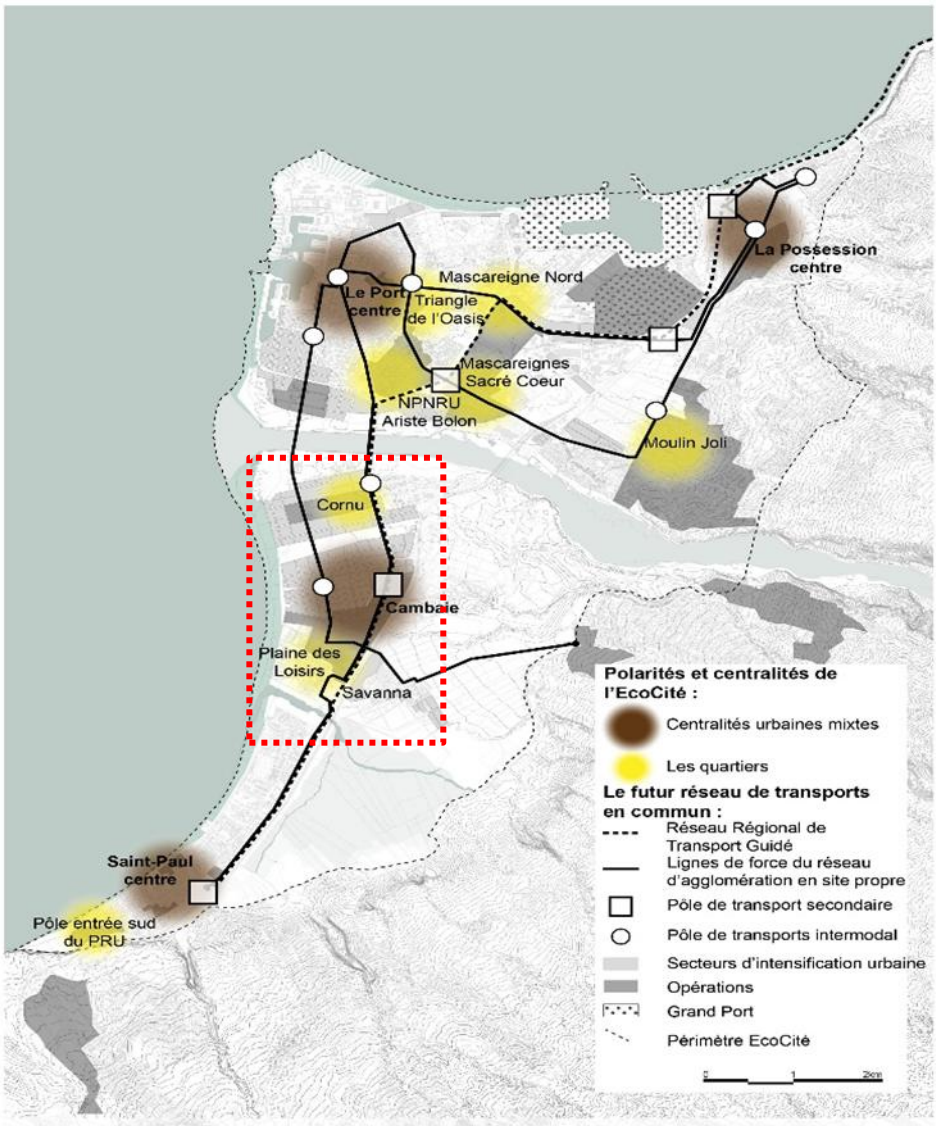
Figure 101 Le projet Ecocité sur la Plaine de Cambaie en 2045 à gauche et en première phase 2030 à droite

La Région qui a approuvé en 2015 sa participation à la réflexion, aux côtés de l'État et du Territoire de l'Ouest sur les modalités de mise en œuvre et de gouvernance du projet Ecocité, et qui a défini en parallèle le tracé de référence du RRTG traversant le cœur d'agglomération et du secteur Cambaie Oméga via l'Axe mixte et son prolongement, lance en 2020 un marché de maitrise d'œuvre pour le prolongement de l'axe mixte. Le présent dossier d'enquête constitue la traduction réglementaire des études réalisées dans le cadre de cette maîtrise d'œuvre.

5.2 LES ENJEUX D'AMENAGEMENT DE L'AXE MIXTE

5.2.1 La mise en œuvre de l'Ecocité Insulaire et Tropicale de la Réunion

Le projet de prolongement de l'axe mixte s'inscrit donc au cœur de la démarche Ecocité de la Réunion, dans le périmètre stratégique de la Plaine de Cambaie. La plaine de Cambaie qui s'étend sur environ 500 ha entre la rivière des Galets et le quartier Jacquot, et entre la RN1 et le littoral, constitue un espace stratégique majeur de l'Ecocité justifié par sa situation privilégiée vis-à-vis des axes de transport, sa proximité avec le Grand Port, le CHOR et les équipements commerciaux, son potentiel et sa maîtrise foncière publique ainsi que son insertion dans le tissu urbain constitué du cœur d'agglomération.



Le plan guide Ecocité constate que la Rivière des Galets et la RN1 ont contribué au fractionnement du territoire, et qu'il est important aujourd'hui de profiter de l'aménagement de ce potentiel foncier de Cambaie pour créer des liens nouveaux et ainsi assurer des connexions aisées et confortables entre les 3 centres-villes Possession – le Port – Saint Paul.

C'est dans ce cadre que s'inscrit le projet de la Région de prolongement de l'Axe mixte depuis l'échangeur de Cambaie jusqu'à l'échangeur de Savanna. Ce dernier va considérablement changer la donne en termes d'accessibilité et de désenclavement de Cambaie ainsi que du quartier Jacquot à Saint-Paul. Ce chaînon manquant du réseau viaire de l'Ouest permettra de poursuivre la liaison urbaine entre Le Port et Saint-Paul mais aussi de développer la desserte en transport en commun du territoire, grâce à des voies dédiées. Les enjeux d'aménagements de ce prolongement de l'axe mixte sont précisés ci-après.

5.2.2 Améliorer le réseau existant

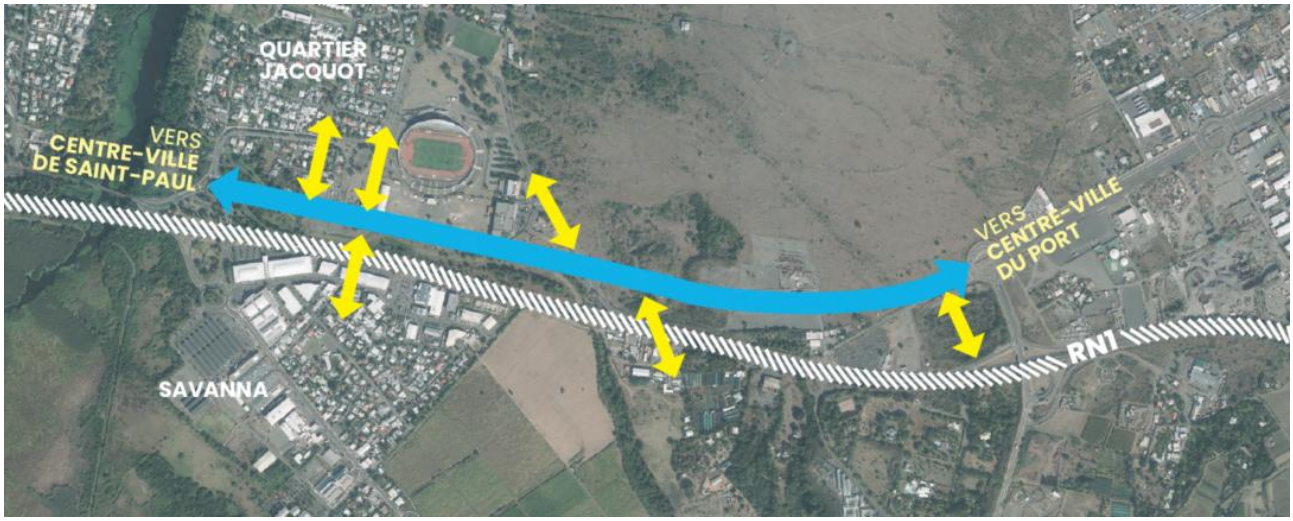
- Le renforcement du maillage

La création d'une nouvelle liaison entre l'échangeur de Savanna et l'axe mixte existant permettra d'offrir une liaison directe entre le centre-ville de Saint-Paul et le centre-ville du Port ce qui aura pour effet :

  - D'offrir une alternative aux usagers empruntant la RN1 en permettant d'éviter les échangeurs de Cambaie et de Savanna, qui absorbent aujourd'hui ce trafic interne au cœur d'agglomération.
  - De garantir l'accessibilité permanente du quartier Jacquot et de la zone de loisirs.

Cette liaison nouvelle pourra accueillir tous les modes de déplacement, afin de permettre le maillage des véhicules individuels, mais également des transports en commun et des modes doux (piétons et cycles).

L'axe mixte prolongé permettra de faire baisser localement le trafic sur le RN1.



- Le traitement des points de congestion

En vue de favoriser l'efficacité des transports en commun, en site propre sur tout le boulevard de Cambaie, de sécuriser les traversées piétonnes aux carrefours, et d'assurer une meilleure insertion urbaine, les carrefours avec TC (hors raccordement provisoire sur la rue du Stade et sur RN1a) sont gérés par de la signalisation lumineuse tricolore (SLT) en carrefour croix avec système de détection de l'arrivée des TC. Cette gestion permettra également d'assurer la régulation du trafic VL. Par ailleurs, cette option limite l'emprise foncière au sol des carrefours, et permet d'optimiser la surface constructible, et est plus économique à l'installation.

Seul le giratoire de Cambaie est conservé avec la mise en place de feux tricolores.

Figure 102 Le giratoire de Cambaie en projet

5.2.3 Développer les mobilités alternatives

Améliorer l'offre de transport en commun

Le prolongement de l'axe mixte permettra d'améliorer l'offre existante en transport en commun. En effet, en offrant un parcours entièrement dédié aux bus entre le Port et Saint-Paul, le prolongement de l'axe mixte permettra un gain de temps et de confort aux usagers des Transports en commun en site propre (TCSP), lesquels n'auront plus à emprunter la RN1 saturée.

Garantissant un meilleur niveau de service, les lignes actuelles gagneront en attractivité participant à la désaturation du réseau.

De plus, la plateforme centrale dédiée au bus et ses arrêts seront mutualisés dès la mise en service pour les Cars Jaunes et les Kar'Ouest, afin d'offrir une meilleure interconnexion et des meilleures conditions de confort et de sécurité aux usagers notamment au niveau des stations.

Enfin, la création d'un nouveau barreau constituera une opportunité d'adapter, voire de restructurer les lignes existantes et futures en permettant de nouvelles liaisons, de nouvelles interconnexions entre les liaisons existantes voire de nouvelles dessertes.

Développer les mobilités actives

L'axe mixte prolongé comprendra des espaces dédiés à la circulation des piétons et des cycles permettant d'offrir des cheminements confortables et sécurisés aux modes doux. Des pistes cyclables et des trottoirs ombragés seront réalisés afin de permettre le développement des mobilités actives dans les meilleures conditions. A noter que la Voie Vélo Régionale qui permettra à terme de faire le tour complet de l'île à vélo empruntera la nouvelle voie.

Favoriser l'intermodalité

L'axe mixte constituera également un carrefour des mobilités puisqu'il accueillera un pôle d'échange multimodal comprenant :

- Un parking relais
- Des arrêts de bus mutualisés Cars Jaunes et Kar'Ouest
- Des places de stationnement vélo sécurisés
- Une ouverture vers la ZAC et ses aménagements de centralité.

5.2.4 Adapter les aménagements à la vie urbaine

Un aménagement partagé

Le projet de prolongement de l'axe mixte intègre le partage de la rue par tous les usagers pour une amélioration de la qualité des déplacements dans une ambiance confortable et sécurisée.

Les mobilités actives sont en particulier privilégiées initiant une dynamique à l'échelle de l'Écocité en termes de parcours et de qualité d'usage. Elles accompagnent les pratiques de déplacement en transports en commun, et s'inscrivent dans une démarche vertueuse de la ville.

Le partage de la rue se traduit par des itinéraires réservés comprenant :

- Deux voies centrales dédiées aux transports en commun
- Une seule voie par sens de circulation pour les véhicules motorisés
- Des pistes cyclables, latérales isolées de la circulation motorisée
- Des trottoirs ombragés

L'axe mixte sera circulable à 50km/h pour les véhicules motorisés garantissant les meilleures conditions de confort et de sécurité aux modes doux.

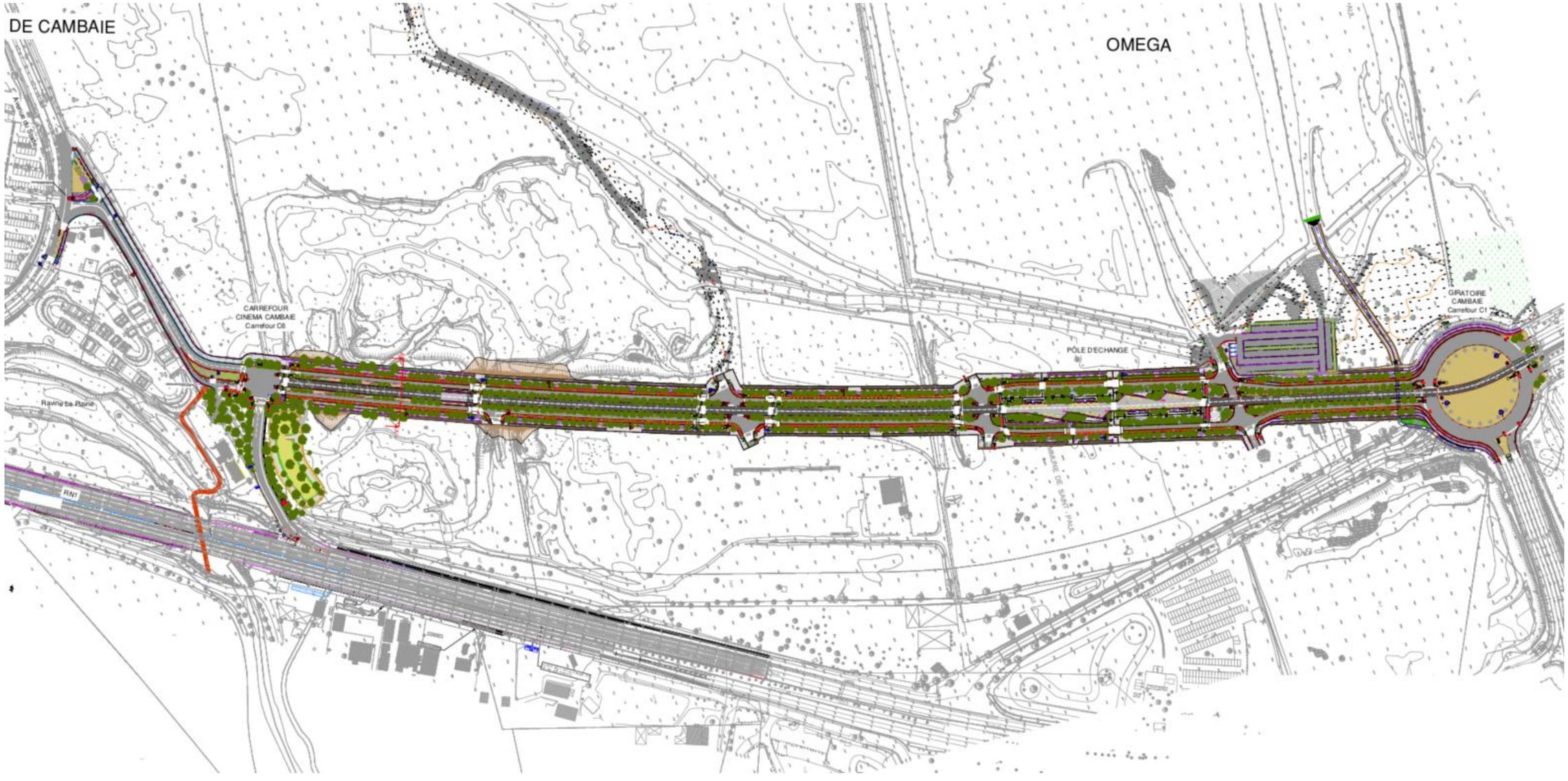
5.3 DESCRIPTION DU PROJET ET RAISONS DU CHOIX

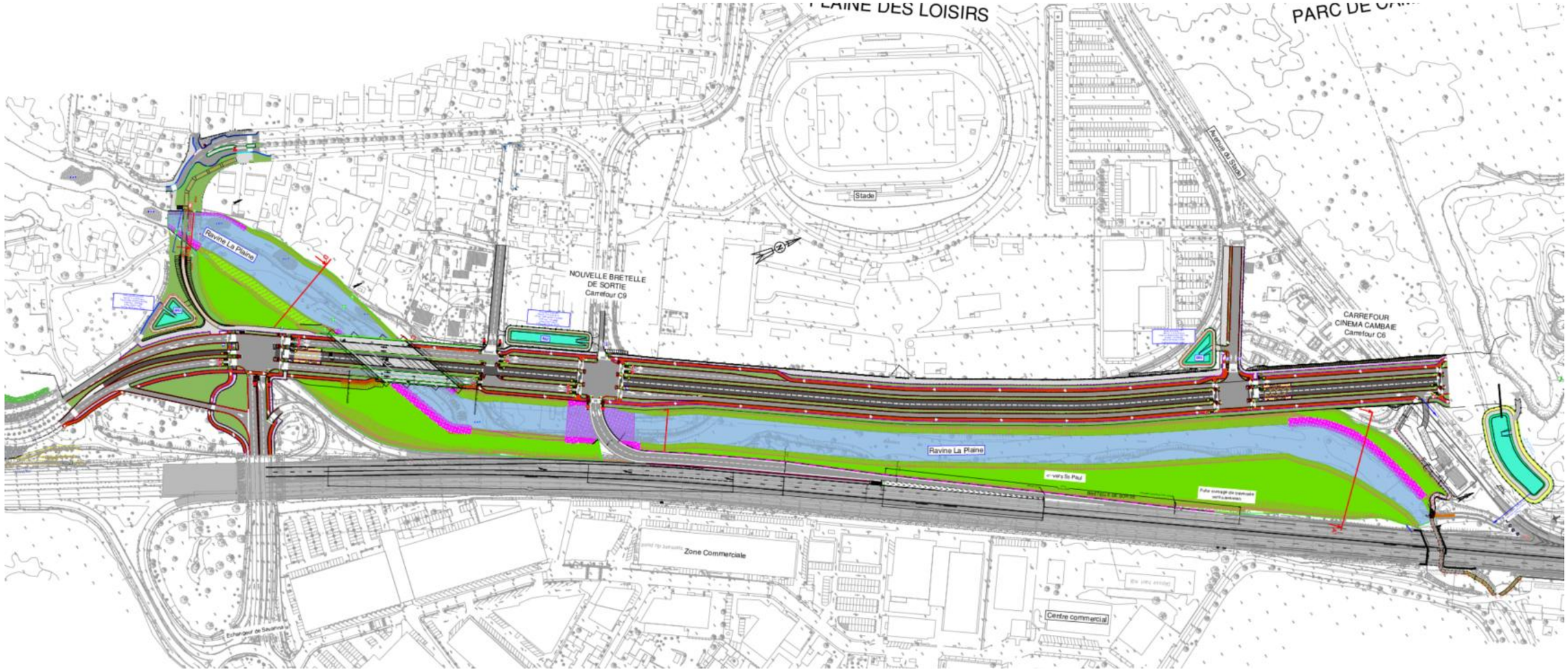
5.3.1 Plan de masse

Les deux illustrations en annexe présentent le plan de masse AVP du projet de prolongement de l'axe mixte : Le secteur 1 s'insère principalement sur les parcelles des anciennes carrières SCPR et se raccorde provisoirement sur la rue du Stade existante.

Le secteur 2 est réalisé en prolongement du secteur 1 du carrefour de la bretelle RN1 jusqu'à l'étang de Saint-Paul, sans le franchir. Il s'insère entre le site Expobat et la ravine la plaine recalibrée, ponctuellement sur la rue du stade existante. Le giratoire de Savanna est remanié en carrefour à feux.

Le projet prévoit également des interventions ponctuelles sur l'axe-mixte existant, situé entre le giratoire de la rivière des galets et le giratoire de Cambaie. Ces travaux comprennent des reprises de revêtements, déplacements de stations et l'adaptation du giratoire et carrefour pour assurer la continuité et la performance du site propre TCSP.


DE CAMBAIE
OMEGA
CARREFOUR
CINEMA CAMBAIE
Carrefour C6
GIRATOIRE
CAMBAIE
Carrefour C1
PÔLE D'ECHANGE
Ravine Ba Raine
RN1


PLAINE DES LOISIRS
PARC DE
Stade
Avenue du Stade
Ravine La Plaine
NOUVELLE BRETELLE
DE SORTIE
Carrefour C9
CARREFOUR
CINEMA CAMBAIE
Carrefour C6
Ravine La Plaine
Zone Commerciale
Centre commercial
Echangeur de Savanna

5.3.2 Caractéristiques de la voie et du matériel roulant

La voie qui créée en prolongement de l'axe mixte existant sur environ 2,1km est une voie de desserte dont la vitesse maximale autorisée de circulation est de 50 km/h. Des plateaux en enrobés permettent de sécuriser les traversées des modes doux en réduisant la vitesse de circulation des véhicules à 30 km/h.

La largeur de l'infrastructure varie de 35m environ jusqu'à 56m au droit du pôle d'échange de Cambaie. Elle est équipée d'une voie bi-directionnelle de Transport en Commun en Site Propre (TCSP) au centre, de deux voies véhicules roulant de part et d'autre, chacune longée par une piste cyclable et un trottoir piéton. Des noues séparent le TCSP des voies de circulation et les pistes cyclables des trottoirs.

Enfin des bandes mutables (espaces verts non plantées de type mélange terres-pierres) sont aménagées lorsque le projet longe la partie Nord de la ZAC Phaonce. Elles permettront de passer les réseaux de la future ZAC sans impacter l'infrastructure.

À sa mise en service, plusieurs lignes de transport en commun circuleront sur l'infrastructure routière préfigurant le futur RRTG. Dans un premier temps, le matériel roulant circulant sur le site propre est composé de bus simples à plancher haut (Car Jaunes) et de bus simples à plancher bas. À moyen terme, il est prévu la circulation de bus articulés, déployés dans le cadre d'un projet de BHNS, porté par le TO. A plus long termes, plusieurs lignes de transport guidé pourraient circulées dans les emprises de l'infrastructure routière préfigurée.

Le tableau ci-dessous résume les différentes hypothèses qui ont été prises en compte pour la conception de l'infrastructure

	Bus simple*	**Bus articulé**	**Tramway**
Caractéristiques physiques			
Longueur	12 - 13m	18 - 19m	30 à 44m
Largeur	2,4 - 2,5m	2,4 - 2,5m	2,2 à 2,4m
Alimentation	Autonome	Autonome	LAC[7]
Caractéristiques dynamiques			
Rayon de giration minimum	12m	12m	25m
Emprise au sol en alignement droit	7m	7m	5,6m
Emprise au sol en courbe	12m	12m	7,5m
Pente maximale en ligne	>10%	>10%	7%

[7] Ligne Aérienne de Contact

5.3.3 Description de l'insertion du prolongement de l'axe mixte

Le projet de prolongement de l'axe mixte est conçu sur la base d'un aménagement en 2x1 voies sur l'ensemble du linéaire.

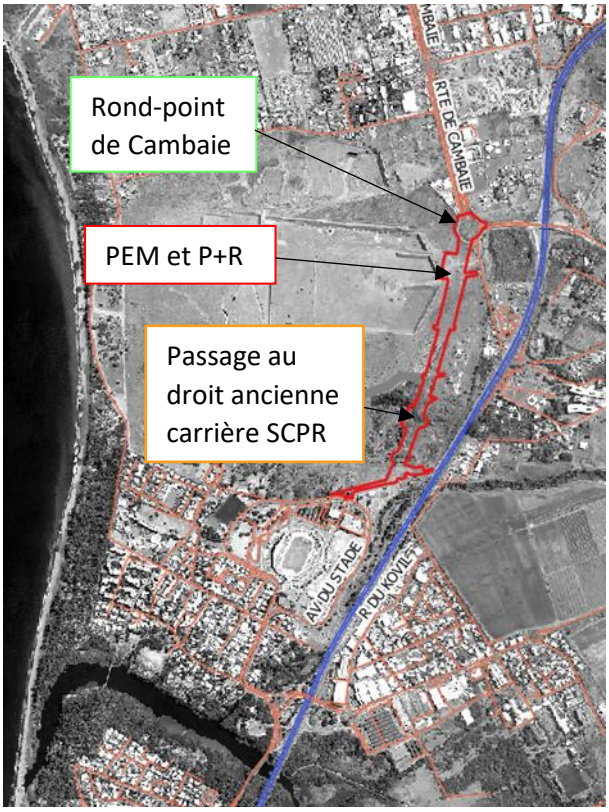
Ce choix permet d'optimiser l'intégration urbaine et paysagère du projet.

5.3.3.1 Sur l'axe mixte existant

La réalisation du prolongement de l'axe mixte nécessite quelques légers aménagements pour assurer la connexion du TCSP au secteur 1 : déplacement des arrêts de bus, signalisations, réalisation de plateau aux traversées piétonnes.

5.3.3.2 SECTEUR 1 Cambaie

La section 1 correspond à la création de l'axe structurant au cœur de la ZAC Phaonce. Elle s'insère dans le prolongement de l'axe mixte existant via le rond-point de Cambaie existant au Nord et se termine par la connexion avec l'avenue du Stade au Sud.



Cette section se caractérise par :

- Une longueur de l'ordre d'1km ;
- La présence du P+R ;
- La présence du PEM de 8 quais bus ;
- Une station située à 300 ml au Sud du PEM ;
- Une organisation en section courante avec :
  - La voie TCSP bidirectionnelle en voie centrale
  - Des noues de 3m de part et d'autre
  - Une chaussée en voie simple dans le sens montant à l'est et descendant à l'ouest
  - Une voie cyclable sécurisée de 2.5m le long de la chaussée
  - Une noue plantée de 3m apportant de l'ombrage aux usagers
  - Un trottoir de 2m
  - Une bande dite mutable dont la vocation est d'évoluer à terme en fonction des constructions futures de l'EcoCité bordant l'axe.

Il est à noter que le secteur 1 se raccorde dans un premier temps, sur la rue du Stade qui est en sens unique. La mise à 2 x 1 voie de la rue du stade est hors du périmètre de maitrise d'ouvrage de la Région Réunion.

Le profil en long de la section courante du prolongement de l'axe mixte est compris entre 1.0 à 4.0%.

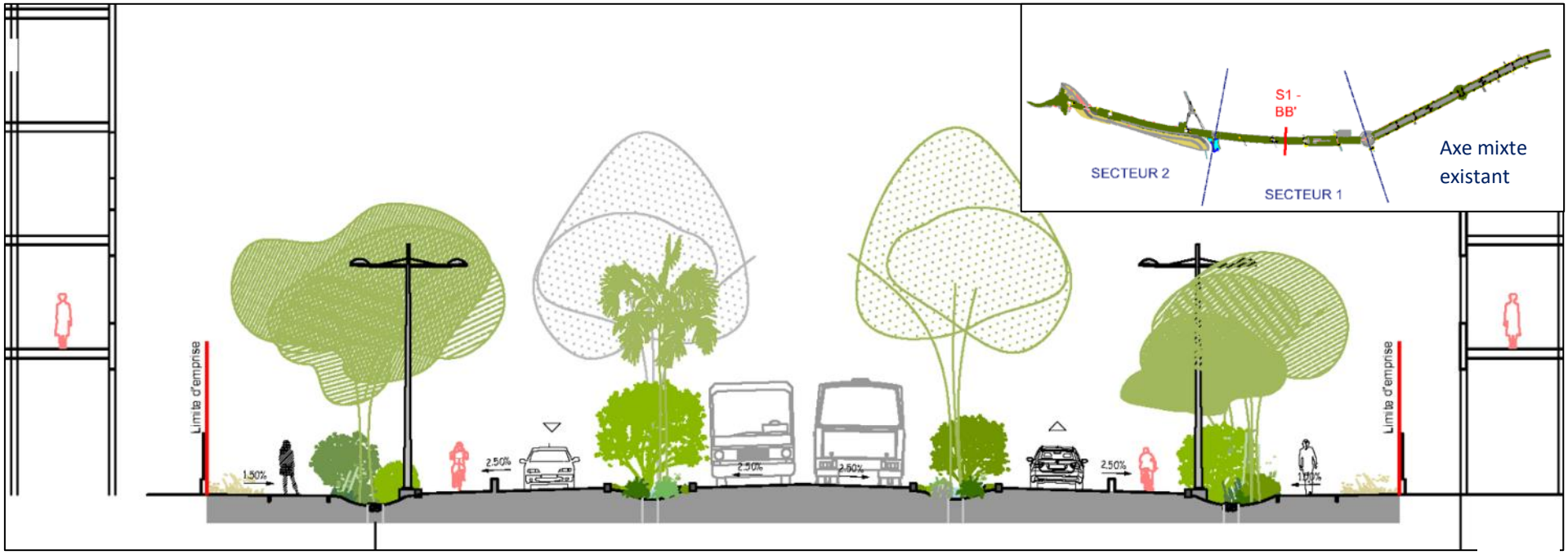
Le dévers est de 2.50% en direction des noues.

Le profil en travers est illustré sur la figure ci-dessous :

Secteur 1 - Profil en travers au droit du pôle d'échange :

A **A'**

Secteur 1 - Profil au centre du secteur 1 :



B **B'**

5.3.3.2.1 Le giratoire de Cambaie et la prise en compte des écoulement hydrauliques amonts

A l'état initial, au droit du giratoire de Cambaie, une partie des eaux de débordement de la ravine Piton Defaud s'écoule sur l'axe mixte et doit être gérée pour permettre son prolongement en projet.

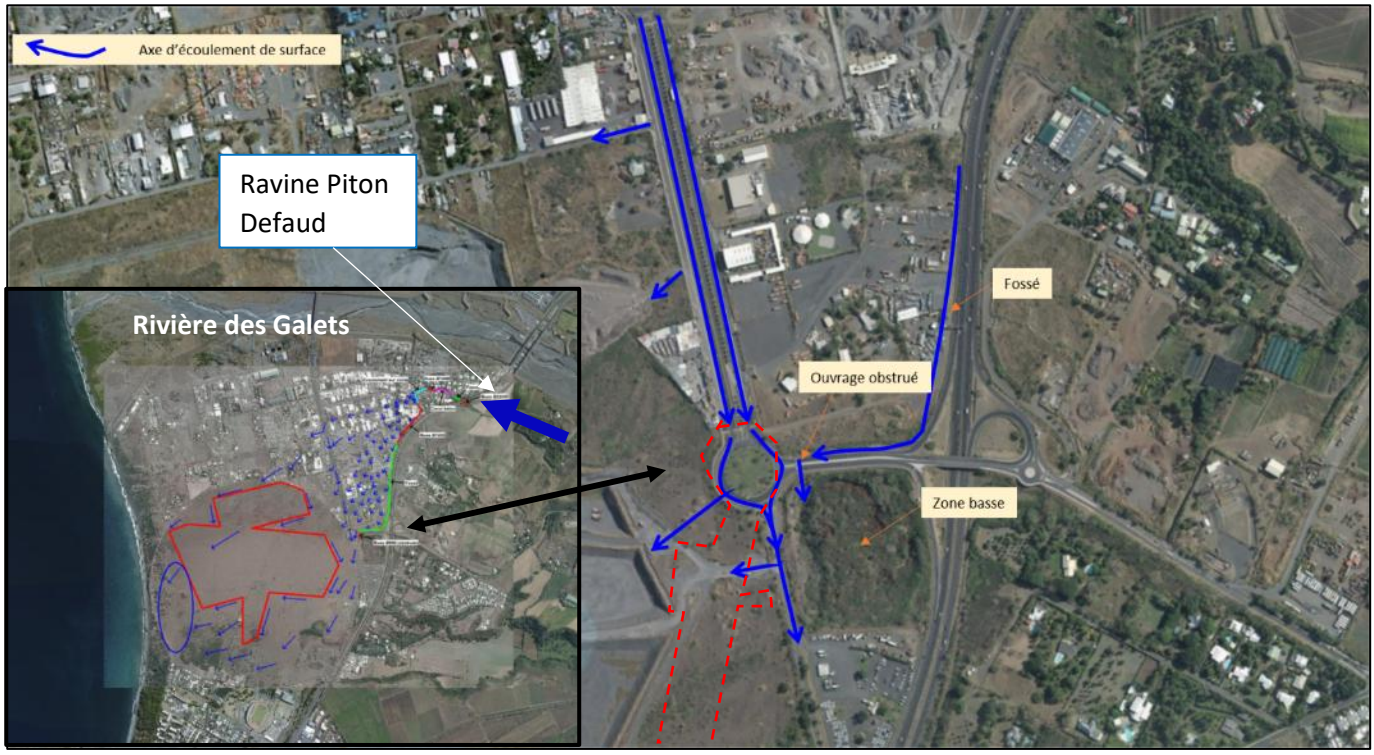


Figure 103 : schématisation des écoulements sur le secteur aval de la Ravine Piton Defaud

La répartition des débits qui arrivent au niveau du giratoire de Cambaie est synthétisée sur la figure suivante.

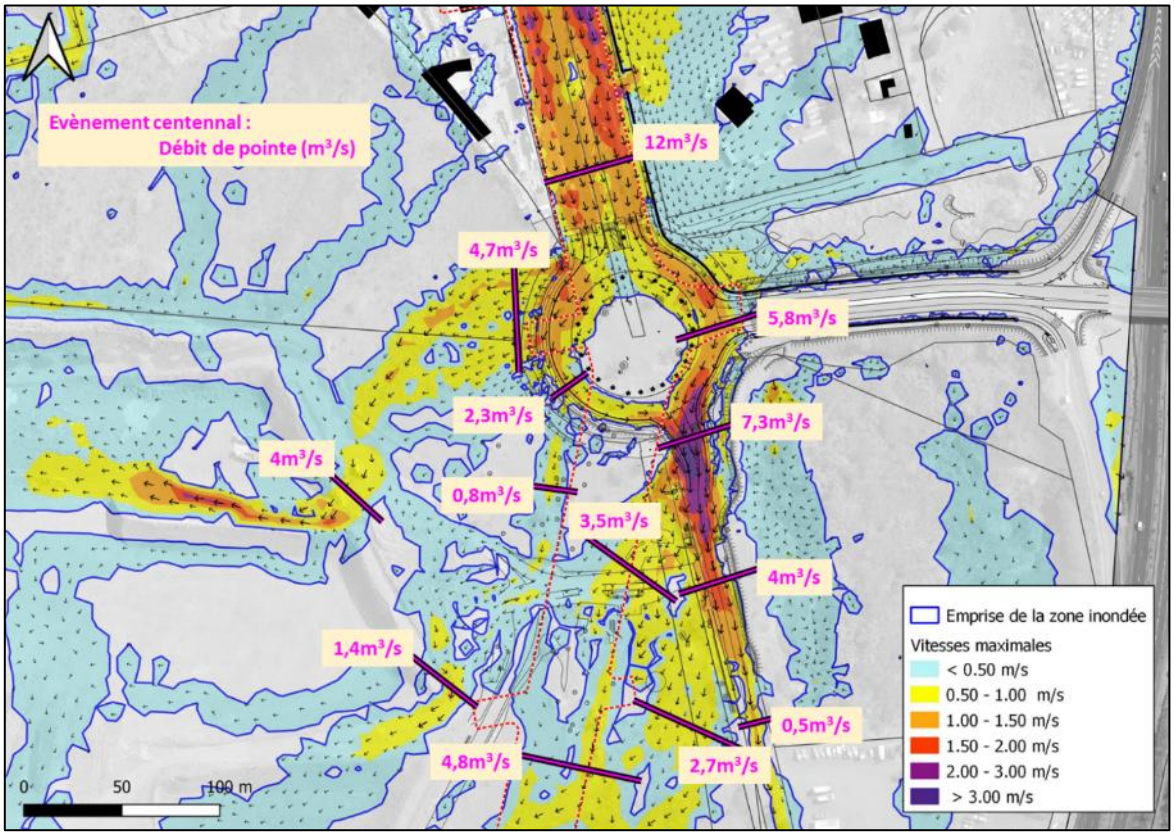


Figure 104 : Configuration de référence – Evènement centennal – Débits maximaux calculés

Description du choix : Le projet à élaborer doit proposer une praticabilité des voiries vis-à-vis de la problématique inondation (par débordement et par ruissellement pluvial). L'axe mixte existant (partie *nord*), situé en amont, n'est pas concerné par des aménagements : la voirie actuelle y est conservée. Il n'est donc pas possible de proposer une amélioration de la praticabilité de ce secteur par la mise en œuvre d'aménagements sur les secteurs en aval (1 et 2).

Le projet doit toutefois permettre de proposer la non submersion des voiries des secteurs 1 et 2. Pour cela, il convient de définir les modalités d'aménagement du secteur du giratoire de Cambaie qui permettent de dévier les écoulements en dehors des voiries. Différentes configurations topographiques ont été envisagées.

Pour retenir l'aménagement le plus pertinent, différents principes d'aménagements ont été définis et étudiés par modélisation. Trois scénarios proposant un traitement du giratoire/carrefour de Cambaie ont été définis :

- Carrefour à feux (scénario 1) ;
    - Cette configuration n'impacte pas les écoulements observés sur les secteurs en amont (zone industrielle et partie nord de l'Axe Mixte existant).
    - Cette configuration aggrave la praticabilité de la voirie en amont du carrefour (axe mixte existant) et propose une praticabilité dégradée de la partie sud de l'Axe Mixte (secteur 1).

- Giratoire avec bordures classiques (scénario 2) ;
    - Cette configuration n'impacte pas les écoulements observés sur les secteurs en amont (zone industrielle et partie nord de l'Axe Mixte existant).
    - En aval du giratoire de Cambaie, les écoulements suivent majoritairement les voies de l'Axe Mixte : près de 90 % du débit de l'amont poursuit sa progression vers le sud sur l'Axe Mixte (plus de 2 fois plus que pour la situation actuelle). Cette configuration se traduisait par une configuration très défavorable concernant la praticabilité des voiries de l'Axe Mixte sur le secteur 1.

- Giratoire avec bordures abaissées (scénario 3) ;

Cette configuration reprend la configuration précédente en intégrant la prise en compte de bordures abaissées pour les trottoirs sur les parties sud-est et sud-ouest du giratoire. L'abaissement des bordures a pour objectif de favoriser le déversement des écoulements depuis les voiries vers les zones plus basses du secteur des carrières.

- Cette configuration n'impacte pas les écoulements observés sur les secteurs en amont (zone industrielle et partie nord de l'Axe Mixte).
- La praticabilité aval de l'Axe Mixte sur le secteur 1 est proche de celle obtenue pour la configuration avec bordures classiques.

Les analyses précédentes ont permis d'alimenter les discussions avec la maitrise d'ouvrage. Ces échanges ont permis de définir une <u>nouvelle configuration</u> (scénario 4) qui intègre les aménagements suivants :

- Rehausse de la voie centrale du TCSP, afin de réduire la canalisation des écoulements dans la partie centrale de l'Axe Mixte,

- Création d'une pente de la voirie vers l'extérieur du rond-point combinée à des bordures de trottoirs abaissées, afin de favoriser l'évacuation des eaux de part et d'autre de l'Axe Mixte (côté *ouest* et *sud-est*),

- Création d'un fossé coté montagne pour récupérer et tamponner les eaux arrivant côté montagne avant de les rediriger vers le côté mer,

- Mise en place d'un dalot sous l'Axe Mixte, permettant d'évacuer les eaux coté montagne vers les anciennes carrières Oméga.

La cartographie suivante présente la topographie du site intégrant les aménagements retenus. La carte suivante présente les opérations de déblais / remblais associées à ces aménagements.

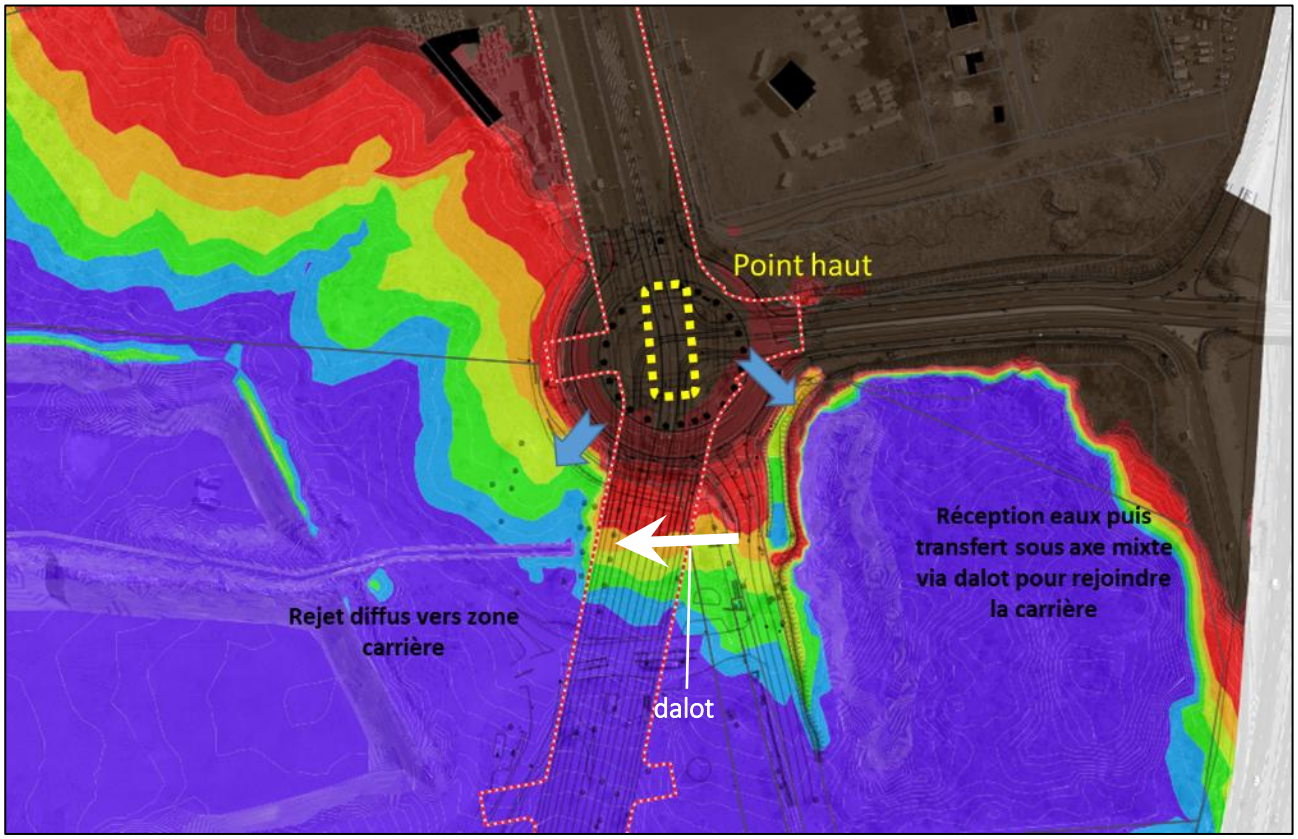


Figure 105 : Configuration « SCENARIO 4 » – Topographie

Le débit arrivant au niveau du giratoire est identique à celui obtenu pour la configuration de référence (état actuel).

Au niveau du giratoire, la création de la voie TCSP rehaussée permet de bloquer le transfert des écoulements de l'amont vers l'aval. Les écoulements sont alors répartis des deux côtés du giratoire, de manière quasi-identique.

Les eaux rejoignent les secteurs plus bas en aval des zones de bordures rabaissées, côté montage et côté océan. Les eaux côté montagne sont guidées par le fossé créé jusqu'à l'ouvrage de franchissement (dalot) de l'Axe Mixte. En aval, les eaux sont dirigées vers les zones basses des carrières où elles s'accumulent avant de s'infiltrer dans le sol.

En aval du giratoire, le secteur 1 n'est plus inondé par les écoulements arrivant de l'amont, ce qui permet de répondre aux objectifs fixés pour cet aménagement.

Avec le scénario 4, la praticabilité aval de l'Axe Mixte sur le secteur 1 est totale pour la crue centennale.

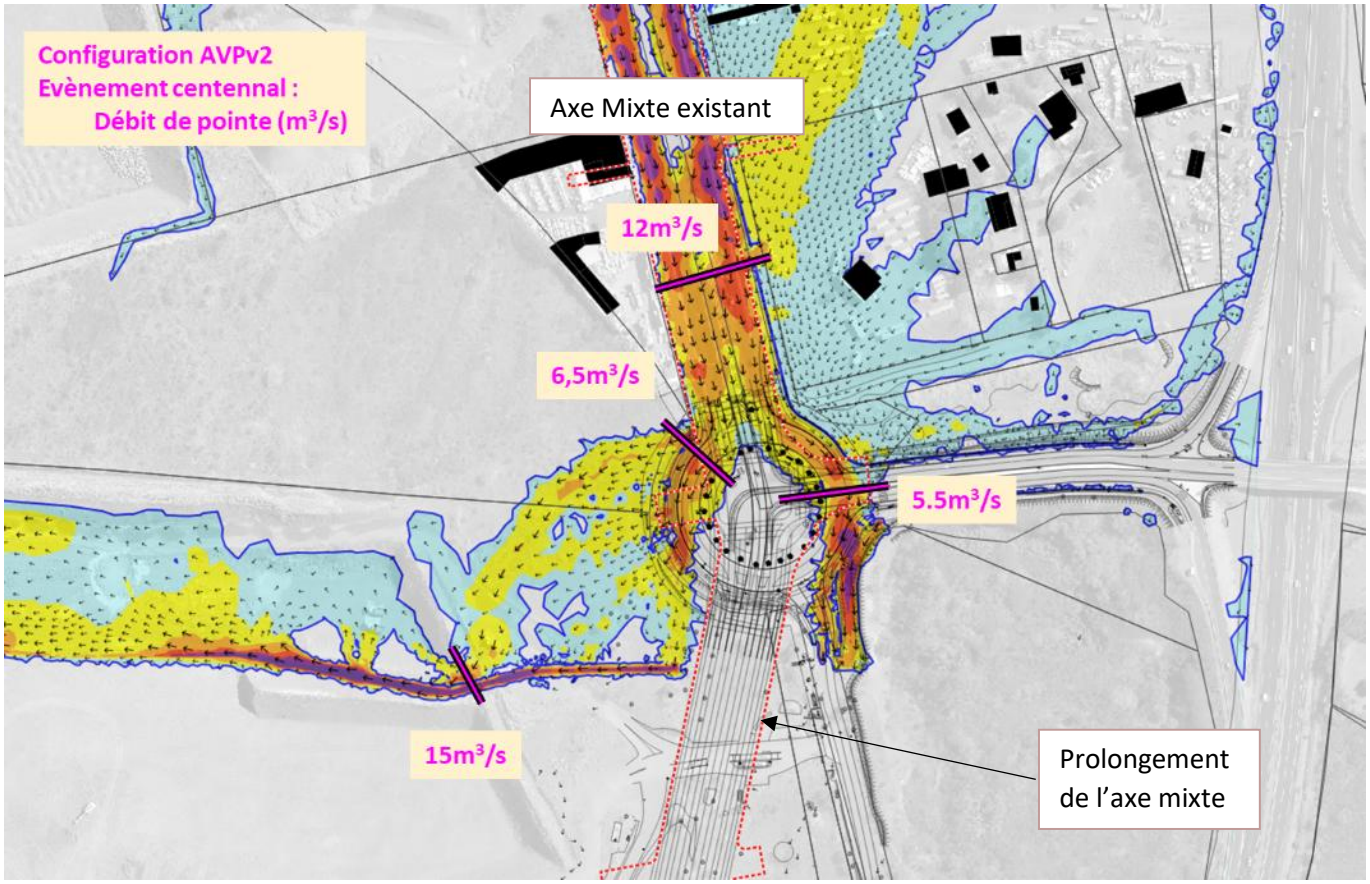


Figure 106 : Configuration PROJET SCENARIO 4– Evènement centennal – Débits maximaux calculés

Figure 107 Perspective du rond-point de Cambaie SCENARIO 4

5.3.3.2.2 Le pôle d'échange multimodal

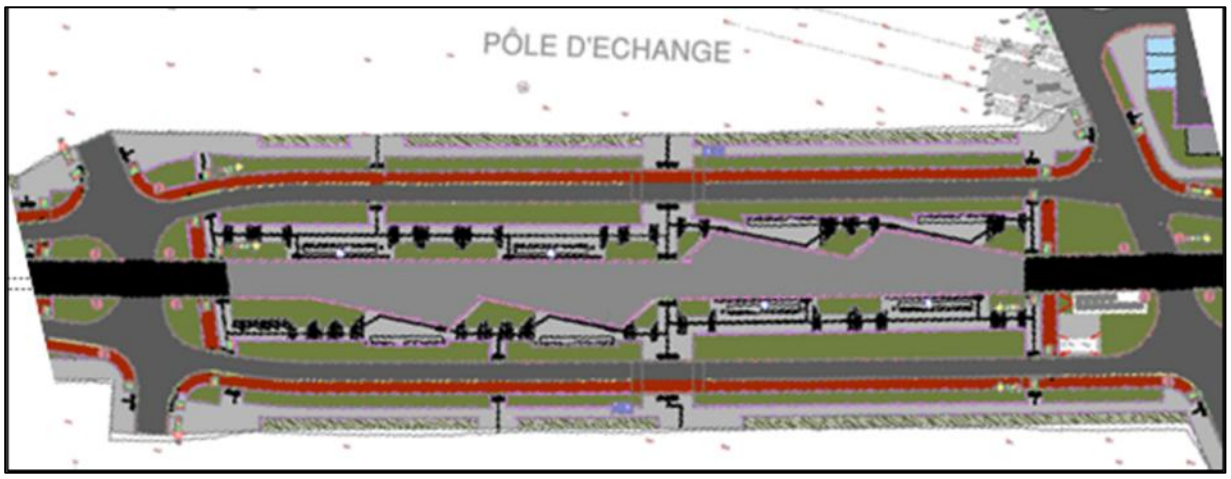
Le Pôle d'échanges multimodal PEM est un lieu d'échanges où se connectent différents modes de transports permettant de faciliter les correspondances, tant pour les liaisons de proximité que des déplacements plus lointains, tout en offrant des services adaptés aux besoins de tous les usagers.

Le PEM est connecté aux :

- Circulations piétonnes avec des traversées sur plateau surélevé au Nord et au Sud, et une traversée centrale permettant l'accès aux quais bus ; ces traversées sont placées au niveau des voies de la ZAC Phaonce pour favoriser l'ouverture du PEM vers la ZAC et faciliter les traversées de part et d'autre du boulevard ;
- Circulations de cycles, avec des pistes cyclables qui longent le PEM le long de la voirie et la possibilité de stationner son vélo dans un box dédié sécurisé ;
- parking relais situé à proximité permettant aux usagers VL de se stationner au plus proche pour favoriser l'interconnexion entre les modes de transports.

Il est organisé en 4 arrêts de bus, avec la possibilité de dépasser les bus à l'arrêt via la voie centrale.

Des espaces sont prévus pour la construction ultérieure d'espace de dépose sécurisée des vélos et d'un espace billetterie au nord et au sud.



<u>La réalisation du PEM suit par ailleurs les prescriptions de l'Ecocité :</u>

- Une connexion nécessaire du pôle avec l'environnement urbain par :
  - la création de continuités dans les liaisons douces menant aux différents espaces publics du quartier.
- Une priorité donnée aux usagers (piétons / cycles) en leur apportant confort et sécurité par :
  - des connexions piétonnes à niveau, sans passerelles,
  - des quais de bus larges permettant de créer des espaces d'attentes et de circulations différenciés,
  - un plateau large à niveau sur cette section du boulevard pour fluidifier les échanges piétons en sécurisant les traversées de voies VL, cycles et TC,
  - des aménagements d'agrément pour compléter ce lieu (parking sécurisé à vélo, assises, Abris voyageurs, Bornes d'information voyageur, des espaces réservés pour l'aménagement ultérieur d'un local billetique…),
  - une large place donnée aux plantations.
- Une même matérialité entre la place, les quais, la chaussée et les trottoirs pour figurer un ensemble homogène et cohérent :

Figure 108 Plan et perspective du Pôle d'échange multimodal

5.3.3.2.3 Le parking Relais

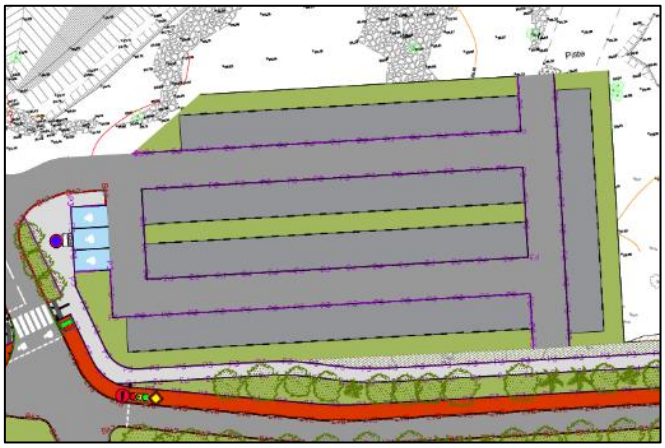


Figure 109 Plan du Parking Relais

Le parking relais est situé au nord du PEM et au sud du giratoire de Cambaie. Avec sa capacité de stationnement de 100 places, il permet aux utilisateurs du réseau de transport d'avoir un accès direct au bus. Ce parking est un véritable atout dans les enjeux d'interconnexion entre les différents modes de transports sur le territoire.

Sa conception a été pensée pour permettre une circulation fluide permettant de faire le tour complet. Les places de stationnement sont insérées « en bataille ».

Le P+R est provisoire, et sera remplacé à termes par les aménagements de la ZAC PhAonce qui prévoit plusieurs parkings à proximité immédiate de celui-ci.. Il est ainsi prévu en matériaux sobres : simple enrobé sur les voies, et graves perméables sur les places) permettant de limiter les couts de déconstruction tout assurant un aménagement pérenne pendant sa durée de vie. Il n'est ainsi pas prévu de l'équiper de bornes de recharges pour véhicules électriques.

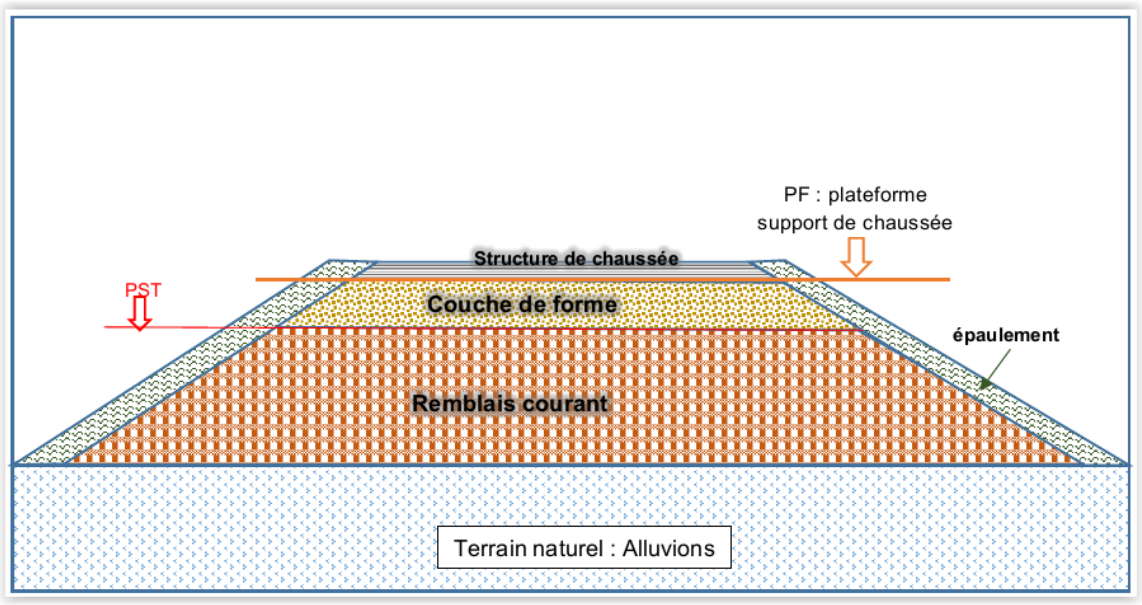
Un réseau d'éclairage public permettra l'éclairage des places PMR, situées à proximité du boulevard.

5.3.3.2.4 Le franchissement de l'ancienne carrière SCPR

Une reconstitution du profil du terrain naturel par remblaiement de la carrière existante est prévue pour la réalisation de l'axe mixte sur environ deux fois 50 m de longueur. En raison de la géométrie de la carrière, il est prévu :

- un comblement complet des dépressions créées par l'exploitation de la carrière dans l'axe de la future route ;
- la réalisation de talutage de part transversalement.

La hauteur totale du remblai attendue est comprise entre 3 et 8 mètres. Le corps du remblai constituera le sol d'assise de l'aménagement routier. La géométrie transversale attendue de l'ouvrage est la suivante :



Des redans sur le front de taille de la carrière pourront être nécessaires afin de réaliser des accrochages entre la route en remblais et la zone excavée.

Les redans d'accrochages dans les talus de la carrière seront réalisés sous la forme de successions de talus subverticaux avec risbermes. En première approche, les pentes générales de ces accrochages devront être réalisées entre 3H/1V et 3H/2V.

Pour les talus réalisés transversalement à la future chaussée, il sera en première approche envisagé de réaliser un talus à 3H/1V permettant de procéder à des mesures d'entretien.

Il conviendra à un stade plus avancé du projet, à partir de coupes et profils détaillés, de vérifier les conditions de réalisation de ces talus afin d'assurer en phase provisoire puis définitive la stabilité des talus.

La couche de forme sera réalisée en matériaux d'apport de type GNT 0/80 insensible à l'eau type D31. L'épaisseur de la couche de forme pourra varier suivant le type de matériaux mis en œuvre.

Hors renforcement des remblais d'apport, il sera nécessaire de prévoir un talus de pente inférieure ou égale 18° (3H/1V).

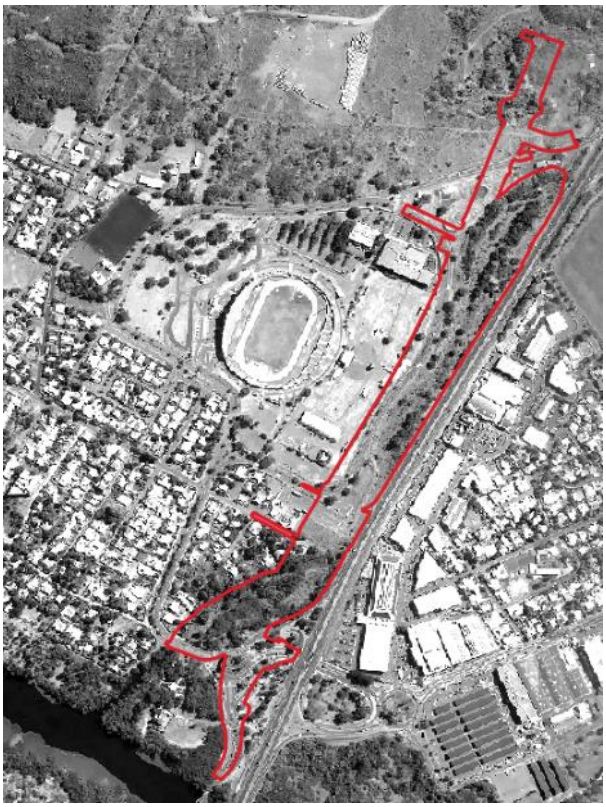
Dans le cas où les pentes de talus à 3H/1V sont conservées, des mesures de protection des talus contre le ravinement et l'érosion seront mises en place (végétalisation,…)

Deux buses béton Ø800 sont disposées en fond de remblai pour assurer la transparence hydraulique du remblai et la connexion du bassin versant.

Cet aménagement représente un volume d'environ 25 500 m³ de remblai pour asseoir le boulevard dans le prolongement du terrain naturel.

Il a été envisagé d'assurer un passage inférieur en « tunnel » par la mise en place d'une voûte sous la voie à ce niveau, si le projet urbain le nécessite. Le tunnel aurait alors une longueur de 60 m environ sur une largeur de 3,0m, et joue également le rôle de passage faune et continuité hydraulique. **Lors des différentes réunions de coordination menées avec le GIP Eco cité, lors de la phase AVP, la création du passage inférieur sous l'axe mixte pour l'usage des véhicules agricole, a été écarté**

5.3.3.3 SECTEUR 2 – Savannah



La section 2 correspond à la création de la prolongation au sud de l'axe dans la continuité du secteur 1. Cette section longe la ravine de la Plaine et le site de l'ExpoBat.

Cette section se caractérise par :

- Une longueur de l'ordre de 1.2km.
- Un profil similaire à la section 1 avec la suppression du trottoir à l'Est le long de la ravine.

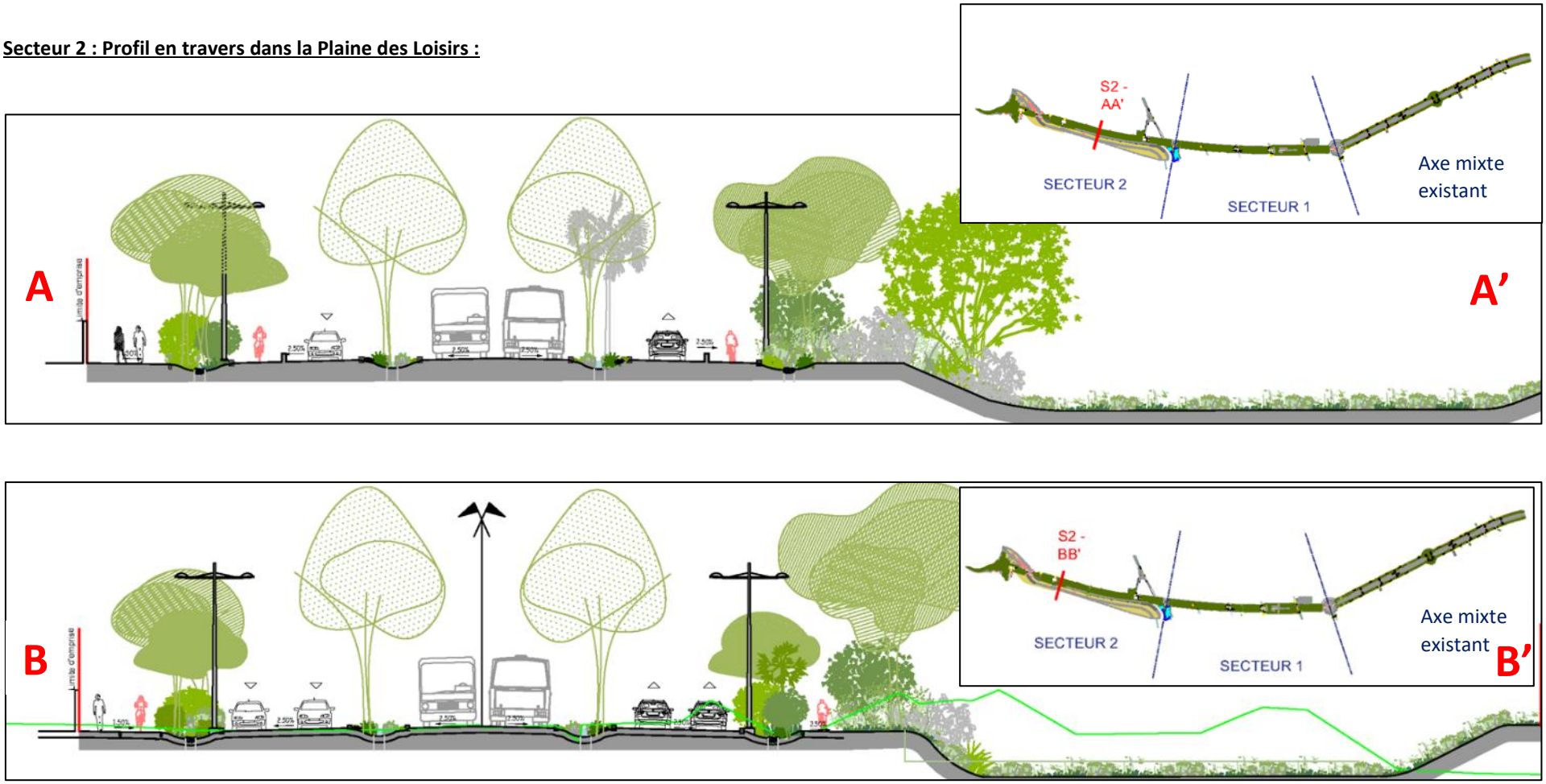
Le profil en long de la section courante du prolongement de l'axe mixte est compris entre 0.7 à 3.5%.

Le dévers est de 2.50% en direction des noues.

Le secteur 2 comporte 2 stations, l'une desservant le ciné Cambaie, la seconde desservant les quartiers Jacquot et Savanna. Les stations sont composées de deux quais latéraux face à face.

Le profil en travers est illustré sur la figure suivante :

Secteur 2 : Profil en travers dans la Plaine des Loisirs :



5.3.3.4 Les ouvrages d'arts

Le projet prévoit trois franchissements de la ravine la Plaine :

Du nord au Sud, le premier est rendu nécessaire par la réalisation d'une sortie entre la RN1 vers la Plaine des Loisirs. Il s'agit de la « Bretelle Ravine la Plaine ».

Le second ouvrage est l'ouvrage principal qui est rendu nécessaire pour franchir la ravine la Plaine, qui longeait jusqu'ici la RN1 et rejoint l'étang de Saint Paul en bifurquant au Sud-Ouest, alors que l'axe Mixte longe la RN1.

Le troisième ouvrage est une passerelle piétonne en lieu et place du radier routier, supprimé par le projet.

5.3.3.4.1 Ouvrage d'Art Nouvelle Bretelle de sortie RN1

L'ouvrage doit franchir la ravine La Plaine. La largeur droite de la brèche atteint environ 25.00m au droit du franchissement projeté.

Deux contraintes majeures ont conditionné globalement la conception de l'ouvrage, à savoir l'hydraulique et le nivellement des raccordements aux abords.

L'altimétrie du niveau fini de la bretelle de sortie est conditionnée en rive droite par le niveau de la RN1 à 5.10mNGR. Ce nivellement est fixe et ne peut être modifié car il n'est pas prévu d'effectuer des travaux de modifications de la RN1.

En intégrant l'épaisseur de la couche de roulement et le dévers à pente unique de l'ouvrage (-26cm), l'altimétrie du niveau brut du tablier atteint donc 4.74mNGR.

Par ailleurs, l'étude hydraulique conclut sur un niveau altimétrique des plus hautes eaux (Q10) à 4.30mNGR.

Ainsi, sans tenir compte d'un tirant d'air minimal par le passage des embâcles, l'épaisseur structurelle du tablier est donc limitée à 0.44m maxi, ce qui est relativement faible compte tenu de la largeur de brèche à franchir de l'ordre de 25m.

En conséquence, cette première analyse a conduit à écarter les solutions à portée unique car elles ne permettent pas d'atteindre l'élancement recherché (environ 1/50ième) pour un ouvrage de 12m de large. Ce constat s'applique aussi bien aux structures classiques (pont à poutres, pont dalle, etc.) qu'aux structures majoritairement « extradossées » (type pont en arc bow-string, pont à poutres latérales ou autres).

Pour obtenir un ouvrage fin et respecter les contraintes de nivellement et de niveau PHE, il est donc nécessaire de réduire les portées mises en jeu en prévoyant des appuis intermédiaires dans la ravine. La conception doit s'orienter vers les solutions suivantes :

- Ouvrage à 2 travées : seule une solution structurelle de type poutrelles enrobées permet d'atteindre l'élancement requis.
- Ouvrage à 3 travées : cette configuration n'ouvre pas davantage de solution structurelle que la configuration précédente à 2 travées, en revanche la réalisation d'un appui intermédiaire supplémentaire permet de réduire les portées en jeu et donc réduire l'épaisseur du tablier de type poutrelles enrobées.
- Ouvrage à 4 travées : avec 3 piles intermédiaires, les portées sont désormais limitées à 8.50m maximum et permettent le recours à des solutions structurelles de type pont dalle en béton armé d'épaisseur compatible avec les contraintes du projet.

		Solution 1 : OA à 2 travées de type PPE *Tablier mixte en poutrelles enrobées*	Solution 2 : OA à 3 travées de type PPE *Tablier mixte en poutrelles enrobées*	Solution 2 : OA à 4 travées de type PSI-DA *Tablier dalle en béton armé*
Contraintes fonctionnelles	Géométrie en plan Profil en travers de la voie portée Profil en travers de la voie franchie Profil en long	**Avantage(s) :** La solution répond à l'ensemble des contraintes du projet sur ce thème. **Inconvénient(s) :** Sans objet		
Contraintes du site	Topographie et accès au site	**Avantage(s) :** La solution répond à l'ensemble des contraintes du projet sur ce thème. **Inconvénient(s) :** Sans objet		
	Géotechnique, sismique et hydraulique	**Avantage(s) :** La solution répond à l'ensemble des contraintes du projet sur ce thème. Tirant d'air de 17cm par rapport au niveau de crue Q10. **Inconvénient(s) :** Sans objet	**Avantage(s) :** La solution répond à l'ensemble des contraintes du projet sur ce thème. Tirant d'air de 36cm par rapport au niveau de crue trentennale. **Inconvénient(s) :** Sans objet	**Avantage(s) :** La solution répond à l'ensemble des contraintes du projet sur ce thème. Tirant d'air de 17cm par rapport au niveau de crue Q10. **Inconvénient(s) :** Sans objet
	Foncier	**Avantage(s) :** La solution répond à l'ensemble des contraintes du projet sur ce thème. **Inconvénient(s) :** Sans objet		
	Réseaux, patrimoine, risque technologique et constructions avoisinantes	**Avantage(s) :** La solution répond à l'ensemble des contraintes du projet sur ce thème. **Inconvénient(s) :** Sans objet		
	Environnement	**Avantage(s) :** La solution répond à l'ensemble des contraintes du projet sur ce thème. **Inconvénient(s) :** Sans objet		
Contraintes d'exploitation	Charges d'exploitation	**Avantage(s) :** La solution répond à l'ensemble des contraintes du projet sur ce thème. **Inconvénient(s) :** Sans objet		
	Equipements	**Avantage(s) :** La solution répond à l'ensemble des contraintes du projet sur ce thème. **Inconvénient(s) :** Sans objet		
	Accessibilité, surveillance, entretien et maintenance des structures	**Avantage(s) :** Sans objet **Inconvénient(s) :** Joints de chaussée et 9 appareils d'appui à entretenir et à remplacer durant la vie de l'ouvrage. Entretien et maintenance de la structure métallique onéreuse (peinture anti corrosion).	**Avantage(s) :** Sans objet **Inconvénient(s) :** Joints de chaussée et 12 appareils d'appui à entretenir et à remplacer durant la vie de l'ouvrage. Entretien et maintenance de la structure métallique onéreuse (peinture anti corrosion).	**Avantage(s) :** Entretien et maintenance très limité de la structure en béton. **Inconvénient(s) :** Joints de chaussée et 15 appareils d'appui à entretenir et à remplacer durant la vie de l'ouvrage.
Contraintes de réalisation	Contraintes en phase travaux	**Avantage(s) :** Absence d'étaiement. Rapidité d'exécution du tablier. **Inconvénient(s) :** Phase sensible d'assemblage sur site des profilés par soudure.	**Avantage(s) :** Absence d'étaiement. Rapidité d'exécution du tablier. **Inconvénient(s) :** Phase sensible d'assemblage sur site des profilés par soudure.	**Avantage(s) :** Sans objet **Inconvénient(s) :** Réalisation sur cintre avec étaiements plus lente et d'avantage exposée aux aléas climatiques.
	Délai estimatif de réalisation	**Avantage(s) :** De l'ordre de 11 à 13 mois (selon délai d'approvisionnement de la charpente) **Inconvénient(s) :** Délai d'approvisionnement de la charpente métallique à anticiper dans le planning général de travaux.	**Avantage(s) :** De l'ordre de 11 à 13 mois (selon délai d'approvisionnement de la charpente) **Inconvénient(s) :** Délai d'approvisionnement de la charpente métallique à anticiper dans le planning général de travaux.	**Avantage(s) :** De l'ordre de 13 mois **Inconvénient(s) :** Sans objet
Economie	Coûts estimatifs en € H.T.	**Prix global :** 1 793 000 € HT (soit 245 000 €HT plus cher) **Ratio :** 4 980 € HT/m²	**Prix global :** 1 645 000 € HT (soit 97 000 €HT plus cher) **Ratio :** 4 570 € HT/m²	**Prix global :** 1 548 000 € HT Frais d'entretien limité **Ratio :** 4 300 € HT/m²

LEGENDE : Très favorable | Favorable | Neutre | Gênant | Très pénalisant | Réhibitoire

Au final, les trois solutions d'ouvrage répondent à l'ensemble des critères techniques du projet, il s'agit du pont à poutrelles enrobées à 2 ou 3 travées, et du pont de type dalle armée à 4 travées.

Bien que plus robuste et nécessitant moins d'entretien, la solution de pont dalle armée à 4 travées pénalise le gabarit hydraulique (contrainte majeure pour ce franchissement) en multipliant le nombre d'appui intermédiaire dans le lit mineur de la ravine sans pour autant dégager de tirant d'air supplémentaire.

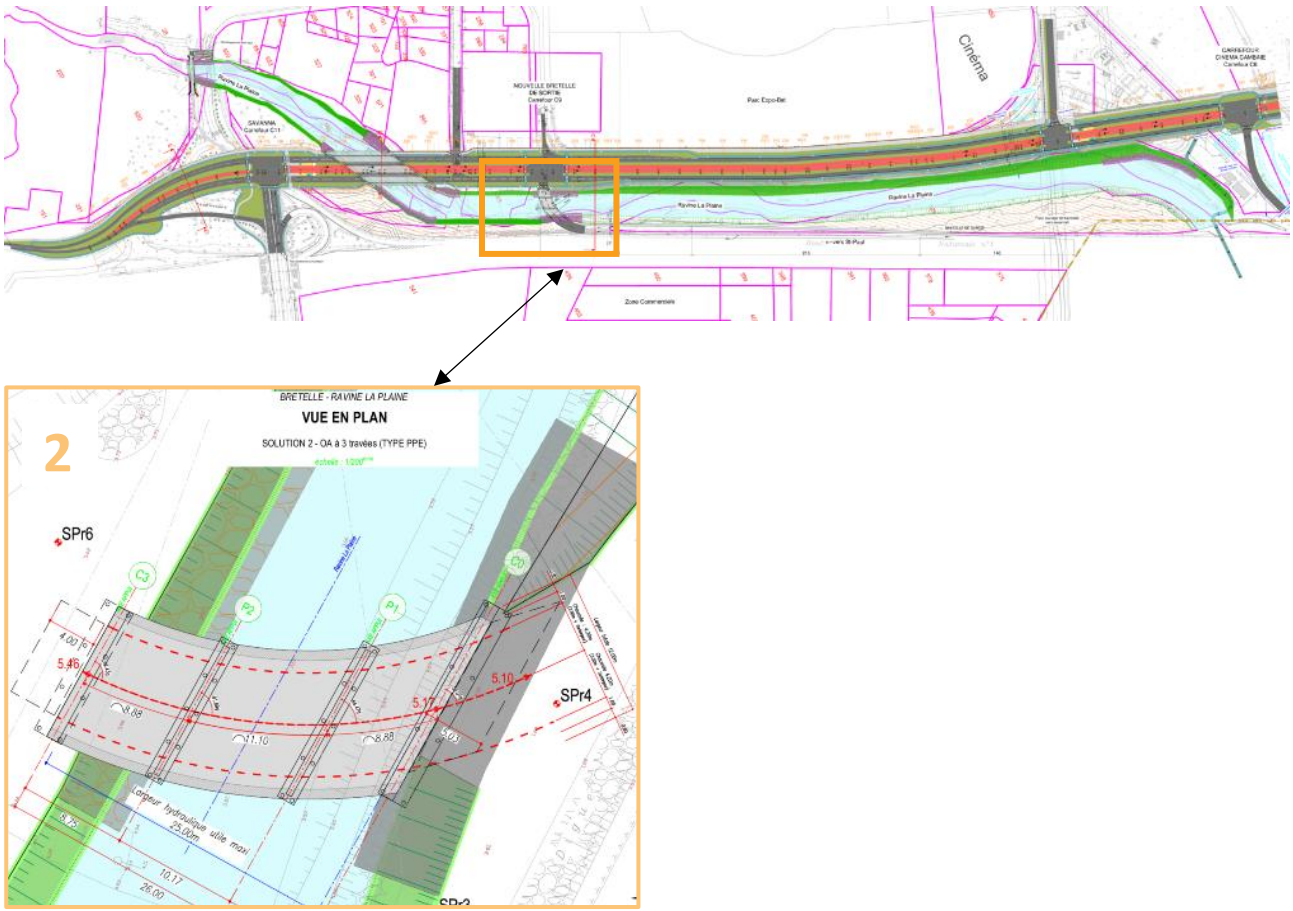
Les solutions d'ouvrage de type pont à poutrelles enrobées à 2 ou 3 travées se démarque de l'analyse multicritère détaillée précédemment, notamment en raison de :

- Un gabarit hydraulique plus important (de +0.50 à +1.00m de largeur utile, et +10cm de tirant d'air dans la configuration 3 travées),
- Une réalisation du tablier plus simple, plus rapide et moins sensible aux aléas climatiques en évitant l'usage d'étaiements,
- Un coût relativement proche de la solution la plus économique.

Bien que les semelles inférieures des poutrelles enrobées nécessitent plus d'entretien qu'un tablier entièrement en béton, notamment en raison des remises en peinture à prévoir durant la vie de l'ouvrage, la configuration du site ne pose pas de difficulté technique particulière pour réaliser ces travaux de maintenance.

Au final, compte tenu de ces éléments, il a été recommandé de retenir une solution d'ouvrage de type pont à poutrelles enrobées à 3 travées (solution 2 dans le présent document).

L'ouvrage à trois travées (2).



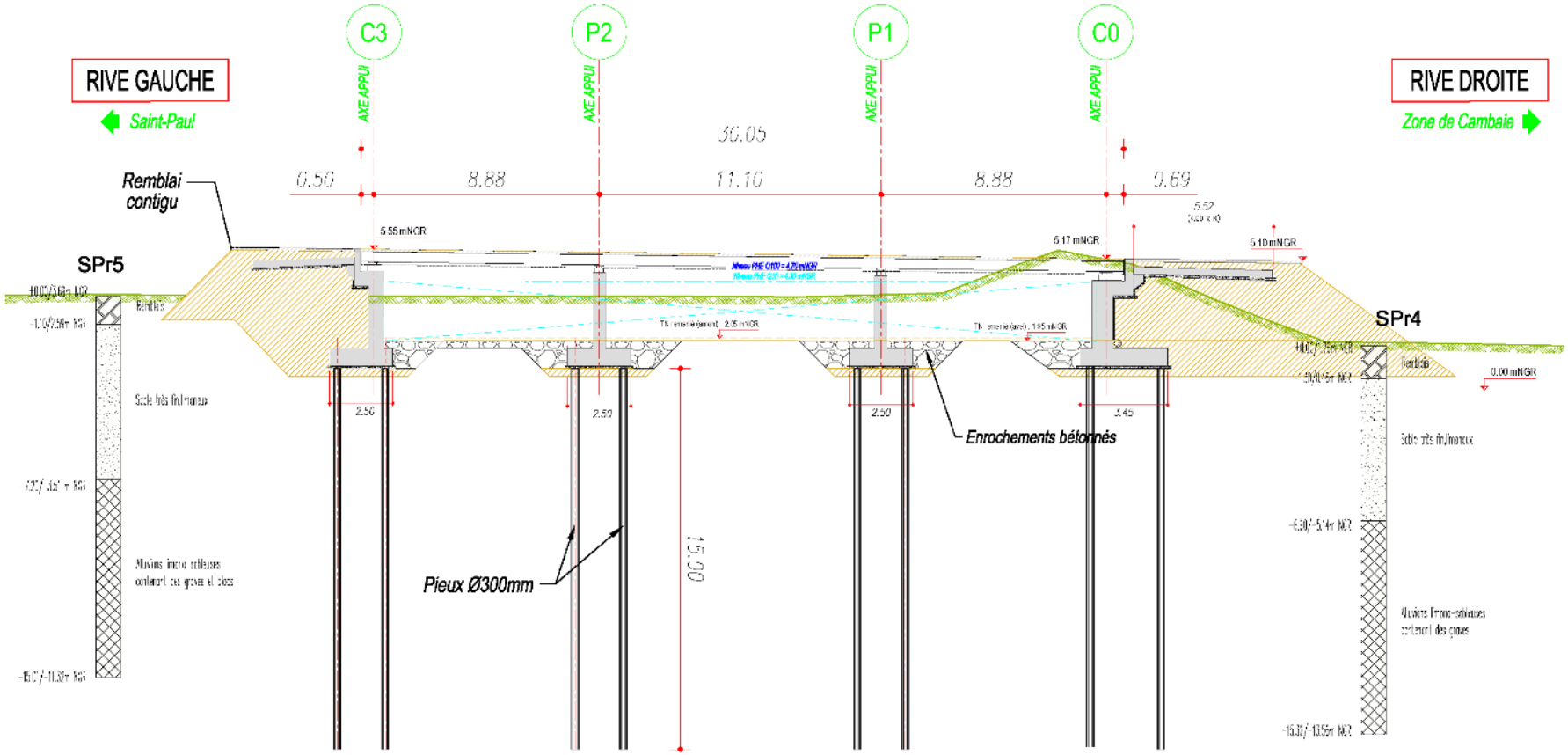
2

BRETELLE - RAVINE LA PLAINE

COUPE LONGITUDINALE

SOLUTION 2 - OA à 3 travées (TYPE PPE)

échelle : 1/200ème



AXE MIXTE - SECTEUR 2 - CARNET DE PLAN DES OUVRAGES				
5.15 OA Bretelle RN1 Coupe Longitudinale Solution 2 [OA 3 travées] Folio 15/26				
Indice	Dessin	Vérif	Date	Commentaires
2	ICt	IPt	07/11/22	MàJ OA Principal

En synthèse, l 'ouvrage de franchissement de la bretelle de sortie de la RN1 est un pont à poutrelles enrobées à 3 travées.

Les culées sont réalisées en béton armé et chacune constituée de micropieux, d'une semelle de liaison, d'un mur de front, d'un chevêtre, d'un mur garde-grève, de deux mur-cache et de deux murs en retour.

En outre, chaque culée est complétée par un corbeau positionné à l'arrière du mur garde-grève et associé à une dalle de transition prévue au droit de la chaussée.

Les piles également réalisées en béton sont constituées de micropieux, d'une semelle de liaison et d'un voile avec chevêtre incorporé en tête.

5.3.3.4.2 OA Axe mixte de franchissement ravine la Plaine

L'ouvrage doit franchir la ravine La Plaine.

La largeur droite de la brèche atteint environ 30.00m au droit du franchissement projeté.

Suite à l'étude hydraulique, le niveau des plus hautes eaux (Q100) retenu pour le dimensionnement est estimé à 4.40mNGR, auquel il faut ajouter une revanche (tirant d'air) la plus haute possible avec un objectif à atteindre de l'ordre de 0.30m pour permettre le passage des embâcles.

Contraintes : Le terrain naturel au droit du futur ouvrage principal de franchissement de la Ravine La Plaine se situe à une altimétrie de l'ordre de 3.50mNGR sur les berges et 1.00mNGR dans le lit mineur.

Pour accéder au lit de la ravine, la réalisation d'une piste en matériau insensible à l'eau sera nécessaire car le terrain naturel est peu praticable.

La ravine La Plaine est relativement peu encaissée dans cette zone et présente un lit mineur d'environ 10m de large. Elle est relativement rectiligne au droit de l'ouvrage. La pente longitudinale est faible avec une orientation descendante Nord-Est vers Sud-Ouest.

Présence affleurante de la nappe d'eau souterraine : niveau variable entre 0.00m/TN et -3.50m/TN

A noter que le recalibrage prévu de la ravine conduit à un décalage du lit mineur de l'ordre de 10 à 15m vers le Sud par rapport à sa position actuelle.

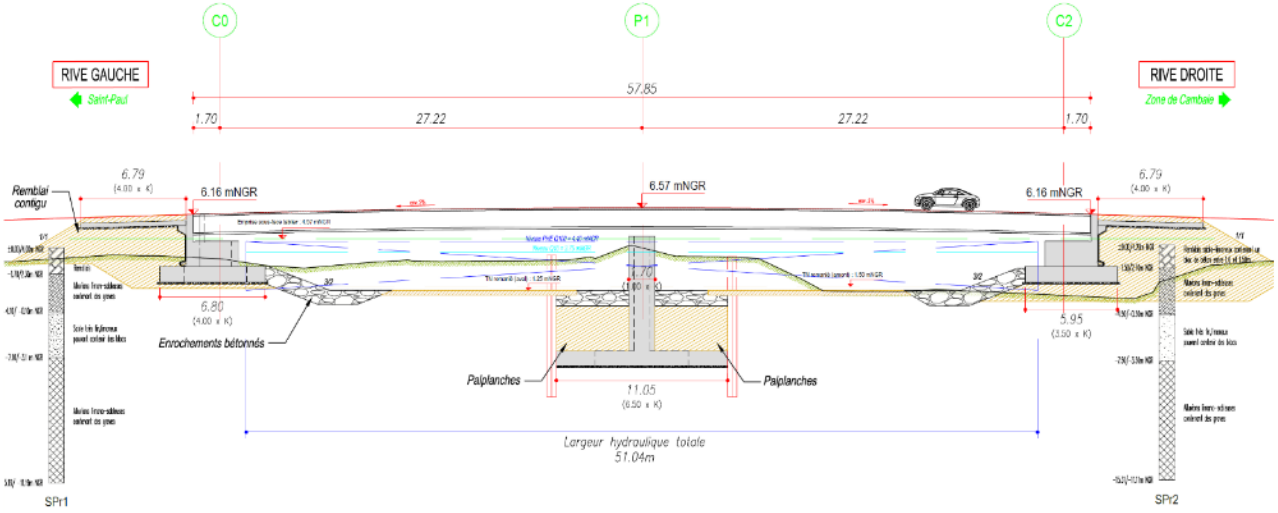
Solutions envisagées : La zone d'implantation de l'ouvrage étant relativement isolée, les contraintes majeures de réalisation des travaux sont essentiellement liées à la présence de la Ravine La Plaine et de la nappe d'eau souterraine potentiellement affleurante.

Le contexte hydrogéologique complexifie en effet la réalisation des piles dans le lit de la ravine La Plaine. La nappe souterraine potentiellement affleurante est une contrainte supplémentaire aux travaux de fondations.

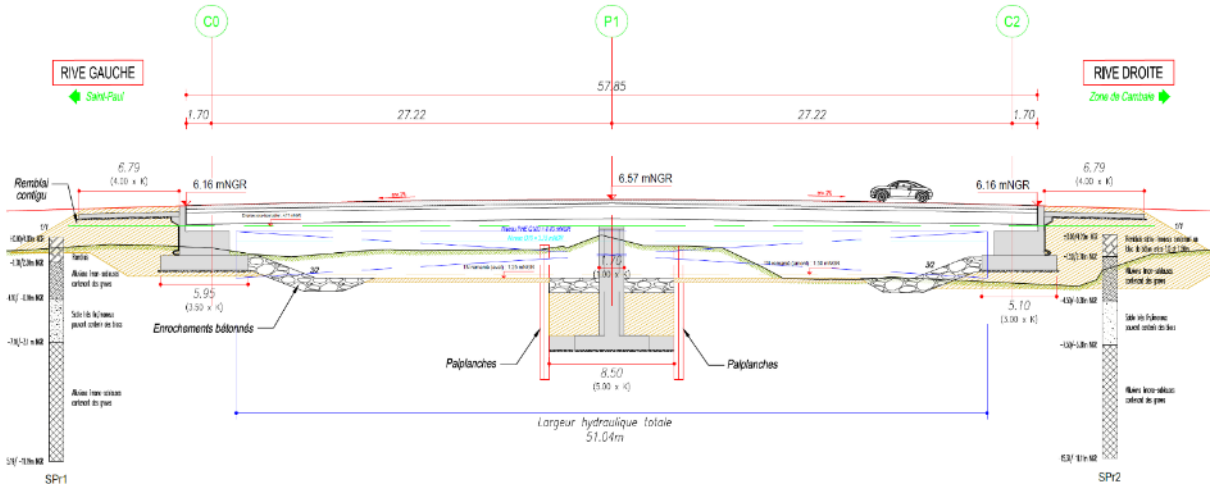
En conséquence, il a été limité nombre maximal de pile à 2, permettant ainsi d'envisager des ouvrages à 2 ou 3 travées.

Au final, quatre solutions d'ouvrage adaptées aux différentes contraintes techniques du projet ont été étudiées :

- Solution 1 : ouvrage à 2 travées :
    a) Pont dalle en béton précontraint (PSI-DP)

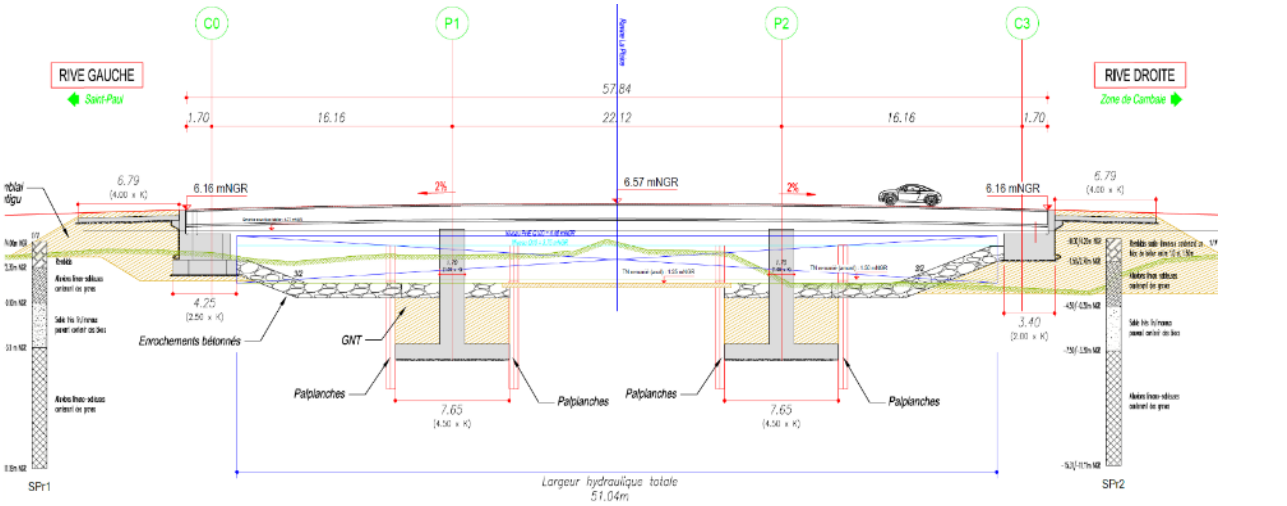

C0
P1
C2
RIVE GAUCHE
Saint-Paul
RIVE DROITE
Zone de Cambaie
57.85
1.70
27.22
27.22
1.70
6.79
(4.00 x K)
6.16 mNGR
6.57 mNGR
6.16 mNGR
6.79
(4.00 x K)
Remblai contigu
6.80
(4.00 x K)
Enrochements bétonnés
Palplanches
Palplanches
11.05
(6.50 x K)
5.95
(3.50 x K)
Largeur hydraulique totale
51.04m
SPr1
SPr2

b) Pont à poutrelles enrobées (PPE)

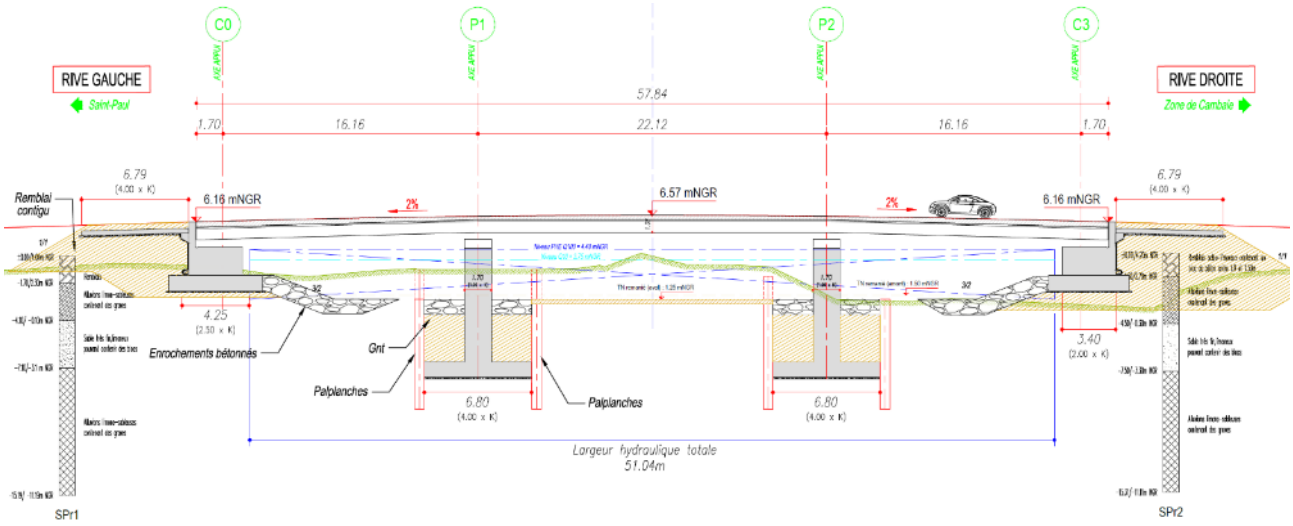


- Solution 2 : Ouvrage à 3 travées :

a) Pont dalle en béton précontraint (PSI-DP)



b) Pont à poutrelles enrobées (PPE)



L'analyse multicritère des quatre solutions est présentée ci-après :

		Solution 1a : OA à 2 travées de type PSI-DP *Tablier dalle en béton précontraint*	Solution 1b : OA à 2 travées de type PPE *Tablier mixte en poutrelles enrobées*	Solution 2a : OA à 3 travées de type PSI-DP *Tablier dalle en béton précontraint*	Solution 2b : OA à 3 travées de type PPE *Tablier mixte en poutrelles enrobées*
Contraintes fonctionnelles	Géométrie en plan Profil en travers de la voie portée Profil en travers de la voie franchie Profil en long	**Avantage(s) :** La solution répond à l'ensemble des contraintes fonctionnelles du projet. **Inconvénient(s) :** Sans objet.	**Avantage(s) :** La solution répond à l'ensemble des contraintes fonctionnelles du projet. **Inconvénient(s) :** Sans objet.	**Avantage(s) :** La solution répond à l'ensemble des contraintes fonctionnelles du projet. **Inconvénient(s) :** Sans objet.	**Avantage(s) :** La solution répond à l'ensemble des contraintes fonctionnelles du projet. **Inconvénient(s) :** Sans objet.
Contraintes du site	Topographie et accès au site	**Avantage(s) :** La solution répond à l'ensemble des contraintes du projet sur ce thème. **Inconvénient(s) :** Sans objet			
	Géotechnique, sismique et hydraulique	**Avantage(s) :** La solution répond à l'ensemble des contraintes du projet sur ce thème. **Inconvénient(s) :** Tirant d'air faible de 17cm par rapport au niveau de crue Q100. Charges sur piles centrales relativement importante dans un contexte géotechnique peu favorable.	**Avantage(s) :** La solution répond à l'ensemble des contraintes du projet sur ce thème. **Inconvénient(s) :** Tirant d'air de 37cm par rapport au niveau de crue Q100.	**Avantage(s) :** La solution répond à l'ensemble des contraintes du projet sur ce thème. **Inconvénient(s) :** Tirant d'air de 37cm par rapport au niveau de crue Q100.	**Avantage(s) :** La solution répond à l'ensemble des contraintes du projet sur ce thème. Tirant d'air de 60cm par rapport au niveau de crue Q100. **Inconvénient(s) :** Sans objet
	Foncier	**Avantage(s) :** La solution répond à l'ensemble des contraintes du projet sur ce thème. **Inconvénient(s) :** Sans objet			
	Réseaux, patrimoine, risque technologique et constructions avoisinantes	**Avantage(s) :** La solution répond à l'ensemble des contraintes du projet sur ce thème. **Inconvénient(s) :** Sans objet			
	Environnement	**Avantage(s) :** La solution répond à l'ensemble des contraintes du projet sur ce thème. **Inconvénient(s) :** Sans objet			
Contraintes d'exploitation	Charges d'exploitation	**Avantage(s) :** La solution répond à l'ensemble des contraintes du projet sur ce thème. **Inconvénient(s) :** Sans objet			
	Equipements	**Avantage(s) :** La solution répond à l'ensemble des contraintes du projet sur ce thème. **Inconvénient(s) :** Sans objet			
	Accessibilité, surveillance, entretien et maintenance des structures	**Avantage(s) :** Entretien et maintenance très limité de la structure en béton. **Inconvénient(s) :** Joints de chaussée et 36 appareils d'appui à entretenir et à remplacer durant la vie de l'ouvrage.	**Avantage(s) :** Sans objet **Inconvénient(s) :** Joints de chaussée et 36 appareils d'appui à entretenir et à remplacer durant la vie de l'ouvrage. Entretien et maintenance de la structure métallique onéreuse (peinture anti corrosion).	**Avantage(s) :** Entretien et maintenance très limité de la structure en béton. **Inconvénient(s) :** Joints de chaussée et 48 appareils d'appui à entretenir et à remplacer durant la vie de l'ouvrage.	**Avantage(s) :** Sans objet **Inconvénient(s) :** Joints de chaussée et 48 appareils d'appui à entretenir et à remplacer durant la vie de l'ouvrage. Entretien et maintenance de la structure métallique onéreuse (peinture anti corrosion).
Contraintes de réalisation	Contraintes en phase travaux	**Avantage(s) :** Coffrage intrados adaptable à la forme du profil de la voirie **Inconvénient(s) :** Réalisation sur cintre avec étaiements plus lente et d'avantage exposée aux aléas climatiques.	**Avantage(s) :** Absence d'étaiement. **Inconvénient(s) :** Phase sensible d'assemblage sur site des profilés par soudure. Géométrie rectiligne des poutrelles contraignante	**Avantage(s) :** Coffrage intrados adaptable à la forme du profil de la voirie **Inconvénient(s) :** Réalisation sur cintre avec étaiements plus lente et d'avantage exposée aux aléas climatiques.	**Avantage(s) :** Absence d'étaiement. **Inconvénient(s) :** Phase sensible d'assemblage sur site des profilés par soudure. Géométrie rectiligne des poutrelles contraignante
	Délai estimatif de réalisation	**Avantage(s) :** De l'ordre de 22 mois **Inconvénient(s) :** Sans objet	**Avantage(s) :** De l'ordre de 20 mois **Inconvénient(s) :** Délai d'approvisionnement de la charpente métallique à anticiper dans le planning général de travaux.	**Avantage(s) :** De l'ordre de 22 mois **Inconvénient(s) :** Sans objet	**Avantage(s) :** De l'ordre de 20 mois **Inconvénient(s) :** Délai d'approvisionnement de la charpente métallique à anticiper dans le planning général de travaux.
Economie	Coûts estimatifs en € H.T.	**Prix global :** 9 995 000 € HT Frais d'entretien limité **Ratio :** 5 210 € HT/m²	**Prix global :** 11 730 000 € HT (soit 1 940 000 €HT plus cher) **Ratio :** 6 115 € HT/m²	**Prix global :** 1 100 000 € HT (soit 105 000 €HT plus cher) Frais d'entretien limité **Ratio :** 5 155 € HT/m²	**Prix global :** 12 740 000 € HT (soit 2 950 000 €HT plus cher) **Ratio :** 6 640 € HT/m²

LEGENDE | Très favorable | Favorable | Neutre | Gênant | Très pénalisant | Rédhibitoire

Les solutions à poutrelles enrobées sont pénalisées par des contraintes géométriques fortes qui conditionnent le positionnement altimétrique des poutrelles et la forme de l'intrados. Des surépaisseurs de béton sont nécessaires pour « rattraper » le profil en long routier, conduisant à une surconsommation d'acier de charpente, à la réduction de l'élancement du tablier (principal avantage de ce type de structure) et à un surcoût financier particulier marqué en comparaison des autres solutions.

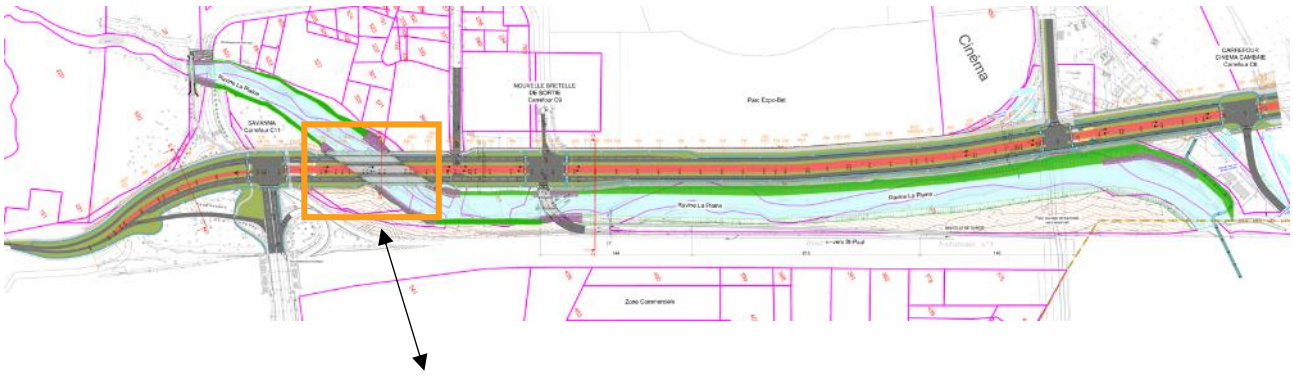
Bien que nécessitant la réalisation d'un cintre au-dessus de la ravine, les solutions dalle en béton précontraint permettent de s'adapter à la géométrie complexe de l'ouvrage car elles sont entièrement coulées en place. Elles sont également robustes et nécessitent très peu d'entretien ce qui en font un choix structurel pertinent et adapté.

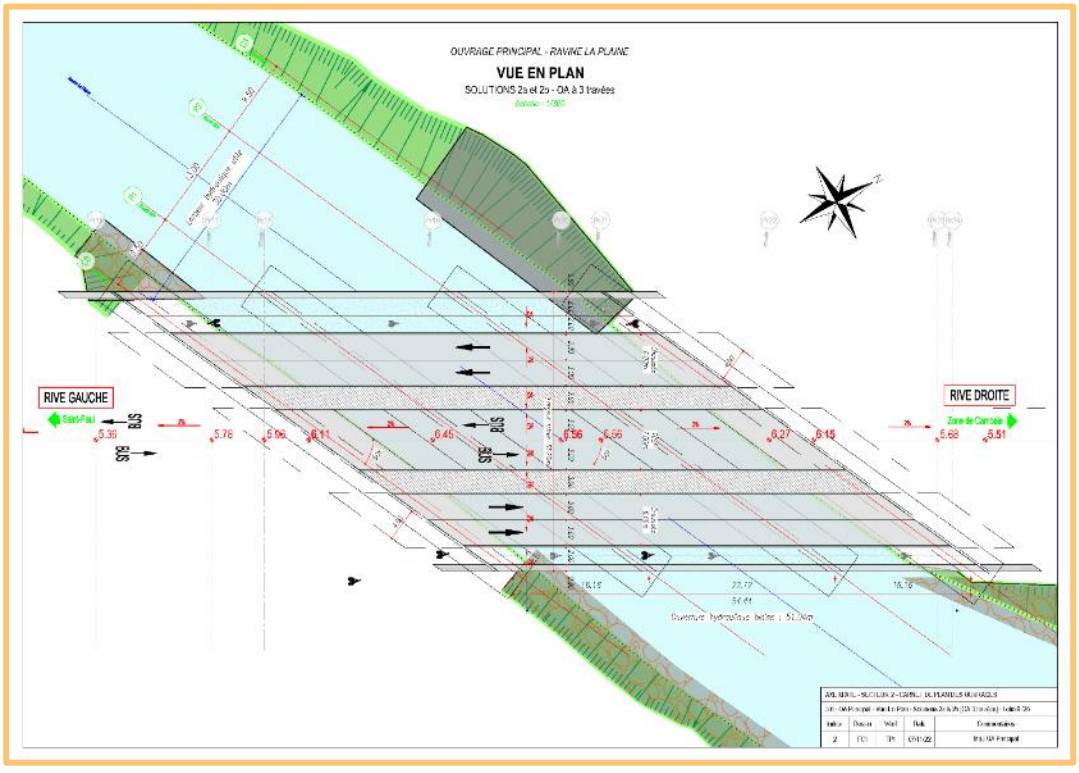
Le choix concernant le nombre de travées est en revanche plus délicat.

La solution à 3 travées est pénalisée par la réalisation d'un appui central supplémentaire dans le lit de la ravine La Plaine. En effet, la nappe d'eau souterraine est affleurante, et confère une contrainte supplémentaire aux modes opératoires..

La solution à 2 travées est quant à elle pénalisée par un volume de béton et d'armatures plus important, ainsi qu'une complexification du cintre provisoire qui devra supporter un poids plus important.

Au final, compte tenu de l'amélioration du gabarit hydraulique, des charges moins importantes au droit des appuis dans un contexte géotechnique peu favorable, et de la très faible différence de coût, il est recommandé de retenir la solution d'ouvrage à 3 travées de type pont dalle en béton précontraint (**solution désignée 2a**).



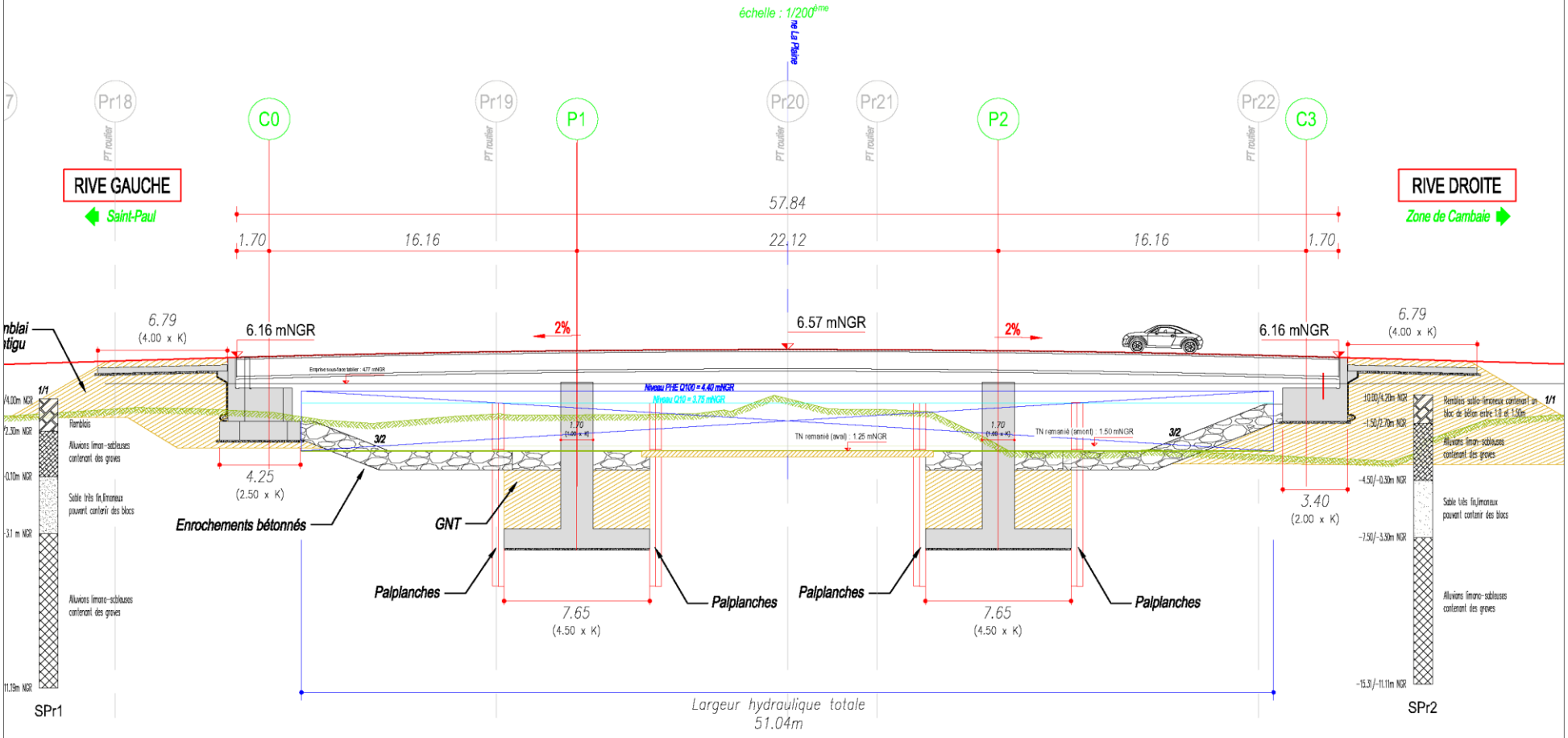


OUVRAGE PRINCIPAL - RAVINE LA PLAINE

COUPE LONGITUDINALE A L'AXE DU TCSP

SOLUTION 2a - OA à 3 travées (TYPE PSI-DP)

échelle : 1/200ème



AXE MIXTE - SECTEUR 2 - CARNET DE PLAN DES OUVRAGES				
5.7 - OA Principal - Coupe Longitudinale - Solution 2a [PSI-DP] - Folio 7 /26				
Indice	Dessin	Vérif	Date	Commentaires
2	FCI	TPI	07/11/22	MàJ OA Principal

En phase PRO, il y a eu 2 évolutions notables concernant l'ouvrage principal :

- Le remplacement du système de fondation : on est passé de semelles superficielles réalisées à l'aide de batardeaux à de fondations profondes de type barrette
- Le découpage transversal des 3 tabliers : la surface imperméabilisée a réduit légèrement

Ces évolutions ont été faites pour faire face aux contraintes hydrauliques (présence d'eau, nappe rendant l'installation et le maintien de batardeaux complexes et risqués), pour réduire les risques d'affouillement (fondations profondes plus stables face aux crues ou érosions) et pour éviter les travaux lourds en batardeaux dans un environnement aquatique.

En synthèse, l'ouvrage de franchissement principal est un pont dalle en béton précontraint à 3 travées. Il est composé de 3 tabliers indépendants.

Les culées sont réalisées en béton armé et chacune constituée de barrettes de fondation profonde, d'une semelle, d'un mur de front, d'un chevêtre, d'un mur garde-grève, de mur-cache et de murs en retour.

En outre, chaque culée est complétée par des corbeaux positionnés à l'arrière du mur garde-grève et associés à des dalles de transition. Celles-ci sont prévues au droit de chaque chaussée de circulation routière.

Les piles également réalisées en béton armé sont chacune constituée de barrettes de fondation profonde, d'une semelle, d'un voile de soubassement et de 2 à 3 fûts.

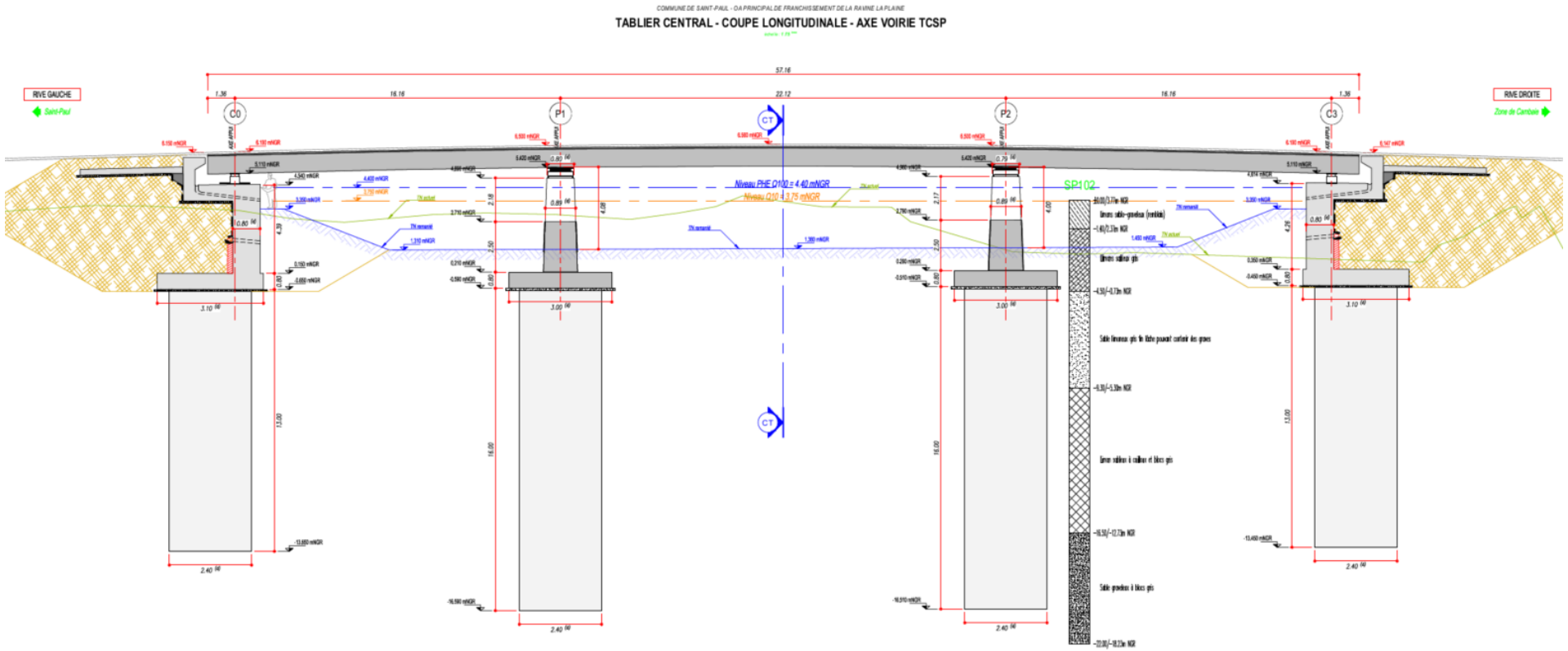
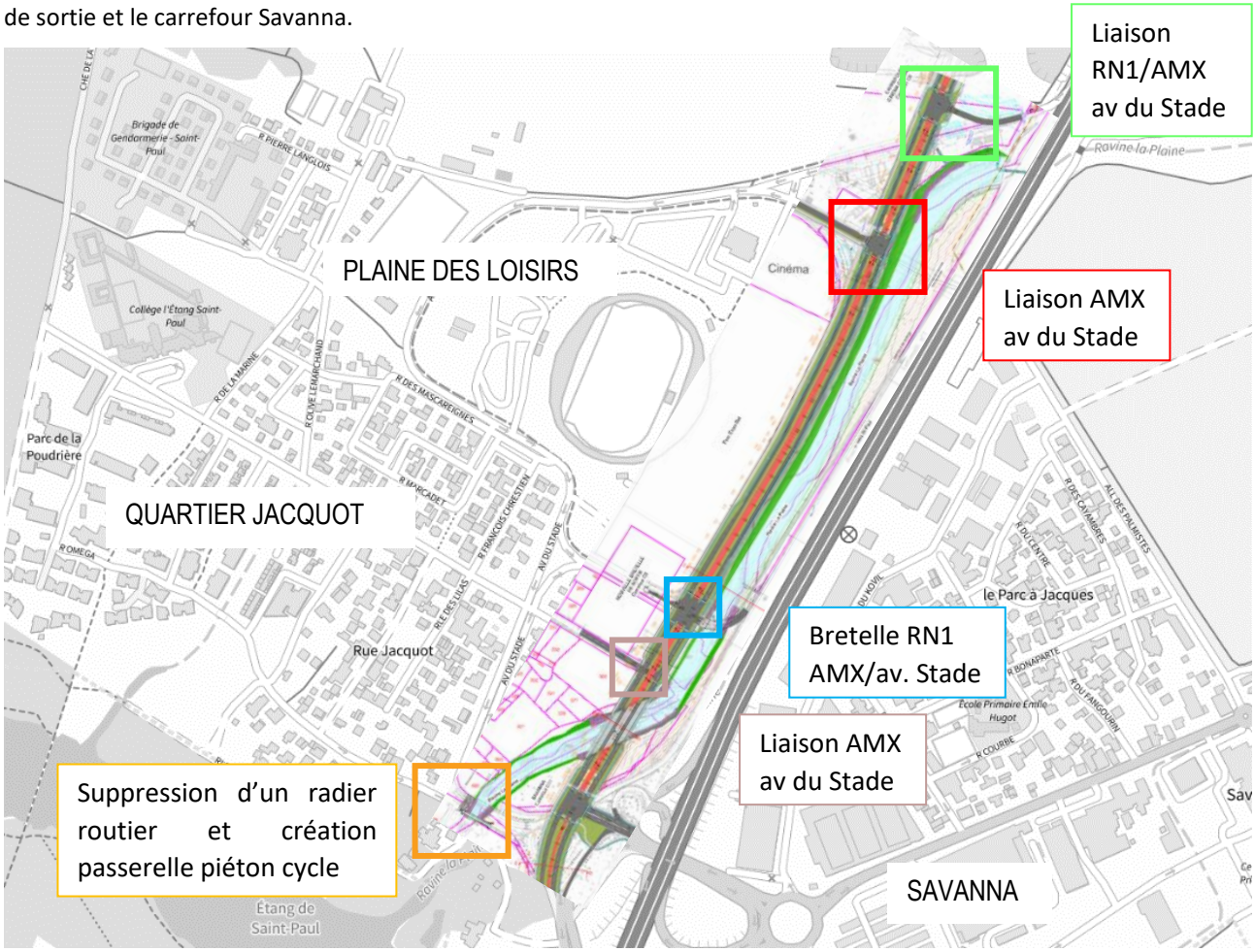


Figure 110 Ouvrage principale en phase PRO

5.3.3.4.3 La passerelle d'accès quartier Jacquot

Le troisième ouvrage vise également au franchissement de la ravine la Plaine, cette fois pour permettre le passage des piétons et des cycles. En effet, le prolongement de l'axe mixte prévoit d'apaiser le trafic au cœur du quartier Jacquot en supprimant le radier existant au profit d'une passerelle piétonne et vélo. Les circulations motorisées seront donc éloignées des habitations au profit des modes doux. Les nouveaux accès véhicules sont réalisés vers Savannah et la RN1 au moyen de la nouvelle bretelle précédemment décrite (C9), au maintien de la bretelle existante Rn1 avenue du stade ainsi qu'avec deux intersections supplémentaires créées, une au droit du cinéma et la seconde entre la nouvelle bretelle de sortie et le carrefour Savanna.

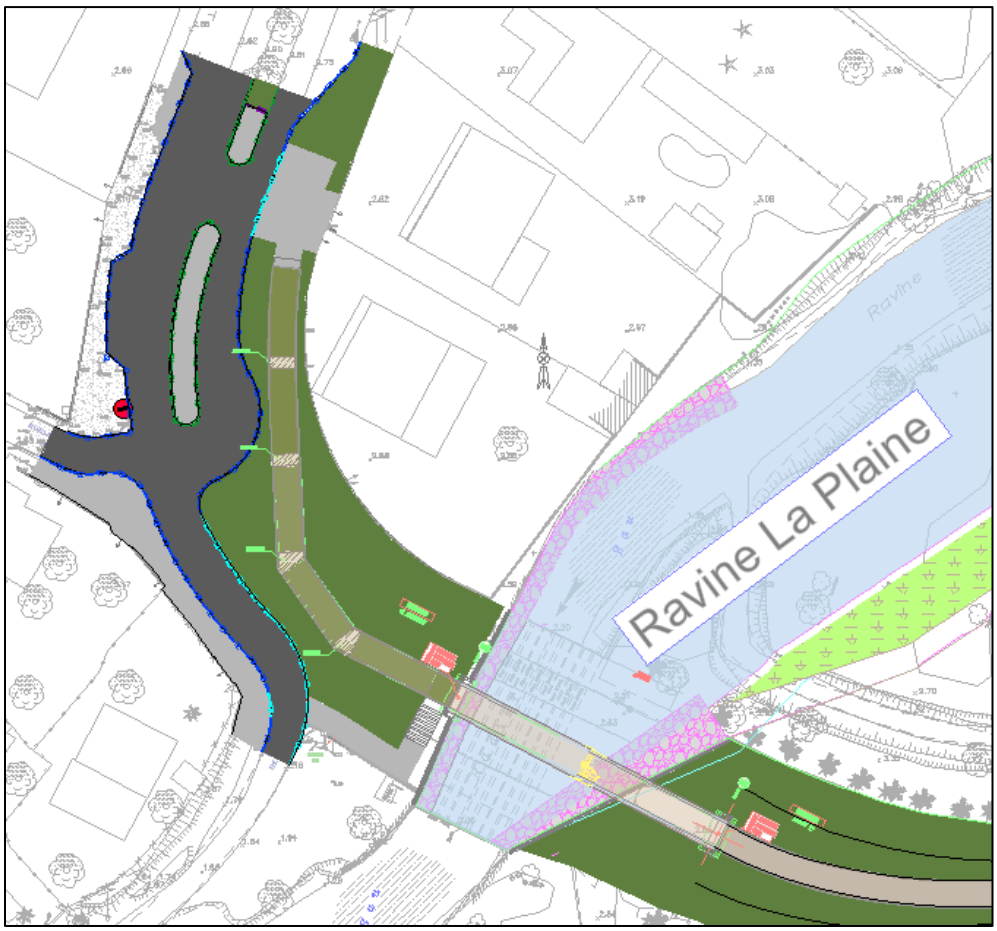


Pour cet ouvrage de franchissement piéton cycle, la largeur droite de la brèche atteint environ 30.00m au droit du franchissement projeté. Suite à l'étude hydraulique, le niveau des plus hautes eaux (Q100) retenu pour le dimensionnement est estimé à 4.40mNGR, auquel il faut ajouter une revanche (tirant d'air) la plus haute possible avec un objectif à atteindre de l'ordre de 0.50m pour permettre le passage des embâcles.

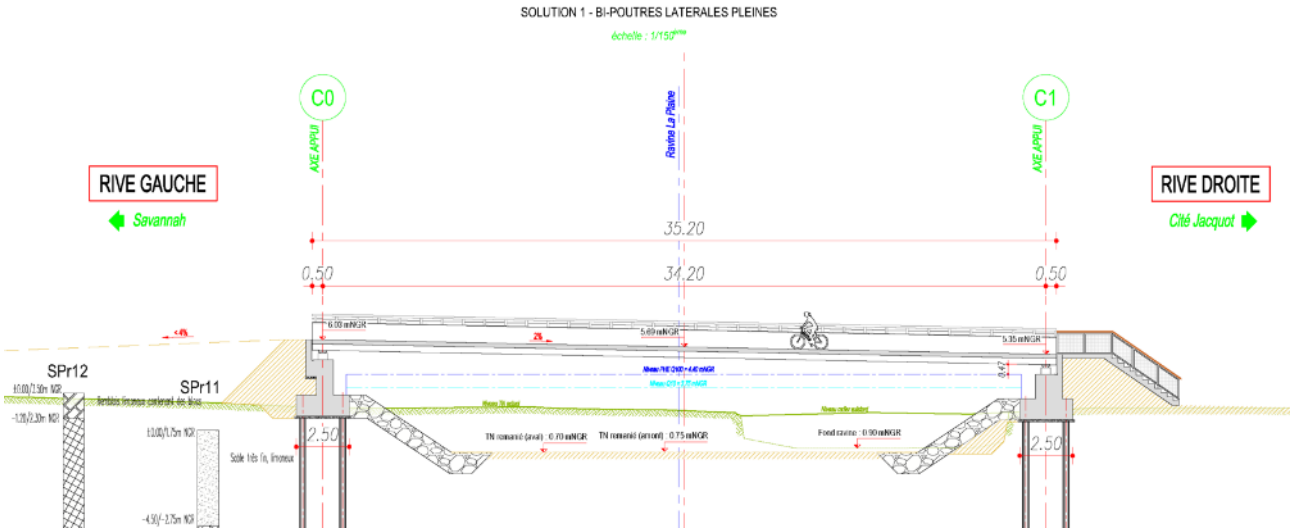
Etant donnée les contraintes environnementales et de réalisation d'un appui dans le lit mineur de la ravine La Plaine, en eau avec la nappe affleurante, une conception de la passerelle a été orientée uniquement vers des solutions à travée unique, sans appui intermédiaire. Ce choix est également conforté par le contexte géotechnique peu favorable qui nécessite la réalisation de fondation profonde. Il n'y a donc pas d'intérêt à multiplier le nombre d'appui.

L'accessibilité PMR et la différence de niveau altimétrique entre le terrain naturel à raccorder et le gabarit hydraulique à respecter a imposé de retenir la pente longitudinale maximale admissible (à savoir 4%) pour réduire au maximum la longueur des rampes d'accès aux abords. Ce qui rend nécessaire l'aménagement d'une rampe le long de la voirie pour raccorder les niveaux passerelles et voiries.

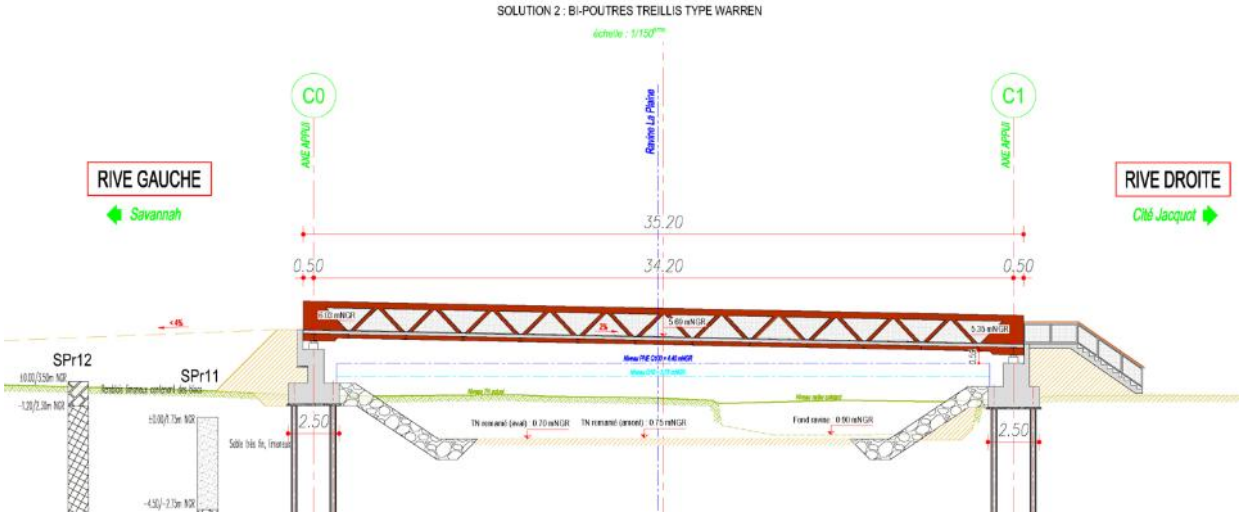
L'analyse multicritère est synthétisée page suivante : Trois type de passerelles ont été étudiées : **La Bi poutre latérales pleines ; La bi poutre treillis type Warren ; La Bow string.** Ces trois solutions partagent la même vue en plan (cf. ci-dessous).



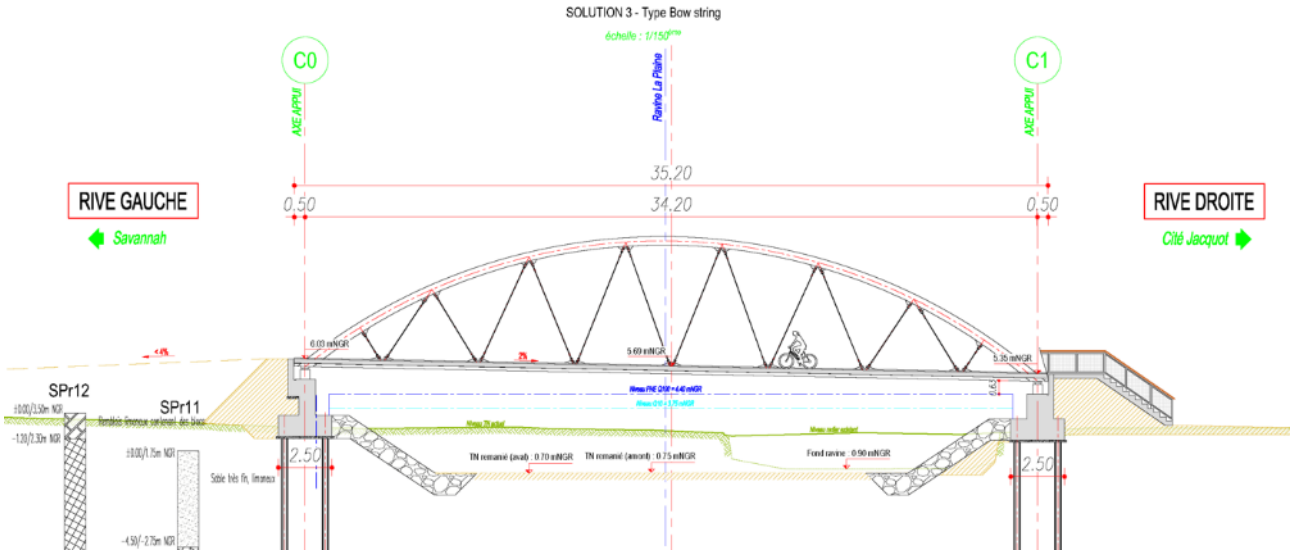
La Bi poutre latérales pleines :



La bi poutre treillis type Warren :



La Bow string :



		Solution 1 : Passerelle à poutres latérales pleines *Tablier mixte*	Solution 2 : Passerelle treillis type Warren *Tablier mixte*	Solution 3 : Passerelle en arc type Bow-String *Tablier mixte*
Contraintes fonctionnelles	Géométrie en plan Profil en travers de la voie portée Profil en travers de la voie franchie Profil en long	**Avantage(s) :** La solution répond à l'ensemble des contraintes fonctionnelles du projet. **Inconvénient(s) :** Sans objet.	**Avantage(s) :** La solution répond à l'ensemble des contraintes fonctionnelles du projet. **Inconvénient(s) :** Sans objet.	**Avantage(s) :** La solution répond à l'ensemble des contraintes fonctionnelles du projet. **Inconvénient(s) :** Sans objet.
Contraintes du site	Topographie et accès au site	**Avantage(s) :** La solution répond à l'ensemble des contraintes du projet sur ce thème. **Inconvénient(s) :** Sans objet		
	Géotechnique, sismique et hydraulique	**Avantage(s) :** La solution répond à l'ensemble des contraintes du projet sur ce thème. Tirant d'air de 47cm par rapport au niveau de crue centennale (Q100). **Inconvénient(s) :** Sans objet	**Avantage(s) :** La solution répond à l'ensemble des contraintes du projet sur ce thème. Tirant d'air de 59cm par rapport au niveau de crue centennale (Q100). **Inconvénient(s) :** Sans objet	**Avantage(s) :** La solution répond à l'ensemble des contraintes du projet sur ce thème. Tirant d'air de 63cm par rapport au niveau de crue centennale (Q100). **Inconvénient(s) :** Sans objet
	Foncier	**Avantage(s) :** La solution répond à l'ensemble des contraintes du projet sur ce thème. **Inconvénient(s) :** Sans objet		
	Réseaux, patrimoine, risque technologique et constructions avoisinantes	**Avantage(s) :** La solution répond à l'ensemble des contraintes du projet sur ce thème. **Inconvénient(s) :** Sans objet		
Contraintes d'exploitation	Charges d'exploitation	**Avantage(s) :** La solution répond à l'ensemble des contraintes du projet sur ce thème. **Inconvénient(s) :** Sans objet		
	Equipements	**Avantage(s) :** La solution répond à l'ensemble des contraintes du projet sur ce thème. **Inconvénient(s) :** Sans objet		
	Accessibilité, surveillance, entretien et maintenance des structures	**Avantage(s) :** Sans objet **Inconvénient(s) :** Joints de chaussée et 4 appareils d'appui à entretenir et à remplacer durant la vie de l'ouvrage. Entretien et maintenance de la structure métallique onéreuse (peinture anti corrosion).	**Avantage(s) :** Sans objet **Inconvénient(s) :** Joints de chaussée et 4 appareils d'appui à entretenir et à remplacer durant la vie de l'ouvrage. Entretien et maintenance de la structure métallique onéreuse (peinture anti corrosion).	**Avantage(s) :** Sans objet **Inconvénient(s) :** Joints de chaussée et 4 appareils d'appui à entretenir et à remplacer durant la vie de l'ouvrage. Entretien et maintenance de la structure métallique onéreuse (peinture anti corrosion et travaux acrobatiques)
Contraintes de réalisation	Contraintes en phase travaux	**Avantage(s) :** Absence d'étaiement & Rapidité d'exécution du tablier. **Inconvénient(s) :** Phase sensible d'assemblage sur site des profilés par soudure.		
	Délai estimatif de réalisation	**Avantage(s) :** De l'ordre de 11 à 13 mois (selon délai d'approvisionnement de la charpente) **Inconvénient(s) :** Délai d'approvisionnement de la charpente métallique à anticiper dans le planning général de travaux.		
Economie	Coûts estimatifs en € H.T.	**Prix global :** 1 146 000 € HT **Ratio :** 4 365 € HT/m²	**Prix global :** 1 281 000 € HT (soit 135 000 €HT plus cher) **Ratio :** 4 880 € HT/m²	**Prix global :** 1 383 000 € HT (soit 242 000 €HT plus cher) **Ratio :** 5 265 € HT/m²

La solution Bow string est écartée car elle est la moins adaptée aux survols des oiseaux marins. Entre les deux autres, le choix de la Maitrise d'Ouvrage et du paysagiste conseil s'est porté pour la Warren qui présente d'une part un visuel plus proche du pont qui traverse tout proche la ravine de l'Etang et d'autre part du tirant d'air plus favorable.

Notez que les travaux de suppression du radier impliquent un dévoiement de plusieurs réseaux situés soit en encorbellement du radier (AEP fonte) soit sous le radier existant (3 PRV EU Ø 150 à 450).

A ce stade, deux possibilités de dévoiement sont proposées. La première consisterait à dévoyer les réseaux sur un ouvrage dédié aérien en aval de la passerelle et situés dans son alignement à même altimétrie. La seconde option consisterait à dévoyer les réseaux sous le lit mineur projeté de la ravine à proximité des existants. Dans les 2 cas, les réseaux existants abandonnées seront déposés. La première option permettrait de disposer de réseaux davantage accessibles à l'exploitant, au-dessus de la cote Q100 ; ils seraient néanmoins visibles dans le paysage et nécessiterait un ouvrage dédié pour franchir la ravine. La seconde option permettrait d'effacer les réseaux du paysage ; elle nécessite néanmoins des terrassements supplémentaires dans le lit mineur pour les poser sous le niveau de la ravine. Toute intervention de maintenance ultérieure sur le réseau nécessiterait aussi des travaux de terrassements. Le choix du dévoiement sera à préciser avec les partenaires de l'opération.

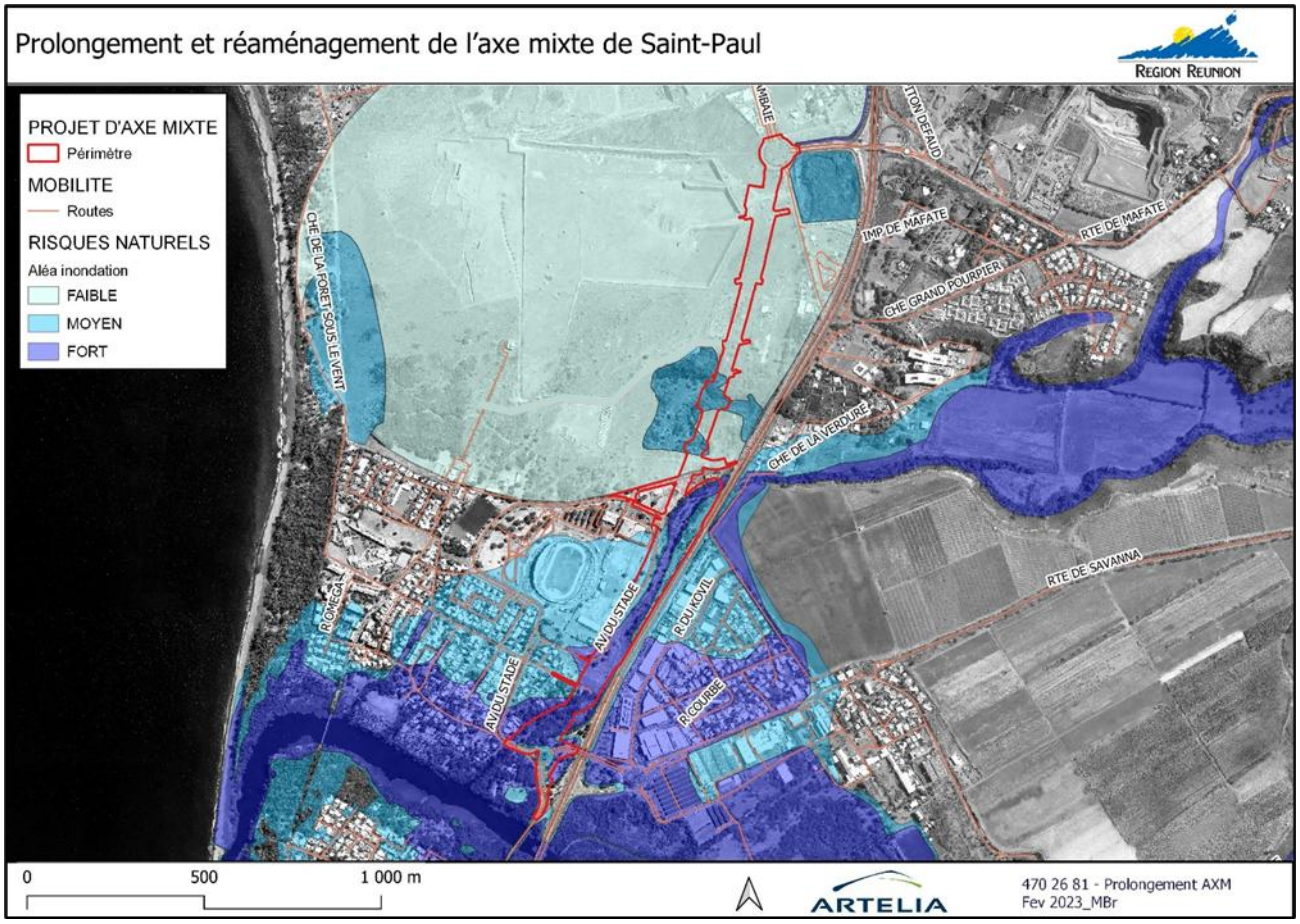
En synthèse, l'ouvrage piéton d'accès au quartier Jacquot est une passerelle mixte acier-béton à travée unique. Le platelage est constitué d'une dalle en béton armé.

Les culées sont réalisées en béton armé et chacune constituée de micropieux, d'une semelle de liaison, d'un mur de front, d'un chevêtre et de deux mur-cache. Un mur garde-grève et deux murs en retour complètent la culée en rive gauche

5.3.3.5 Le reprofilage de la Ravine la Plaine

Le projet prévoit le reprofilage de la ravine la Plaine entre son franchissement de la RN1 et le radier routier qu'il est prévu de supprimer juste en amont de l'étang de Saint Paul.

Quelques éléments de contexte : Le projet s'inscrit dans un secteur concerné par des risques d'inondation. En effet cette zone est soumise à des aléas inondations tel que présenté sur la carte ci-dessous.



Au cours des études préliminaires, qui ont été menées en 2018 pour le TO dans le cadre de l'aménagement de l'Ecocité et de l'Axe Mixte, plusieurs travaux ont été envisagés et étudiés avec pour objectif d'assurer la protection de la zone qui s'inscrit entre la RN 1, l'étang Saint-Paul, l'océan et Cambaie.

- Un recalibrage du lit de la Ravine La Plaine sur 400 ml en amont de la RN 1 (pour écarter le risque de débordement en rive gauche vers le quartier Savanna) ;
- Le remplacement de l'ouvrage hydraulique de la RN 1 pour augmenter sa capacité et améliorer son entonnement ;
- Le recalibrage de la Ravine La Plaine entre ce pont et son rejet dans l'étang Saint-Paul (1200 m) ;
- La création d'un bras de dérivation en sortie de RN 1 pour intercepter le surplus de débit (au-delà de la capacité maximale du lit aval) et le transférer directement vers l'océan. Ce chenal, rectiligne, était envisagé sur un linéaire de 1200 m (cf. explication sur la figure suivante).

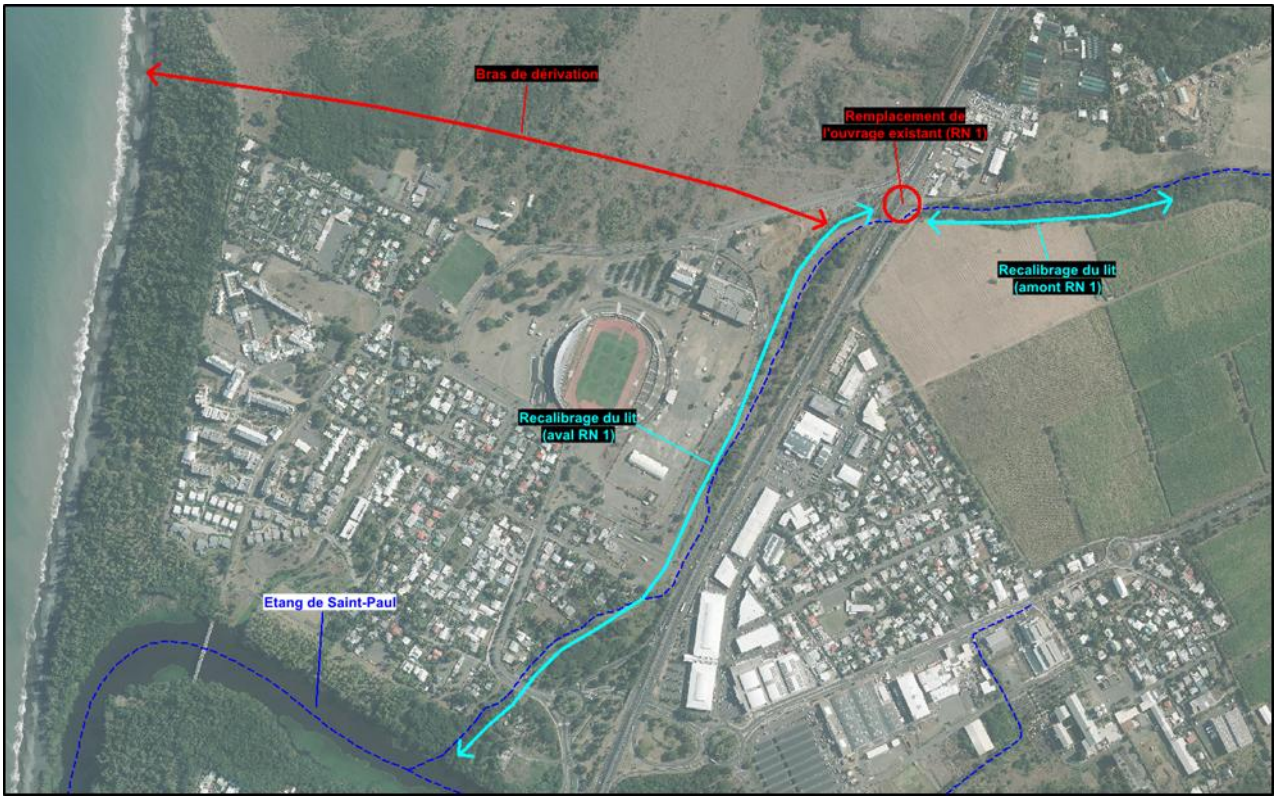


Figure 111 Travaux envisagés en 2018 pour assurer la protection de la zone

Le projet axe mixte n'a pas vocation à réaliser le traitement complet des inondations de la Ravine La Plaine, mais il le réalise sur le périmètre de l'axe mixte. Ainsi, le recalibrage du lit de la Ravine La Plaine débute en aval immédiat du pont de la RN 1pour s'achever au droit du radier actuel (qui sera remplacé par une passerelle pour piétons/cycles). Le linéaire total atteint 1020 m.

Présentation des raisons du choix : Après modélisation de la ravine, un certain nombre de simulations ont été réalisées en 2020. D'abord trois scenarii ont été étudiés :

- Scénario n°1 : recalibrage de la RN 1 au futur ouvrage principal de franchissement (inclus) soit un linéaire de 800 m
- Scénario n°2 : idem précédent avec suppression du radier existant ;
- Scénario n°3 : recalibrage de la RN 1 au débouché dans l'étang, soit un linéaire de 1200 m (intégrant la suppression du radier).

La simulation des crues pour ces 3 scénarios a notamment permis de montrer leur intérêt vis-à-vis de la réduction de l'aléa inondation sur le quartier Jacquot avec - de façon logique - une plus grande efficacité pour le scénario n°3. Néanmoins, et dans la mesure où ce scénario implique des travaux sur un tronçon de ravine régulièrement en eau avec la présence potentielle d'espèces faunistiques et floristiques remarquables, **il a été suggéré de limiter l'emprise du recalibrage en l'arrêtant au niveau du radier actuel. Il s'agit donc d'un scénario complémentaire (n°4) qui a fait l'objet d'une analyse comparative avec les 3 précédents.**

Il en est notamment ressorti un fonctionnement amélioré par rapport aux deux premiers scénarios (avec une diminution des lignes d'eau aux abords de l'ouvrage de franchissement principal et de la zone du radier actuel) et quasi-similaire au scénario n°3 (sauf sur le tronçon maintenu en l'état où les hauteurs d'eau augmentent de 2 à 4 cm - pour une crue décennale - y compris vis-à-vis de l'état actuel dit de référence). A noter que pour des crues plus importantes, les écarts entre les différents scénarios apparaissent moins marqués.

Dans ces conditions, le choix s'est porté naturellement vers le scénario n°4 qui s'avère être le meilleur compromis.

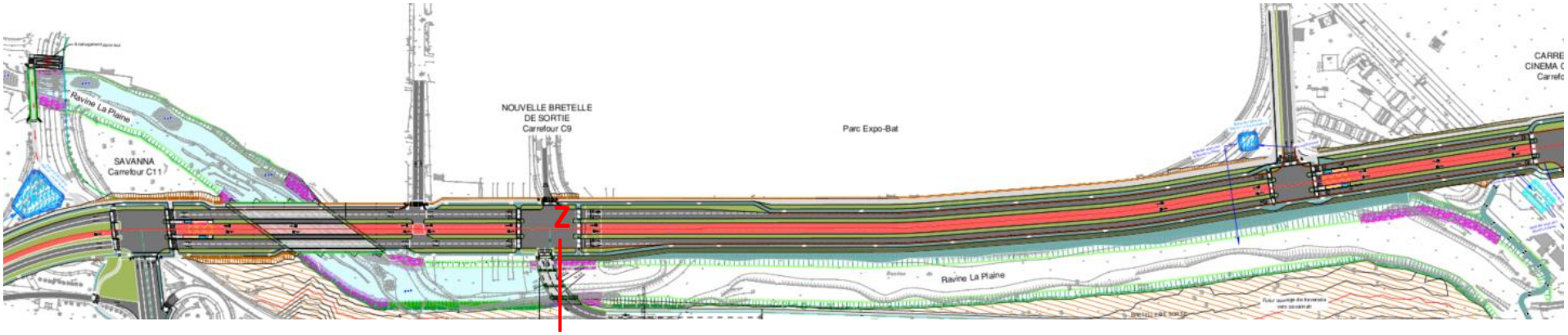
Le lit de la ravine sera recalibré pour lui permettre d'évacuer une crue de période de retour 10 ans et son axe sera légèrement redressé pour cheminer entre les voies de circulation (RN 1 et futur axe mixte). Les principales caractéristiques du lit seront les suivantes :

- Largeur en fond : 22 m ;
- Hauteur de berge : 2,20 m ;
- Pente de berge : 2H/1V ;
- Largeur en tête : 31 m.

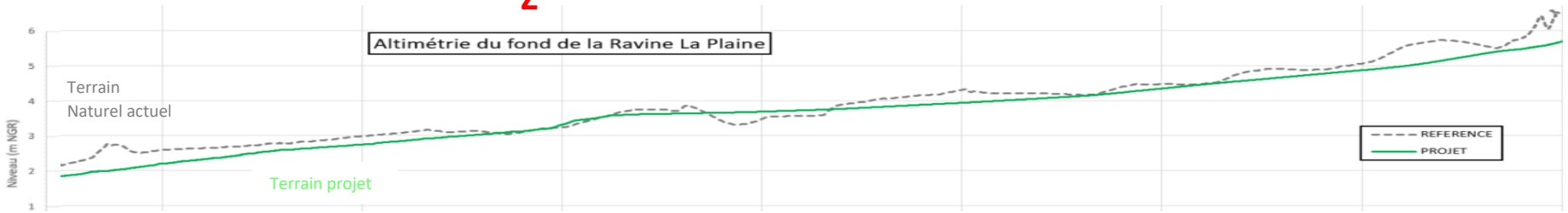
<- Etang de Saint Paul

Plan de masse reprofilage de la Ravine La Plaine

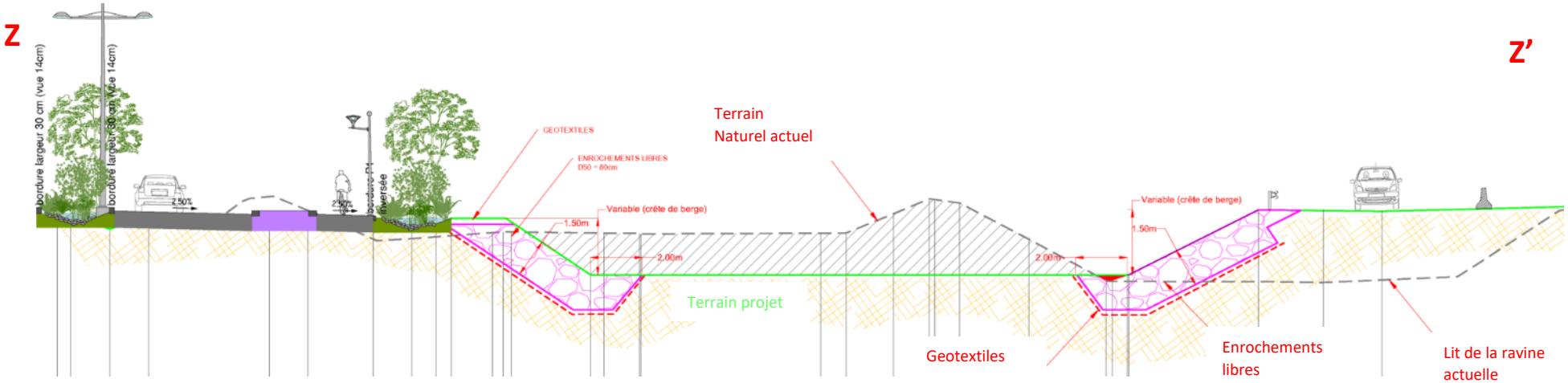
Vers le Port ->



Profil en long



Profil en travers Z- Z'

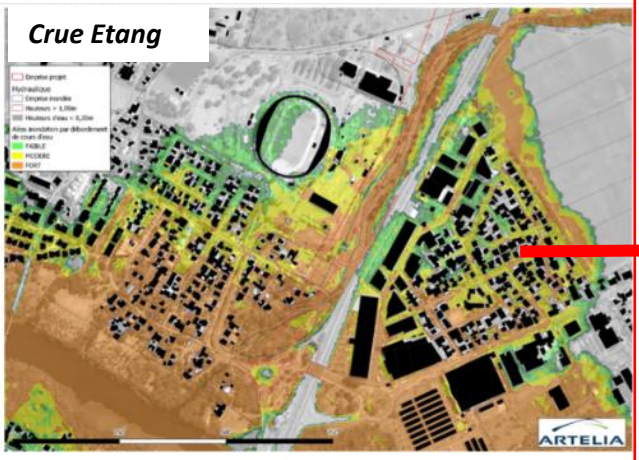


Les cartographies ci-après qui reprennent les aléas du PPR à l'état initial puis à l'état projet rendent compte des effets favorables du projet de recalibrage de la ravine la Plaine sur la Plaine des Loisirs et le quartier Jacquot.

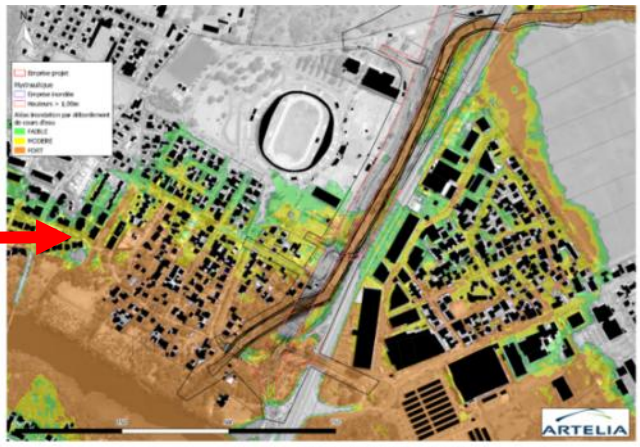
Etat actuel pour une crue 100ans (état de référence)

Etat projet pour une crue 100 ans

Crue Etang

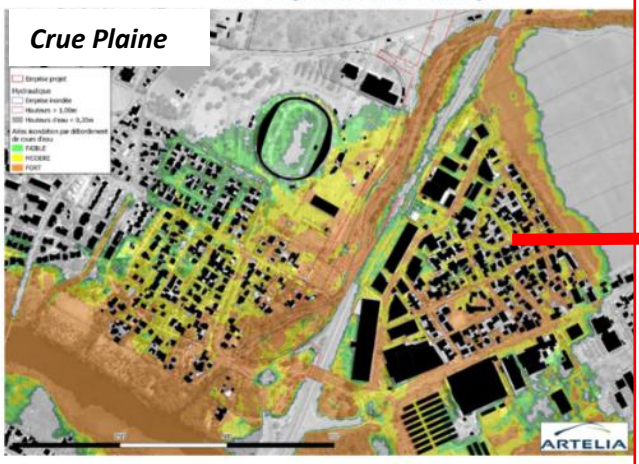


Aléas – Configuration de référence – Q100 Etang

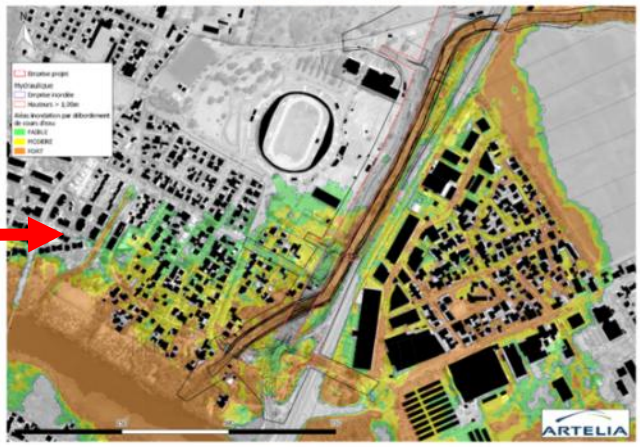


Aléas – Configuration AVP v2 – Q100 Etang

Crue Plaine



Aléas – Configuration de référence – Q100 La Plaine



Aléas – Configuration AVP v2 – Q100 La Plaine

Les berges feront l'objet d'une végétalisation afin de marquer la ravine dans le paysage et d'assurer - à terme - leur stabilité contre les risques d'érosion.

Seules les berges situées au droit et aux abords immédiats des 3 futurs ouvrages de franchissement de la ravine (sortie bretelle reliant la RN 1 à l'axe mixte et au quartier Jacquot, axe mixte et passerelle) seront revêtus d'enrochements libres pour contenir les éventuels affouillements et érosions (D50/P50 = 80 cm / 700 kg – 2 couches reposant sur un géotextile). Des enrochements seront également mis en place autour des piles implantées dans le lit mineur.

Le raccordement sur le lit existant (aval radier actuel) s'effectuera à l'aide d'un dispositif de transition constitué de murs en maçonnerie de moellons dans le prolongement des murs existants (RD et RG sur un linéaire de 15-20 m) sur lesquels s'appuieront les talus de la ravine recalibrée. Ces derniers seront protégés de l'érosion à l'aide d'un parement en enrochements libres.

5.3.4 Déblais remblais

Il est présenté ici les quantités de terres ôtées du site (déblais), et les quantités rapportées (remblais). Il est cherché au maximum un équilibre des déblais remblais. C'est-à-dire que les déblais retirés du site à un endroit puissent être réutilisés en remblai à un autre. On évite ainsi les rotations de camions pour l'élimination et l'apport de matières premières, la dispersion des banques de graines, etc…

Néanmoins tout matériaux extrait ne peut être réutilisé en remblais. En effet les aménagements nécessitent une « qualité de remblai » qui le rend propre à l'utilisation qui en est fait. Les sols identifiés au Guide de Terrassement Routier GTR indiquent une possibilité de réemploi, sous réserve parfois de certains traitements (compactage, chaux) et des essais de laboratoire, et conditions de mises œuvres.

Voici décrit les résultats issus des analyses de géométries de ouvrages et de géotechniques réalisées:

- Secteur 1 AMX :
    - Déblais : 55 000 m^3
    - Décapage terre végétale : 11 200 m^3
    - Remblais: 37 500 m^3
    - Terres végétales : 9700 m^3
- Secteur 2 AMX :
    - AMX :
        - Déblais) : 20 500 m^3
        - Décapage terre végétale : 2000 m^3
        - Remblais d'apport : 28 000 m^3
        - Terres végétales : 12 800 m^3
    - Ravine :
        - Déblais: 29 000 m^3
        - Remblais: 21 500 m^3

5.3.5 Schéma de mobilité et trafic attendu

Le projet est réalisé dans le périmètre de l'Ecocité qui prévoit une densification urbaine du cœur d'agglomération. Des modélisations multimodales de trafic ont été effectuées dans le cadre de l'étude de Ecocité afin d'identifier les impacts des projets de développement sur les conditions de circulation routière.

Ce modèle multimodal a été utiliser afin d'identifier les impacts propres au projet de l'axe mixte à différents horizons de réalisation.

5.3.5.1 Hypothèses

Les horizons modélisés et les hypothèses de programmation associées sont résumés dans le tableau suivant :

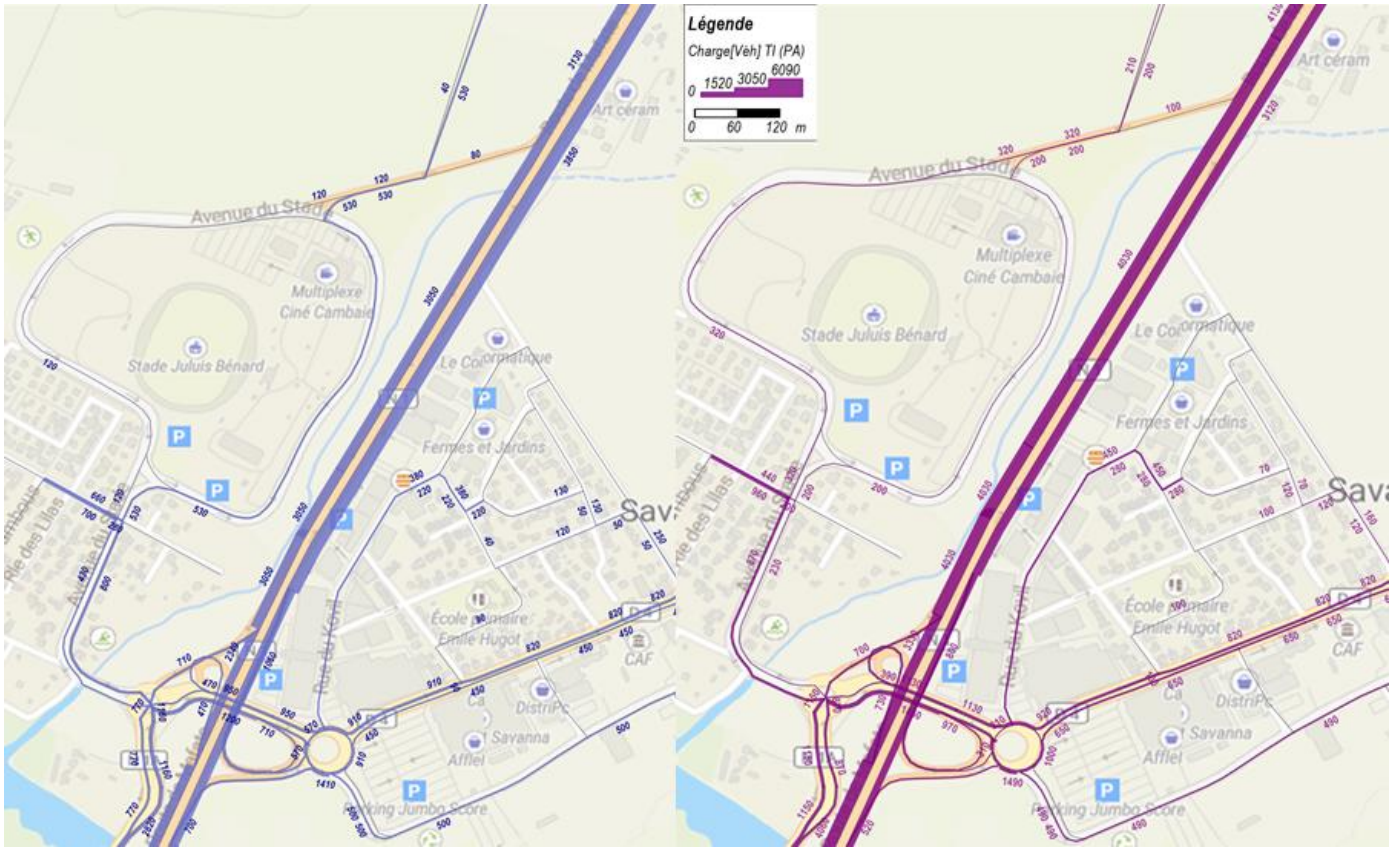
Horizon	Programme urbain	Projet viaire	Projet TC
REF AMX 2025	-	-	-
Secteur 1 AMX 2027	Pôle Loisirs	Secteur 1 AMX	-
Secteur 2 AMX 2029	Pôle Loisirs + Tranche 1 ZAC Cambaie	+ Secteur 1 AMX + Secteur 2 AMX	-
Horizon 2049 (Secteur 2 + 20 ans)	Pôle Loisirs ZAC Cambaie Phase 2 / Cornu Phase ZAC sans souci ZAC Marie Case Savanna ZAP	+ Secteur 1 AMX + Secteur 2 AMX Réseau ZAP Plan de circulation La Possession	CJ / Kar'O restructuré en fonction du RRTG Ferré IPS RRTG Ferré Projet TC TO Autres lignes BHNS (TCSP 2)

		Franchissement Port-Possession, **PSO, Savanna**[8] Réseau viaire Cambaie / Cornu Nouveau Franchissement RdG Allée sur berge RdG	

5.3.5.2 Situation de référence

La situation de référence est **l'état initial.**

En situation de référence, les niveaux de trafics sur la RN1 sont élevés avec plus de 4 300 UVP/h sens Sud → Nord le matin et Nord → Sud le soir.



En situation de référence, la RN1 présente les taux d'occupation suivants :

- HPM :
  - Sens Sud → Nord : supérieur à 100% → problématique de circulation
  - Sens Nord → Sud : supérieur à 80% → circulation modérée

- HPS :
  - Sens Sud → Nord : supérieur à 80% → circulation modérée
  - Sens Nord → Sud : 110 à 140% → problématique de circulation

[8] Notez que les franchissements PSO et Savanna initialement envisagés ont été abandonnés à ce stade, à la suite des échanges menés lors du COTECH du 27 septembre 2024. Cette évolution, intervenue après le dépôt du dossier en préfecture, a fait l'objet d'une analyse complémentaire qui décrit que leur retrait n'a pas d'incidence significative sur les conditions de circulation. En conséquence, aucune mise à jour des modélisations de trafic, de bruit ou de qualité de l'air n'est requise, les conclusions du dossier demeurant valides en l'état.

5.3.5.3 Situation projet - Phase 1 -2027

Situation secteur 1,

La situation projet avec réalisation de l'axe mixte permet de délester la RN1 du trafic de transit / local.

L'axe mixte supporte ainsi les niveaux de trafics suivants :

- HPM :
  - Sens Sud → Nord : 600 UVP/h
  - Sens Nord → Sud : 200 UVP /h
- HPS :
  - Sens Sud → Nord : 200 UVP/h
  - Sens Nord → Sud : 400 UVP /h

L'axe mixte présente un taux d'occupation inférieur à 70% se traduisant par une circulation fluide (suivant conditions de circulation aux carrefours). En effet, les carrefours déterminent l'écoulement du trafic, ils jouent un rôle équivalent à celui d'un robinet. Les voiries entre deux carrefours jouent le rôle des tuyaux. « Agrandir les tuyaux » ne permet pas de résoudre le problème de débit car ce sont les robinets qui saturent le plus vite.

Effets sur le secteur 2 - quartier Jacquot :

PHASE 1 -2027/2028 : Rappelons que le projet est phasé : les travaux du secteur 1 sont réalisés en phase 1 horizon 2027/2028 et les travaux du secteur 2 en phase 2, horizon 2029/2030.

Ainsi en phase 1, les flèches rouges matérialisent les nouvelles voies de circulation. Le secteur 1 de l'axe mixte se branche sur l'avenue du stade et permet ainsi le liaisonnement routier entre la plaine des loisirs et le quartier Jacquot au secteur Nord de la Plaine de Cambaie.

Figure 112 Description des voies de circulation sur le secteur 2 en phase 1

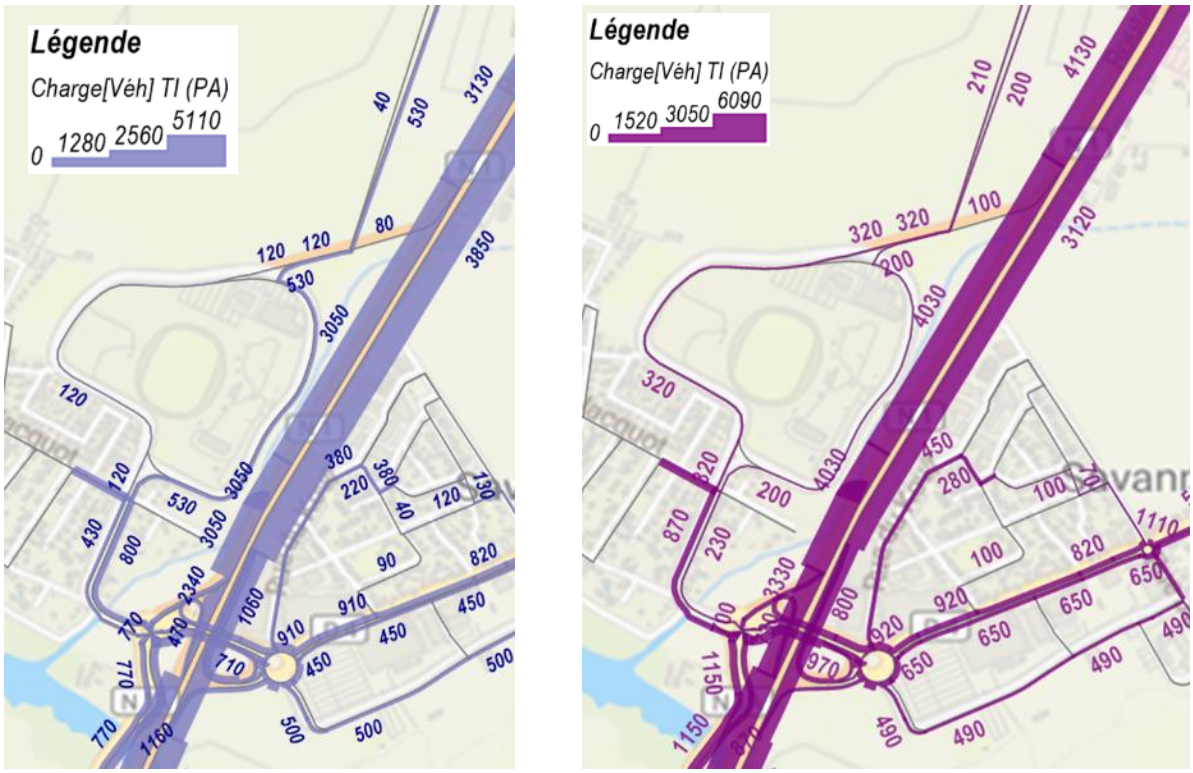


Figure 113 Charge en véhicule à l'Heure de Pointe du Matin HPM (gauche) et à l'Heure de Pointe du Soir (droite) à la mise en service du secteur 1

En prenant en compte le seuil usuel de capacité d'une 2X1 qui est d'environ 1000 Unité Véhicule Par Heure uvph, il est estimé que les infrastructures existantes sur la Plaine des Loisirs et le quartier Jacquot sont capables d'absorber le trafic supplémentaire induit par le branchement de l'axe mixte prolongé à l'avenue du stade.

5.3.5.4 Situation projet - Phase 2 -2029/2030

Le prolongement (secteur 1 et 2) de l'axe mixte supporte en 2028 les niveaux de trafics suivants :

- HPM :
  - Sens Sud → Nord : 630 UVP/h (secteur 1) - 1110 UVP /h (secteur 2)
  - Sens Nord → Sud : 200 UVP /h
- HPS :
  - Sens Sud → Nord : 400 UVP/h
  - Sens Nord → Sud : 460 UVP /h (secteur 1) 1310 UVP /h (secteur 2)

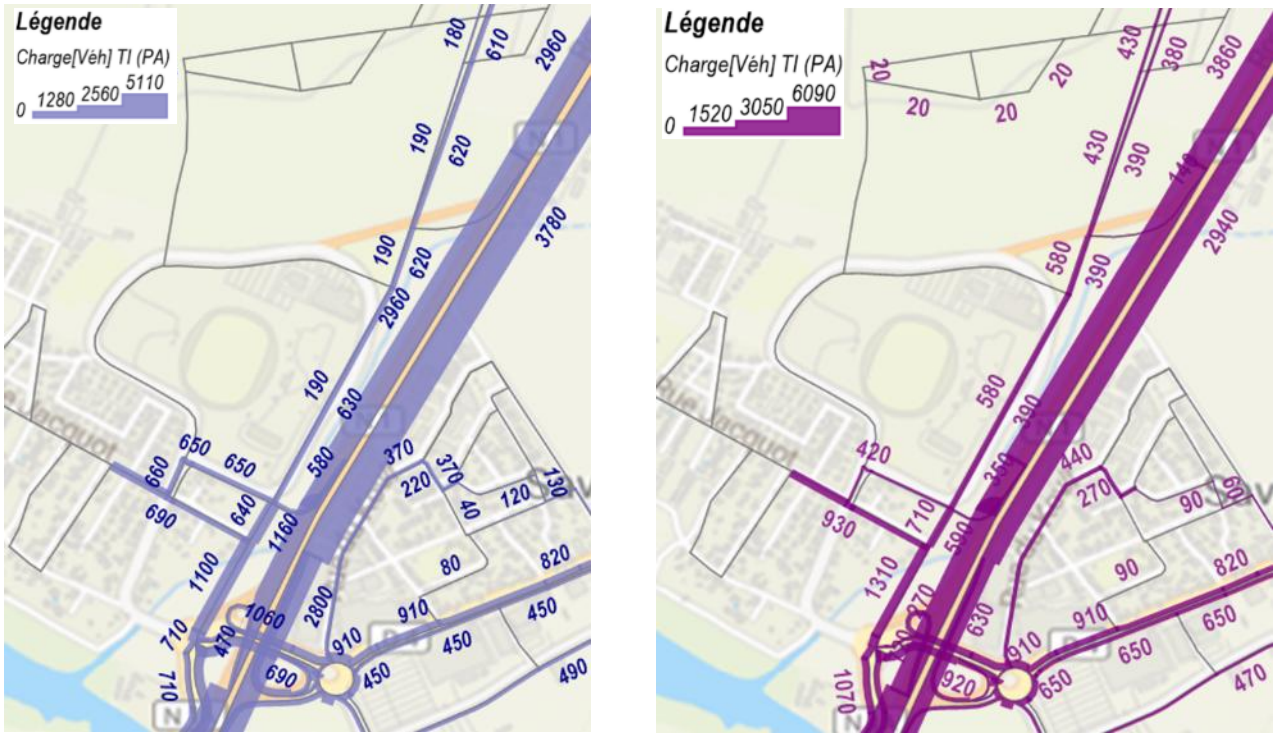
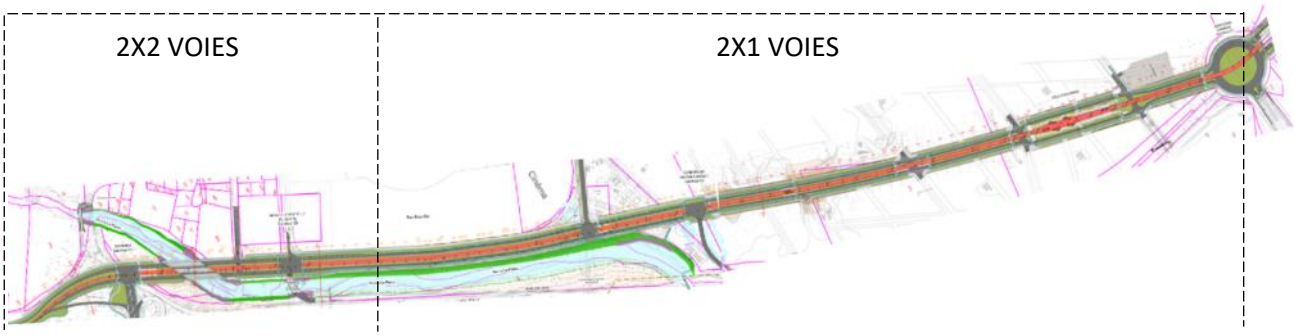


Figure 114 Charge en véhicule à l'Heure de Pointe du Matin HPM (gauche) et à l'Heure de Pointe du Soir (droite) à la mise en service du secteur 2

On observe sur la partie Sud du secteur 2 de l'axe mixte des dépassements du seuil usuel de capacité d'une 2X1 qui est rappelons-le d'environ 1000 uvph avec 1100 et 1300uvph respectivement en HPM et en HPS en arrivant sur Savanna.

Pour cette raison, l'axe mixte a été aménagé depuis la moitié Sud du Parc ExpoBat jusqu'au carrefour Savanna en 2x2 voies :



Focus sur l'organisation des déplacements du quartier Jacquot

En phase 2, les flèches rouges matérialisent les nouvelles voies de circulation. Le secteur 2 se branche au secteur 1 et abandonne la voie de liaison à l'avenue du stade.

Le prolongement de l'axe mixte prévoit d'apaiser le trafic au cœur du quartier Jacquot en supprimant le radier existant au profit d'une passerelle piétonne et vélo. Les nouveaux accès véhicules sont réalisés vers Savanna et la RN1 au moyen d'une nouvelle bretelle précédemment décrite, au maintien de la bretelle existante Rn1 avenue du stade ainsi qu'avec deux intersections supplémentaires créées, une à double sens au droit du cinéma et la seconde en sens contraire à la nouvelle bretelle de sortie.

Figure 115 Description des voies de circulation sur le secteur 2 en phase 2

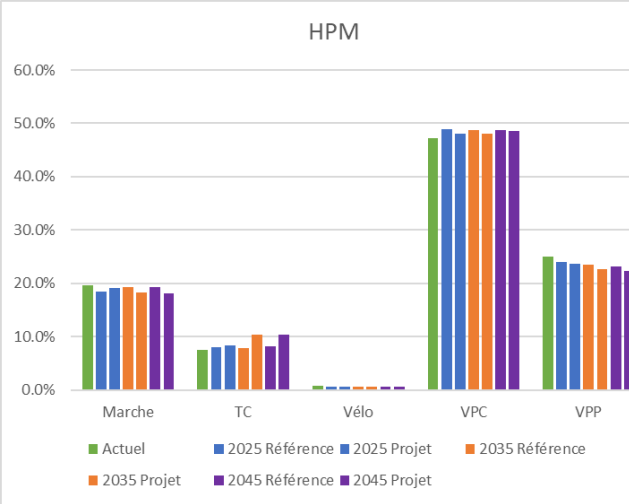
Notez qu'en COTECH en date du 27 septembre 2024 le Territoire de l'Ouest a évoqué l'abandon des franchissements de la RN1 prévus permettant la liaison aux quartiers Jacquot et du Centre Hospitalier Régional de l'Ouest. La Région a souhaité mettre à jour la modélisation de la mobilité de façon à s'assurer que la validité des conclusions produites sur le trafic, la capacité des voies, la pollution des eaux, l'air et le bruit. La modélisation montre que si la création des deux ouvrages de franchissements PSO et Savanna permettent de réduire certains échanges avec la RN1 avec des trajets plus directs entre l'Est et l'Ouest de l'axe, les impacts de l'abandon des franchissements sont toutefois très restreints et ne modifient pas de façon significatif les résultats de la modélisation.

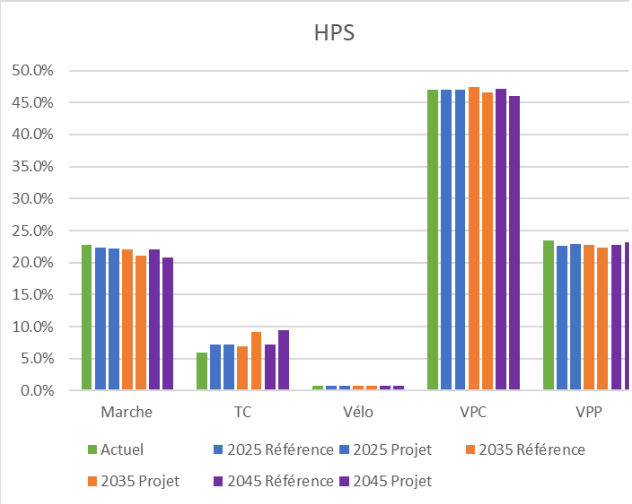
5.3.5.5 Parts modales

Sur la macrozone de Saint-Paul Nord, le projet permet d'augmenter la part modale TC d'1,4 à 2 points en 2035 et de 2,2 points en 2045 par rapport à la référence. Ce gain de part modale vient d'une baisse de celle de la marche à pied d'environ 1 point et de celle de la voiture d'1 point également.

HPM	Actuel	2025		2035		2045	
		REFERENCE	PROJET	REFERENCE	PROJET	REFERENCE	PROJET
Marche	19.7%	18.5%	19.2%	19.2%	18.3%	19.2%	18.0%
TC	7.5%	8.0%	8.4%	7.9%	10.3%	8.2%	10.4%
Vélo	0.7%	0.6%	0.7%	0.7%	0.6%	0.7%	0.6%
VPC	47.2%	48.9%	48.1%	48.7%	48.0%	48.8%	48.5%
VPP	24.9%	23.9%	23.7%	23.6%	22.7%	23.2%	22.4%

HPS	Actuel	2025		2035		2045	
		REFERENCE	PROJET	REFERENCE	PROJET	REFERENCE	PROJET
Marche	22.7%	22.3%	22.2%	22.0%	21.1%	22.1%	20.8%
TC	5.9%	7.2%	7.1%	7.0%	9.2%	7.2%	9.4%
Vélo	0.8%	0.8%	0.8%	0.8%	0.8%	0.8%	0.7%
VPC	47.1%	47.0%	47.0%	47.4%	46.5%	47.1%	46.0%
VPP	23.5%	22.7%	22.9%	22.8%	22.4%	22.8%	23.1%





5.3.6 Les aménagements de biodiversité et paysagers

5.3.6.1 Parti d'aménagement

Le site de Cambaie composé de sols alluvionnaires (sables et galets) et bénéficiant d'un climat fortement ensoleillé (le plus sec de l'ile avec 200mm d'eau par an) est caractérisé par un paysage aride de plaine littorale occupé majoritairement de savanes.

Le paysage végétal du projet prend en compte les orientations de l'Ecocité insulaire et tropicale et le contexte de l'axe mixte.

Afin de garantir la bonne articulation des projets de l'axe mixte et de la ZAC, l'Architecte Paysagiste Conseil de l'Etat (ACPC) sera associé aux réflexions par le pétitionnaire et ses avis pris en compte afin d'améliorer le projet actuel.

- Développer la place de la nature en ville et accompagner ce nouvel itinéraire par une dimension végétale structurante en écho à la « ville jardin » de l'Ecocité :
    - répondre aux enjeux de résilience, et de confort urbain de l'Ecocité par une trame végétale dense qui participe généreusement à la qualité de vie de la ville et l'attractivité des déplacements doux ;

- développer une stratégie végétale pour faire de la ville un support de biodiversité ;
- conforter la démarche de préverdissement engagée dans l'Ecocité par l'anticipation des plantations dans le projet (contrat de culture, …) ;

- **Inscrire la conception végétale dans un projet durable** impliquant dès maintenant les modalités de gestion dans un cadre innovant et pérenne (contrat de culture, modalités de gestion…).

	SECTEUR 1	SECTEUR 2
Jeunes plans, arbustes et couvres sols (noues et accotements)	23 210 u	25 646 u
Surfaces prairiales	10 120 m²	32 290m²
Arbres transplantés	0 u	35 u
Arbres supprimés	22 u	110 u
Jeunes plans, arbustes et couvres sols (noues et accotements)	23 210 u	25 646 u

- **Sécuriser les flux modes doux** :
  - installation de plots béton entre la voirie VL et les cycles quand ils sont côté à côté

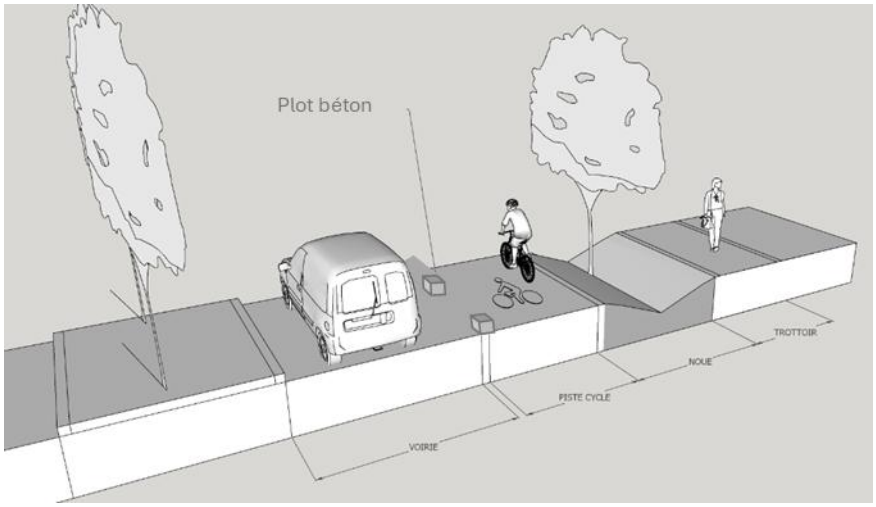


Figure 116 Détail du principe d'aménagement des bordures

  - traversées piétonnes surélevées par un plateau pour faire ralentir les automobilistes et les cyclistes

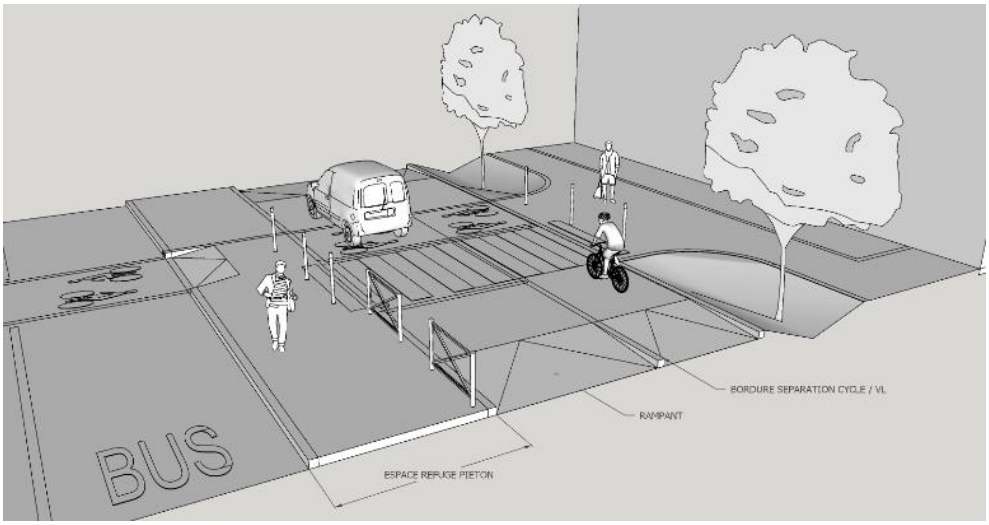


Figure 117 : Détail du principe d'aménagement des traversées piétonnes

5.3.6.2 Les ambiances végétales par secteur

5.3.6.2.1 Secteur 1

Cœur de l'EcoCité, section d'intervention prioritaire à vocation très qualitative présentant :

- une zone densément plantée ;
- une priorité donnée aux arbres d'ombrage, à la diversité des strates végétales et la biodiversité des essences ;
- des bandes centrales : arbres très hauts au port élancé. Des arbustes sur les berges de noues et des couvre-sols sur les abords pour ne pas gêner la visibilité. Ponctuellement quelques grands arbustes viennent compléter le cortège végétal et conforter l'effet masse des arbres ;
- des bandes latérales : alternance de grands arbres d'ombrage et de petits arbres au caractère ornemental. Association d'arbustes et de couvre-sols (ainsi que de végétaux permettant une phytoépuration) créant une strate dense aux abords des circulations douces ;
- un aménagement provisoire des bandes latérales en limites du futur front urbain. Sol traité en terre-pierre + strate arbustive dense ou paillage (mulching) en pied de massif pour limiter l'entretien par débroussaillage non favorable à la faune et permettre une rétention d'humidité favorisant la pousse des arbres et arbustes ;
- une zone nécessitant un entretien suivi dans le cadre d'une gestion écologique et différenciée.

Le PEM représente un ilot minéral offrant une circulation aisée entre les différents modes de déplacements. Il sera ombragé au maximum par des grands arbres isolés sous lesquels sera installé du mobilier d'agrément, en complément des abribus pour offrir un cadre confortable thermiquement aux usagers.

Les pourtours du PEM seront aussi végétalisés par de larges massifs arbustifs très denses agrémentés d'arbres, créant à la fois une séparation physique et visuelle avec la voie attenante mais aussi un ilot de fraicheur.

Le parking relais est temporaire. Il ne sera pour l'instant pas planté d'arbres ; des strates basses (prairies) sont prévues en périphéries..

5.3.6.2.2 Secteur 2

Section à l'ambiance paysagère plus légère et jouant un rôle de couture entre les différents sites aménagés et les milieux naturels (ravine la plaine, zone humide avec radier, ouvrage d'art, raccordement aux grands giratoires de Savanna…).

- Un secteur assez densément planté ;

- Une priorité donnée aux arbres d'ombrage, à la diversité des strates végétales et la biodiversité des essences ;
- Une variation de la palette végétale en fonction les ambiances paysagères et des milieux traversés : zone urbaine le long d'Expobat, zone de transition avec le milieu naturel le long de la ravine … ;
- Une végétation à l'entretien plus léger en bord de ravine et le long des grands axes routiers (quelques sujets arborés et strates arbustives ou mulching en pied d'alignement).

Focus sur la ravine : Etant recalibrée, l'objectif est de retrouver un milieu propice au développement des essences pionnières et adaptées à ce type de milieu.

En zone haute, au milieu peu humide, ce secteur hors RAMSAR, le principe de traitement de lit en continuité de la zone 1 par un principe de dépression humide et d'un premier couvert de Cynodon est intéressant.

Les berges amont (côté axe mixte) seront plantées d'essences forestières inspirées des essences de ripisylves et de la forêt semi sèche.

Plus bas, en milieu humide, l'objectif est d'assurer dans ce secteur classé RAMSAR une démarche exemplaire permettant une résilience accrue de la zone humide et la continuité écologique des ripisylves.

Le lit de la ravine sera composé de dépressions humides, favorisant la stagnation d'eau et la venue du *Paspalidium.* Les graines pourraient provenir des sédiments stockés, une première couverture de cynodon en période sèche permettra de stabiliser le lit.

Figure 118 Croquis d'ambiance de la ravine la Plaine

5.3.6.3 Modalités de plantation et suivi

Les fosses de plantation devront répondre au besoin durable de développement des végétaux (dimensions suffisantes, capacité de stockage d'eau et de nutriments, sol fertile). Le principe du sol éponge rétenteur d'eau impose que les essences disposent d'un milieu généreux en sol permettant de répondre à leur besoin. Pour cela un principe de fosse continue de 1.20m de profondeur remplie de terre végétale sera indispensable pour permettre le développement optimal du système racinaire.

Dans l'optique de limiter l'utilisation de la ressource en eau tout en permettant le bon développement des végétaux le projet prévoit la mise en place :

- d'un réseau d'arrosage automatique piloté par un système de télégestion > Pour les arbres et massifs arbustifs
- d'un réseau de clapets-vannes pour arroser les berges des ravines jusqu'à la reprise des végétaux > Pour les prairies dans la ravine.

Le raccordement sera également effectué sur le réseau d'eau brut (en concertation avec le gestionnaire) afin de limiter les coûts liés à la consommation d'eau. Une dissociation entre l'arrosage central et latéral sera mise en place.

Le système de télégestion permet le pilotage à distance du système, le suivi des consommations et apports en eau et le raccordement à un système de réseau plus large sur l'Ecocité. La régulation des apports et la gestion du système en fonction des aléas climatiques constitue donc un véritable atout en termes de gestion de la ressource en eau.

5.3.7 Les matériaux mis en œuvre

Dans le cadre de l'aménagement de l'Axe Mixte, l'équipe paysagiste propose de travailler sur un choix de matériaux divers selon la phase d'évolution du projet. Le projet prévoit des revêtements clairs et différenciées selon les espaces. A noter que dans le cadre de la phase 2 portée par la ZAC, les bandes mutables sont pérennisées avec des matériaux claires et architecturé..

	Bandes mutables	Trottoirs	Voies cyclables	Voiries	Voie TC	Quai de station
Phase 1	Terre-pierre	Enrobé pour les sections mutables Béton pour les sections non mutables	Enrobé rouge	Enrobé	Enrobé / béton en station	Béton sablé
Phase 2 (Aménagement ZAC Phaonce)	Création de trottoirs en béton architecturé ou revêtement modulaire (type pierre basaltique)	Béton architecturé ou revêtement modulaire (type pierre basaltique)				

5.3.8 L'assainissement des eaux pluviales

5.3.8.1 Contexte réglementaire

Sur la commune de Saint-Paul, un Schéma Directeur des Eaux Pluviales, dont l'objectif est de répondre aux dysfonctionnements des ouvrages de collecte des eaux pluviales par une proposition de prescriptions et de travaux, a été finalisé en 2013. Un zonage a notamment été établi et classe la zone d'étude en zone à contrainte forte pour laquelle les mesures suivantes s'imposent à tout nouveau projet d'aménagement :

- **Débit de rejet inférieur ou égal à 80 % du débit initial ;**
- Rédaction d'une note hydraulique ou d'un dossier « Loi sur l'Eau » (déclaration ou autorisation) suivant la superficie du projet ;
- Dimensionnement des réseaux et des ouvrages de rétention conforme à la norme NF EN 752-2 ;
- Mise en œuvre de techniques alternatives de gestion des eaux pluviales et infiltration conseillée (moyennant étude de sol).

Le projet d'axe-mixte s'inscrit dans la ZAC Phaonce qui décline le Plan guide de l'Ecocité. Dans un souci de cohérence des projets, l'axe mixte doit prendre en compte les orientations du plan guide sur le volet hydraulique, en particulier :

- Le rôle de rétention d'eau par les végétaux dans les noues ;
- Le sol éponge qui capte une partie des eaux.

5.3.8.2 Données de sites

Des essais de perméabilité ont été réalisés dans le cadre des investigations géotechniques, permettant de caractériser les capacités d'infiltration des sols :

- Nord Secteur 1 : 3,3 et 3,5.10^{-4} m/s – bonne perméabilité – infiltration possible ;
- Sud secteur 1 et secteur 2 : 1,65 et 3,4.10^{-5} m/s – perméabilité moyenne – infiltration plus difficile.

Le dimensionnement des ouvrages est réalisé conformément à la norme NF-EN 752-2. Une période de retour de 30 ans est prise en compte pour le dimensionnement des ouvrages hydrauliques.

5.3.8.3 Principes de gestion des eaux pluviales

5.3.8.3.1 Localisation des BV

La figure ci-dessous rappelle le découpage des bassins versants retenus pour le secteur 1 :

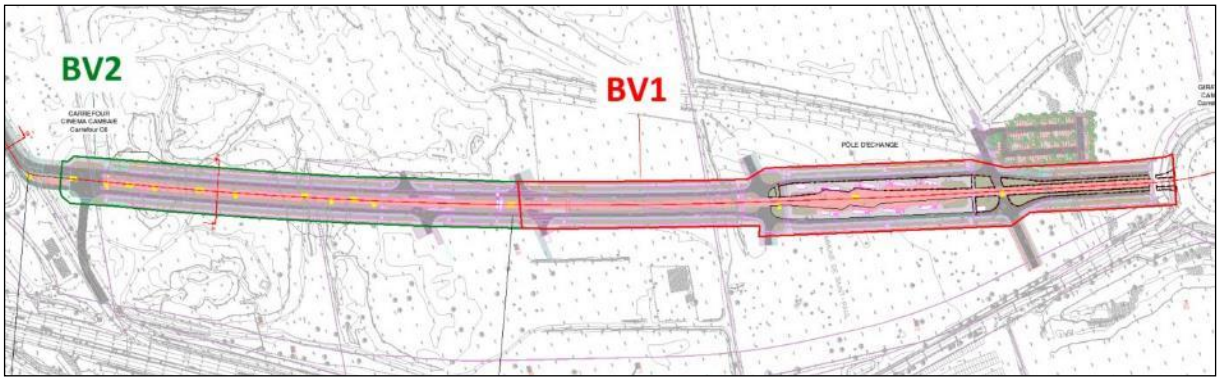


Figure 119 : Bassins versants du secteur n°1

- Le premier bassin versant couvrant un linéaire de 550 m depuis le giratoire existant vers le Sud de l'axe mixte.
- Un second bassin versant d'un linéaire de 390 m partant de la limite Sud du BV 1 jusqu'au carrefour de la sortie cinéma.

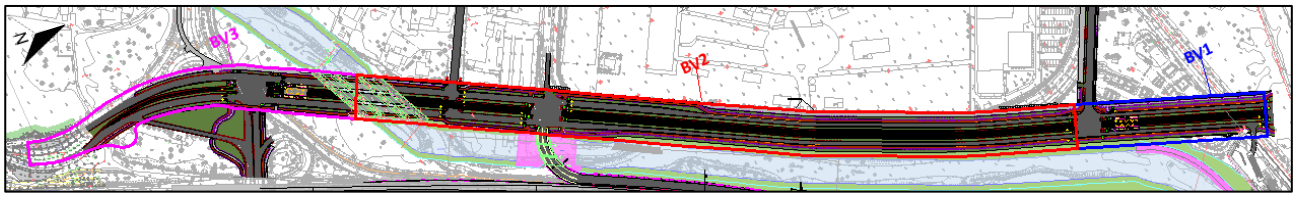


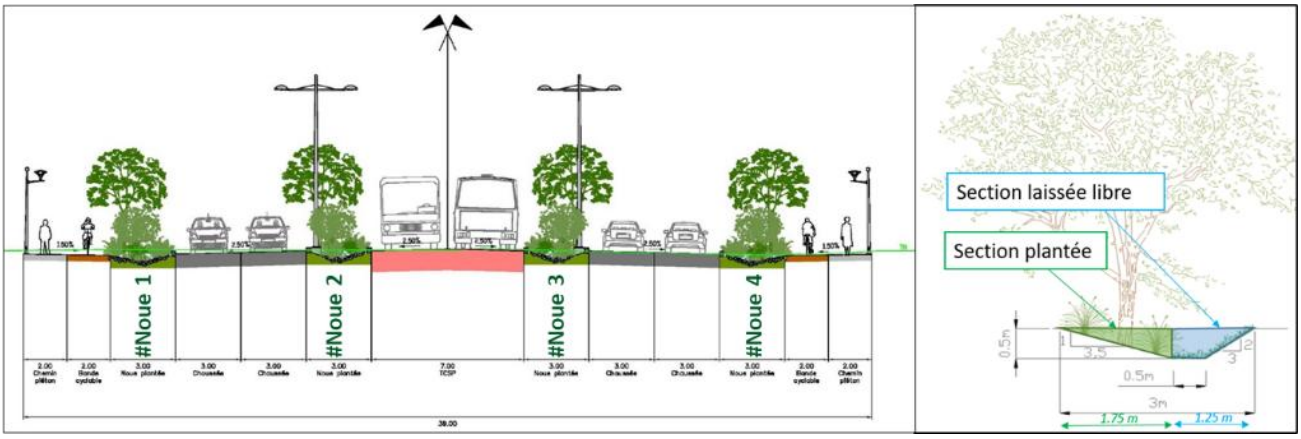
Figure 120 : Bassins versants routiers du secteur n°2

Eu égard aux données de perméabilité présentées plus haut, il est considéré que :

- Sur le BV1 du secteur 1, l'infiltration est possible, vu la bonne perméabilité du sol ;
- Sur le BV2 du secteur 1 et les BV du secteur 2, l'infiltration est négligée

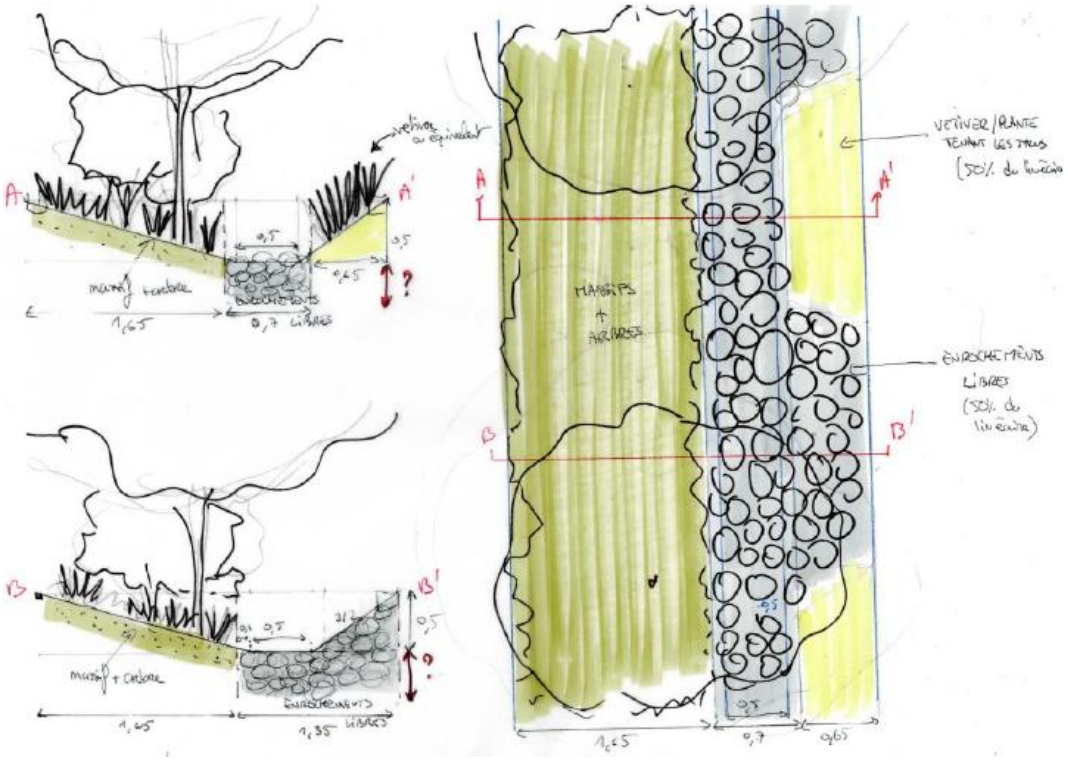
5.3.8.3.2 Principe de collecte

Dans le cas de l'axe mixte, **la collecte des eaux pluviales est envisagée à l'aide de 4 noues paysagères** (larges fossés végétalisés) qui longent le projet.



En profil en travers, la noue est composée d'un espace réservé aux plantations, et d'un espace libre composé d'enrochements permettant d'assurer sa fonction hydraulique.

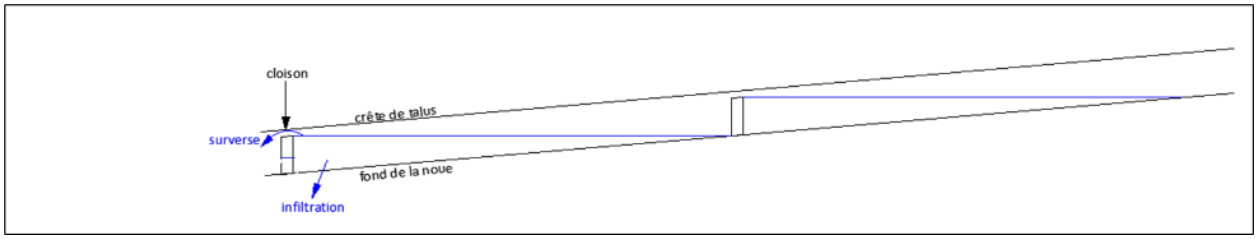
Les noues sont séparées des voiries par des plots en béton régulièrement espacés, permettant le libre écoulement des eaux vers les noues, tout en permettant de dissuader le stationnement sauvage sur ces espaces.



Pour ralentir les écoulements (par rapport à l'état actuel) et favoriser au maximum l'infiltration (en particulier sur les secteurs où celle-ci est envisageable), la mise en œuvre régulière de cloisons est prévue dans les noues.

Il s'agira a priori d'ouvrages réalisés en maçonnerie de moellons. Une surverse en crête (calée altimétriquement plus bas que la hauteur de la noue) permettra d'évacuer l'eau retenue sur l'aval (au-delà du débit d'infiltration).

Le nombre de cloisons mises en place dépend de la pente longitudinale de la noue, qui sera similaire à celle de l'axe routier qu'elle longe. A titre d'explication, un schéma de principe est proposé ci-après.



<u>Remarques</u> :

- Des carrefours étant prévus le long du projet, les noues seront interrompues et par conséquent prolongées par des buses ou cadres. Des ouvrages d'entonnement, destinés à faciliter la transition entre noue et ouvrage, seront mis en place ;
- Les carrefours de grandes dimensions seront équipés de regards avaloirs afin de recueillir les eaux pluviales qui seront transférées vers les noues ;
- La transparence hydraulique entre la voirie et la noue séparant la voie TC est assurée par la réalisation de bordures abaissées selon un ratio de 1 bordure abaissée tous les 3 mètres, ou de plots en bétons disposés entre la voie VL et la piste cyclable.

Les buses sont des canalisations enterrées en Fonte (unique puis double implantée en parallèle) tandis que les cadres seront en béton. Ces ouvrages sont dimensionnés suivant le débit de ruissellement estimé. Compte-tenu de la nécessité d'assurer la connexion entre les noues de part et d'autre des carrefours, de conserver une pente minimale de 0,5 % au

réseau et de la faible profondeur des noues, le projet prévoit la mise en œuvre d'un enrobage béton en protection au droit des buses.

Celles-ci sont implantées à une profondeur inférieure à la couche d'assise de la chaussée.

Un approfondissement de la noue au droit de chaque ouvrage est prévu afin de faciliter la transition des eaux entre les noues et les ouvrages projetés et disposer d'une profondeur suffisante pour la traversée de carrefours.

Des vannes de cloisonnement sont prévues dans les noues en aval de chaque bassin versant, permettant de cantonner les pollutions accidentelles sur le segment de noues impacté.

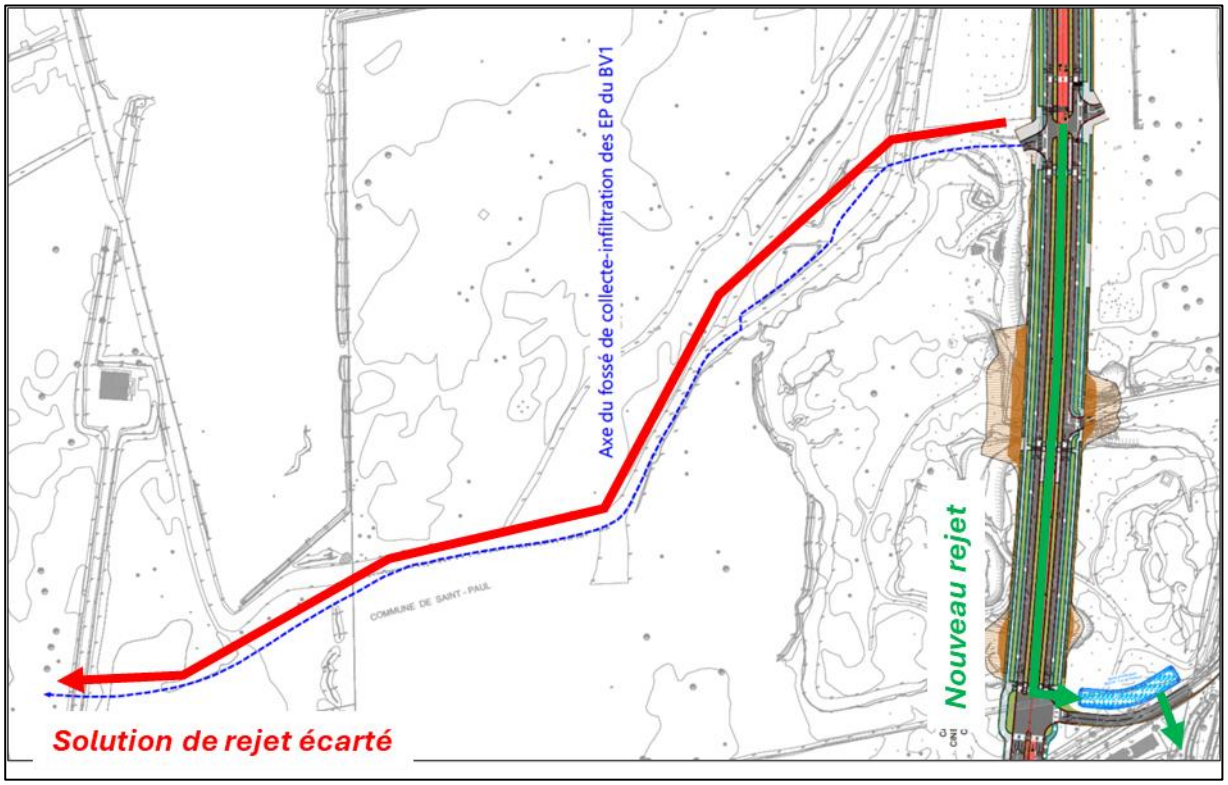
5.3.8.4 BV1 Secteur 1

Le BV1, correspondant au tronçon de voirie Nord, bénéficie d'une bonne capacité d'infiltration qui permet la gestion des eaux pluviales jusqu'à une pluie de période de retour de 5 ans.

Pour un épisode pluvieux de période de retour 30 ans, le surplus de débit (235 l/s) serait transféré vers le bassin de rétention, situé à l'aval du BV2, via les noues latérales du BV2.

Précisons que ce débit résiduel représente 60 % du débit initial Q_{30ans} ce qui est inférieur aux prescriptions du SDEP.

Pour rappel, il était prévu lors des phases d'études précédentes la création d'un fossé spécifiquement pour collecter les eaux du BV1. Ce fossé devait traverser la plaine de Cambaie (qui accueillera à terme l'Ecocité) et rejoindre des dépressions naturelles bordant le littoral. Ce principe permettait de respecter le cheminement hydraulique actuel du bassin versant et d'infiltrer les eaux dans la plaine.



En effet, les eaux de ruissellement pluvial de cette zone s'orientent naturellement vers l'océan, mais aussi sur les futures parcelles aménagées par la ZAC Phaonce.

Afin de préserver les emprises de la ZAC Phaonce, il a finalement été convenu que les eaux du BV 1 (non infiltrées) soit transférées vers le bassin de rétention, situé à l'aval du BV2.

5.3.8.5 BV2 Secteur 1

Le BV2, côté Sud, ne dispose pas de la même capacité d'infiltration que le BV1 si bien qu'un bassin de rétention est envisagé pour réguler les débits. Cet ouvrage est prévu en aval du BV2 à proximité de la Ravine La Plaine où s'effectue le rejet. Son dimensionnement est conforme aux prescriptions du SDEP de St-Paul. A noter que ce bassin joue également le rôle de dépollution des eaux pluviales (La Ravine La Plaine et l'étang Saint-Paul étant des milieux à vulnérabilité forte).

5.3.8.6 BV Secteur 2

Compte-tenu du profil en long du secteur 2 de l'axe mixte, présentant plusieurs points hauts et bas, un découpage en 3 bassins versants a été réalisé.

Les débits calculés pour chacun de ces bassins versants (suivant la même méthodologie que précédemment)

Comme pour le bassin versant n 2 du secteur 1, la capacité d'infiltration est jugée moyenne si bien que la régulation des débits générés par le projet s'effectuera à l'aide de bassins de rétention. De la même manière, des cloisons seront mises en place pour ralentir les écoulements sur l'ensemble des noues dont la pente excède 1 %.

Les dimensionnements des ouvrages hydrauliques du projet sont présentées en annexe : Note Hydraulique.

5.3.9 L'éclairage

La mise en lumière se déclinera selon l'usage de chacun des espaces, selon 3 niveaux d'éclairage présentant des intensités variables adaptées aux usages et à la réglementation.

Une attention particulière est accordée à une démarche économe en énergie et efficiente qui respecte les corridors écologiques de l'avifaune.

Une ligne commune de mâts et de luminaires est privilégiée pour les différents espaces (matériaux, style graphique) afin d'obtenir un effet d'homogénéité.

- **La chaussée :**

L'éclairage des chaussées aura principalement vocation à assurer la mise en sécurité des déplacements motorisés – 15 Lux moyen sera visé.

Des mâts d'éclairage seront répartis uniformément le long des noues situées entre la chaussée et les cheminements piétons. Le projet veillera à vérifier la cohérence entre la position des mâts et celle des arbres pour permettre une efficacité de répartition lumineuse.

- **Les pistes cyclables et cheminements piétons**

Un éclairage moyen de 15 lux moyen sur les pistes cyclables et de 7.5 lux sur les trottoirs sera recherché.

- **Les stations et carrefours**

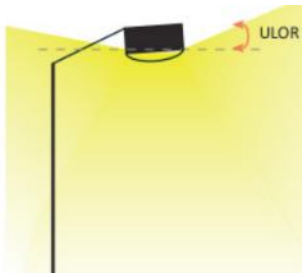
Un éclairage moyen de 20 lux sera recherché en respect de la règlementation PMR.

- **Parking relais**

Un éclairage minimum sera assuré sur l'itinéraire PMR uniquement.

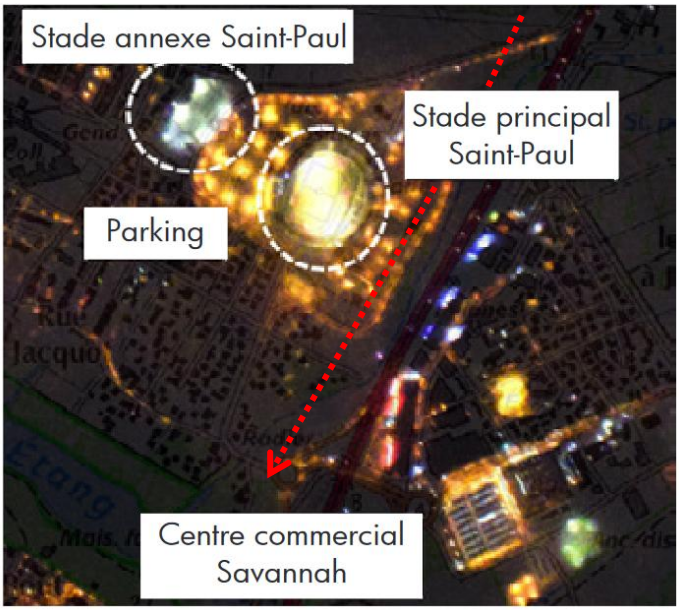
- **La voie TCSP :**

Le voie TCSP sera éclairé par l'éclairage résiduel des voies attenantes.



Conformément au label pétrels protégés, la Région s'engage sur une ULOR : 0. ULOR pour Upward Light Output Ratio, représente le pourcentage de lumière émise au-dessus de l'horizontale en sortie du luminaire.

En effet le secteur est déjà impacté de façon importante par Expo bat et sa situation en bordure de la Réserve Naturelle nécessite une appropriation de l'enjeu par le Maitre d'Ouvrage.



Le projet prévoit l'utilisation de sources LEDs avec une couleur de lumière de 2700°K soit un blanc chaud au lieu de source en 4000°K soit un blanc froid.

Le projet prévoit la mise en œuvre de système de télégestion de l'éclairage permettant de réaliser un abaissement du niveau d'éclairement en fonction d'horaires d'utilisation ou de mesures de de fréquentation (boucles entrée/sortie parkings).

5.3.10 Les réseaux

Le projet prévoit des dévoiements et des approfondissements du réseau Eaux Usées, du réseau AEP, du réseau Telecom et EDF.

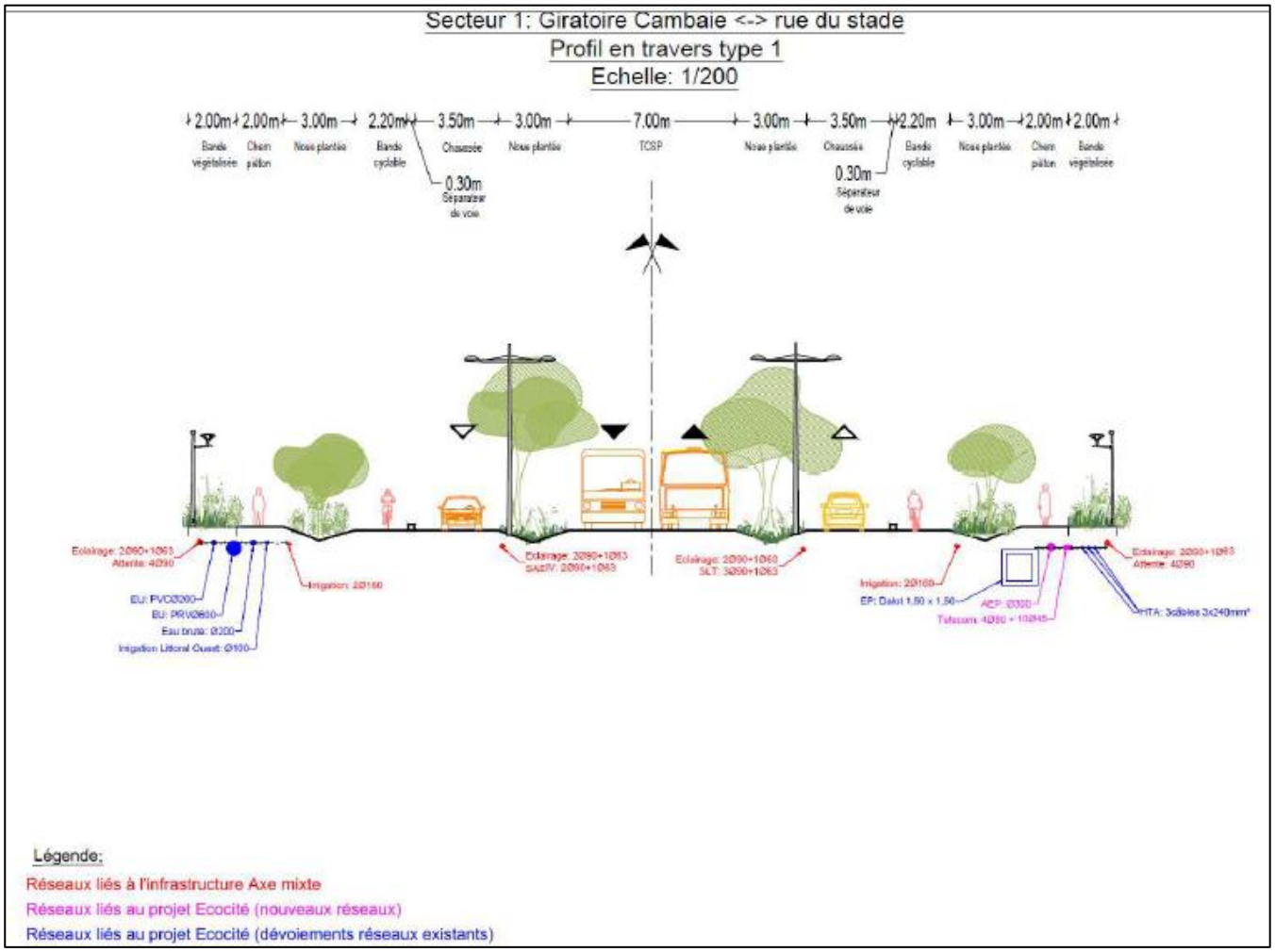
Aucune intervention sur le réseau EU ne concerne le Périmètre de Protection Rapproché du forage Cambaie Oméga.

La prise en compte du projet d'Ecocité :

En anticipation du déploiement ultérieur des réseaux de la ZAC Phaonce, des réserves, tel que la pose de fourreaux ou de réseaux en traversées de carrefour, sont prévues par le projet, en concertation des concessionnaires de réseaux.

Une bande mutable est aménagée par le projet pour faciliter l'intégration ultérieure des réseaux de l'EcoCité.

A titre indicatif, le principe de répartition des réseaux propres à l'infrastructures Axe mixte et au projet EcoCité est présenté sur le schéma ci-dessous :



5.3.11 Le foncier

Si la majorité des terrains nécessaires à la réalisation du prolongement de l'axe mixte sont sous maîtrise foncière du TO et de la commune de Saint Paul, un certain nombre de parcelles privées non maitrisées sont néanmoins concernées.

Le Maître d'Ouvrage prévoit l'acquisition de ces parcelles privées au moyen d'une Déclaration d'Utilité Publique Travaux.

Lors de l'écriture de ces lignes, le recensement des propriétaires foncier était en cours et n'est ici pas exhaustif. Le foncier concerné est présenté de façon exhaustive dans l'enquête parcellaire (enquête publique conjointe).

secteur projet	section	numéro	Propriétaires ou présumés	surface SIG (m²)	surface impactée (m²)
Secteur 2		38		4061	416
Secteur 2	AB	568	SCPR	250207.69	8355.76
Secteur 2	AB	577	TO /EPFR	54625.51	3402.21
Secteur 2	BI	38		4061.16	20.63
Secteur 2	BI	223	CBO	762.09	172
Secteur 2	BI	224	CBO	670.07	605
Secteur 2	BI	226	CBO	81.89	81.89
Secteur 2	BI	306	CBO	706.41	706.38
Secteur 2	BI	519		99	99
Secteur 2	BI	564	ST PAUL	1316.18	1191.66
Secteur 2	BI	565	ST PAUL	5356.12	873
Secteur 2	BI	567	Privé	110.11	97.84
			Privé		
			Privé		
Secteur 2	BI	568	CBO	1808.26	1808.26
Secteur 2	BI	569	CBO	1151.98	1151.98
Secteur 2	BI	570	CBO	8718.29	8718.31
Secteur 2	BI	572	Privé	124.93	47.83
Secteur 2	BI	650	Privé	890.17	17.31
Secteur 2	EX	129	CBO	15563.79	15562.13
Secteur 2	EX	273	SAINT PAUL	4597.34	58.97
Secteur 2	EX	463	Privé	2100.43	2100.43
Secteur 2	EX	464	Privé	2783.7	2758.95
Secteur 2	EX	465	SAINT PAUL	24614.11	20765,67
Secteur 2	EX	489	SAINT PAUL	186966.69	14171.91
Secteur 2	PUBLIC	PUBLIC		PUBLIC	33051.43
Secteur 1	HN	212		941.67	4.18
Secteur 1	HN	202		4279	18.49
Secteur 1	HN	2		6030.33	2.37
Secteur 1	EX	489	SAINT PAUL	186966.69	2623.75

Secteur 1	AB	720		45467.42	11131.95
Secteur 1	AB	577	TO/EPFR	54625.51	4720.63
Secteur 1	AB	576		15	15
Secteur 1	AB	573	TO/EPFR	787097.68	24509.52
Secteur 1	AB	572	TO	7672.55	265,87
Secteur 1	AB	568	SCPR	250207.69	15017,39
Secteur 1	AB	567		2876	40
Secteur 1	AB	551		9997.91	451.23
Secteur 1	PUBLIC	PUBLIC		PUBLIC	8649.45

LEGENDE :
Emprise du projet Secteur 1
Emprise du projet Secteur 2

5.3.12 Coût prévisionnel

Le coût estimé du projet est de 63,34 M€

Etudes de maitrise d'œuvre et de suivi de travaux	1,42 M€
Maîtrise d'Ouvrage	500 K€
Acquisitions Foncières,	7.06 M€
Travaux	53,9 M€
Mesures non comprises dans le coût des travaux	460 k€

Détail du coût estimé des travaux est estimé à 53,9 M€ HT.

	Secteur 1	Secteur 2	AMX existant
	TOTAL	TOTAL	TOTAL
FRAIS GENERAUX	761 500,00 €	1 287 000,00 €	48 000,00 €
TRAVAUX PREPARATOIRES ET TERRASSEMENTS	3 520 379,29 €	3 042 486,26 €	35 550,00 €
VOIRIE	4 637 766,00 €	4 294 941,50 €	124 644,60 €
SIGNALISATION HORIZONTALE ET VERTICALE	163 527,00 €	438 365,00 €	29 803,50 €
MOBILIER URBAIN	811 248,50 €	211 993,90 €	75 420,00 €
AMENAGEMENTS PAYSAGERS ET IRRIGATION	1 830 975,20 €	2 766 646,80 €	0,00 €
OUVRAGES D'ART	0,00 €	15 395 793,00 €	0,00 €
EAUX PLUVIALES	1 669 716,00 €	3 657 090,00 €	56 050,00 €
EAUX USEES	0,00 €	958 174,00 €	0,00 €
EAU POTABLE	0,00 €	318 085,00 €	0,00 €
GENIE CIVIL RESEAUX SECS	1 115 277,50 €	1 245 285,00 €	52 577,50 €
ELECTRIFICATION	61 590,00 €	62 550,00 €	0,00 €
ECLAIRAGE PUBLIC	665 700,00 €	685 725,00 €	77 070,00 €
SIGNALISATION LUMINEUSE TRICOLORE	470 270,00 €	393 640,00 €	100 400,00 €
SAEIV & COURANT FAIBLE	252 185,00 €	88 635,00 €	0,00 €
TOTAL HT	**15 960 134,49 €**	**34 846 410,46 €**	**599 515,60 €**
Aléa 5%	***798 006,72 €***	***1 742 320,52 €***	***29 975,78 €***
TOTAL HT + ALEA	**16 758 141,21 €**	**36 588 730,98 €**	**629 491,38 €**
TVA (8,5%)	**1 424 442,00 €**	**3 110 042,13 €**	**53 506,77 €**
TOTAL TTC	**18 182 583,22 €**	**39 698 773,12 €**	**682 998,15 €**

5.3.13 Calendrier et temporalité de réalisation des travaux

La temporalité de réalisation des travaux est la suivante :

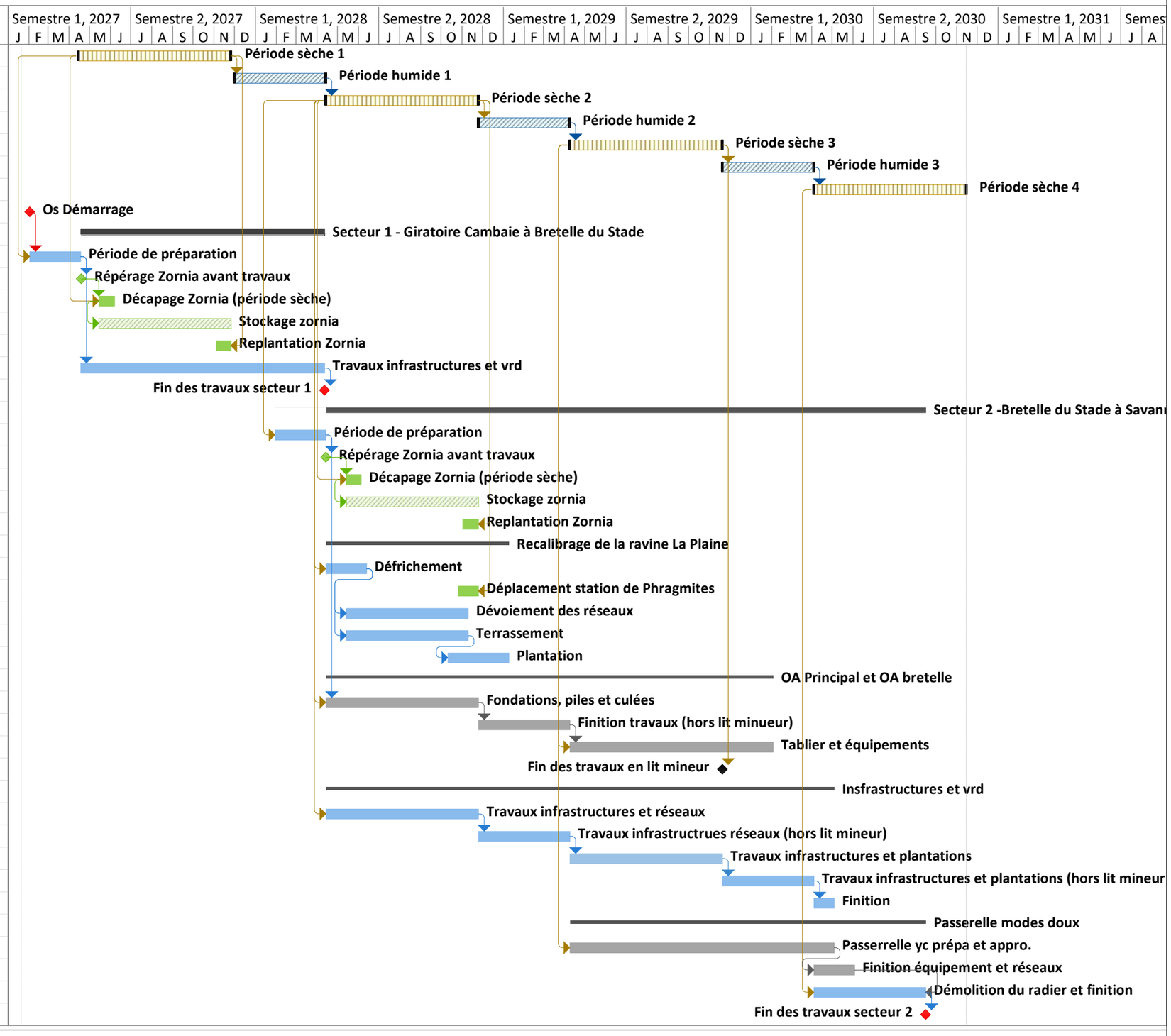
- 1ère tranche de travaux : (Horizon 2027) - Durée : 18 mois.
  - Secteur 1 zone Cambaie-Oméga du giratoire de Cambaie à la bretelle de sortie de l'Etang / rue du stade et raccordement à l'axe mixte existant
- 2ème tranche de travaux : (Horizon 2029) - Durée : 30 mois.
  - Secteur 2 zone Savanna de la bretelle de sortie de l'Etang / rue du stade à l'échangeur de Savannah.

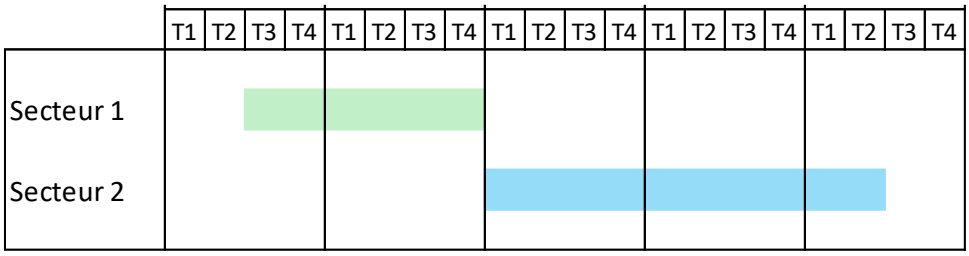
Prolongement et réaménagement de l'axe mixte de Saint-Paul
Principe de planning prévisionnel de travaux

REGION REUNION
www.regionreunion.com

ARTELIA

N°	Nom de la tâche	Durée
1	Période sèche 1	7,5 mé
2	Période humide 1	4,5 mé
3	Période sèche 2	7,5 mé
4	Période humide 2	4,5 mé
5	Période sèche 3	7,5 mé
6	Période humide 3	4,5 mé
7	Période sèche 4	7,5 mé
8	Os Démarrage	0 jr
9	**Secteur 1 - Giratoire Cambaie à Bretelle du Stade**	**311 jrs**
10	Période de préparation	2,5 mé
11	Répérage Zornia avant travaux	0 jr
12	Décapage Zornia (période sèche)	0,75 mé
13	Stockage zornia	6,5 mé
14	Replantation Zornia	0,75 mé
15	Travaux infrastructures et vrd	12 mé
16	Fin des travaux secteur 1	0 jr
17	**Secteur 2 -Bretelle du Stade à Savanna**	**685 jrs**
18	Période de préparation	2,5 mé
19	Répérage Zornia avant travaux	0 jr
20	Décapage Zornia (période sèche)	0,75 mé
21	Stockage zornia	6,5 mé
22	Replantation Zornia	0,75 mé
23	**Recalibrage de la ravine La Plaine**	**192 jrs**
24	Défrichement	2 mé
25	Déplacement station de Phragmites	1 mé
26	Dévoiement des réseaux	6 mé
27	Terrassement	6 mé
28	Plantation	3 mé
29	**OA Principal et OA bretelle**	**471 jrs**
30	Fondations, piles et culées	7,5 mé
31	Finition travaux (hors lit minueur)	4,5 mé
32	Tablier et équipements	10 mé
33	Fin des travaux en lit mineur	0 jr
34	**Insfrastructures et vrd**	**536 jrs**
35	Travaux infrastructures et réseaux	7,5 mé
36	Travaux infrastructrues réseaux (hors lit mineur)	4,5 mé
37	Travaux infrastructures et plantations	7,5 mé
38	Travaux infrastructures et plantations (hors lit mineur)	4,5 mé
39	Finition	1 mé
40	**Passerelle modes doux**	**375 jrs**
41	Passerrelle yc prépa et appro.	13 mé
42	Finition équipement et réseaux	2 mé
43	Démolition du radier et finition	5,5 mé
44	Fin des travaux secteur 2	0 mé





Le phasage de ces travaux avec ceux concernant la mise en application des mesures ERC environnementales est décrit dans le planning présenté en annexe. Il est à noter que ce calendrier demeure indicatif et sera susceptible d'évoluer au regard des délais d'instruction et d'autorisation, d'attribution des marchés de travaux et des mises au point éventuelles en phase d'exécution. Les interventions seront néanmoins réduites en période de risque cyclonique, qui sont des périodes favorables pour les oiseaux d'eau. Néanmoins, les inventaires réalisés montrent une fréquentation ponctuelle des oiseaux d'eau et sans reproduction observée.

5.3.13.1 Le phasage des travaux

5.3.13.1.1 Généralités

Le phasage des travaux prend en compte les généralités suivantes :

- la durée des travaux doit être optimisée au maximum dans les zones sous circulation, afin de limiter l'impact des travaux sur la circulation des voies concernées ;
- la fermeture complète à la circulation sur l'axe mixte existant, les bretelles de sorties de l'Etang et Savanna, la RN1a est interdite, de jour, tolérée la nuit (à confirmer par gestionnaire voirie) ;
- sur l'axe mixte existant et la RN 1a, deux voies de largeur minimale de 3m dans les deux sens de circulation sera maintenue durant toute la durée des travaux (à confirmer par le gestionnaire voirie) ;
- dans le cas où la mise en place d'un alternat s'avère nécessaire (hors axe mixte existant), il devra être de courte durée, en dehors des heures de pointe, et d'une longueur réduite au maximum en fonction des travaux (à confirmer par le gestionnaire voirie) ;
- un cheminement piéton d'une largeur minimale de 1.40 m sera maintenu dans les 2 sens de circulation durant toute la durée du chantier. Ce cheminement devra être sécurisé, isolé de la voie de circulation et du chantier ;
- l'utilisation de BRH et les travaux de sciage de chaussée ne pourront se faire que de jour ;
- les accès riverains devront être maintenus en permanence durant toute la durée des travaux.

5.3.13.1.2 Axe mixte existant

Les travaux comprennent :

- Le déplacement des stations Kar 'Ouest sur l'axe mixte;
- la réalisation des traversées piétonnes jusqu'à celle-ci ;
- la mise en place de feux SLT sur le giratoire existants.

5.3.13.1.3 Secteur 1 – Zone Oméga

Le secteur 1 étant situé dans une zone « vierge », ne présente pas de contraintes de phasage travaux particulières, en dehors des voiries en circulation.

Seuls les raccordements sur le giratoire de Cambaie au Nord et sur la rue du stade au Sud devront être phasés pour permettre le maintien des circulations actuelles. Des travaux de nuits seront ponctuellement envisagés pour la réalisation des chaussées.

5.3.13.1.4 Secteur 2 – Zone Savanna

Le secteur 2 s'insère dans le prolongement du secteur 1 jusqu'à l'échangeur de Savanna. Il s'inscrit sur la rue du stade, sur ses emprises attenantes, puis se raccorde à la RN1a.

Ces travaux devront être phasés afin de maintenir les dessertes tous véhicules (VL et TC) et modes doux existants. Les circulations sur la rue du Stade pourront notamment être basculées sur le Ring Nord pendant la réalisation de l'axe-mixte. (Lors de la phase travaux, les bus circuleront sur la même voie que les véhicules légers, à valider par le service exploitation Transports en communs).

La réalisation du carrefour à feux en lieu et place du giratoire de Savanna devra être réalisé en maintenant les liaisons existantes (RN1a, Jacquot, Savanna, bretelle RN1)). L'aménagement de voies provisoires pourra être nécessaire pour maintenir les liaisons viaires existantes et réaliser les voiries projetées attenantes.

Des travaux de nuits seront ponctuellement envisagés pour la réalisation des chaussées.

5.4 MODALITES TECHNIQUES ENVISAGEES POUR L'EXECUTION DES TRAVAUX

5.4.1 Les travaux en section courante

En section courante, les travaux d'infrastructures se dérouleront suivants les phases suivantes :

- Libération des emprises et travaux préparatoires ;
- Déviations des réseaux concessionnaires ;
- Travaux d'assainissement, réseaux sec, chaussées, TCSP, et modes doux ;
- Revêtements définitifs, plantations, éclairage et signalisation lumineuse tricolore, etc.

5.4.1.1 Libération des emprises et travaux préparatoires

Cette phase comprend les acquisitions foncières et la reconstitution éventuelle des limites riveraines, nécessaires au projet. Cette phase comprendra notamment, les travaux suivants :

- démolitions éventuelles ;
- abattage d'arbres ;
- reconstitutions éventuelles des limites riveraines : clôtures, portails, etc.
- déplacement des émergences (panneaux de signalisation, publicitaires, abattages des arbres, etc.) ;
- comblement de l'ancienne carrière SCPR ;
- dépollution des sols (y compris désamiantage) si nécessaire.

5.4.1.2 Dévoiement des réseaux concessionnaires

Cette phase consiste en la réalisation des dévoiements des réseaux existants en conflits avec le projet :

- mise en œuvre des prestations permettant l'exploitation sous chantier pendant les travaux de dévoiements : raccordement de voiries, fourniture et pose de balisage, clôture de chantier, etc. par le concessionnaire concerné ;
- consignations nécessaires pour les travaux des réseaux, à charge des concessionnaires ;
- mise en œuvre des travaux de dévoiement des réseaux : tranchées, pose de réseaux, essais et remblais, par les concessionnaires ;
- mise en service des réseaux, abandon des réseaux en conflit, et restitutions des emprises, par les concessionnaires.

5.4.1.3 Travaux d'assainissement, chaussées, TCSP et modes doux

Cette phase consiste en la réalisation des travaux lourds d'insertion urbaine. Cette phase comprend les travaux :

- de réalisation des ouvrages d'assainissement aérien : noue paysagère et de bassin de rétention ;
- de réalisation des réseaux divers ;
- de réalisation des massifs EP et SLT ;
- de la pose des bordures ;
- de réalisation des structures de chaussées, TCSP, pistes cyclables et trottoirs.

La deuxième phase de travaux d'insertion urbaine consiste en la mise en œuvre :

- de l'aménagement des pistes cyclables ;
- de la plantation des végétaux ;
- de la pose des équipements SLT (signalisation lumineuse de trafic), EP (éclairage public) et du mobilier urbain ;
- du revêtement définitif des trottoirs et pistes cyclables ;
- des tapis de chaussée définitifs, de la pose de la signalisation horizontale et verticale non réalisée précédemment.

5.4.2 Les travaux d'ouvrages d'art

Trois ouvrages d'art sont réalisés en franchissement de la ravine la Plaine :

1. Ouvrage « principal » support de l'axe mixte ;
2. Ouvrage « bretelle » en raccordement de la bretelle de sortie RN1 sur l'axe mixte ;
3. Une passerelle pour les modes doux en lieu et place du radier desservant le quartier Jacquot.

5.4.2.1 Ouvrage d'art « principal »

Il s'agit d'un ouvrage en poutrelle enrobé de deux travées. Les culées et piles sont réalisées sur les berges et dans le lit de la ravine la plaine. Les travaux suivants sont réalisés :

- terrassement des culées et de la pile ;
- réalisation des fondations profondes, de type pieux ;
- réalisation des culées et de la pile ;

- remblais ;
- réalisation du tablier et pose des équipements.

5.4.2.2 Ouvrage d'art « Bretelle »

Il s'agit d'un ouvrage d'art courbe en poutrelle enrobé de trois travées.

- Terrassement des culées et des piles ;
- Réalisation des fondations profondes, de type pieux ;
- Réalisation des culées et des piles ;
- Remblais ;
- Réalisation du tablier et pose des équipements.

5.4.2.3 Passerelle Quartier Jacquot

Il s'agit d'une passerelle à une travée, réservée à l'usage des piétons et des cycles. Les travaux suivants sont réalisés :

- Terrassement des culées ;
- Réalisation de fondations profondes, de type pieux ;
- Réalisation des semelles ;
- Remblai ;
- Réalisation du tablier et pose des équipements ;
- Rampes d'accès et escaliers.

5.4.2.4 Le pôle d'échange

La construction du pôle d'échange nécessitera les travaux suivants :

- Terrassement superficiel pour l'insertion des quais de stations et des places de parking (100 places) ;
- Pose du mobilier urbain pour le pôle d'échange (abris voyageurs, bancs, arceaux vélo,…) sur massif ou dalles ;
- Réalisation des réseaux divers ;
- Pose des bordures ;
- Plantations ;
- Pose des mâts d'éclairage et signalisation lumineuse de tricolore ;
- Réalisation des revêtements de chaussée et place de stationnements du P+R.

5.4.2.5 Le recalibrage de la ravine la Plaine

En fonction de la présence ou l'absence d'eau, hors crue, dans la Ravine, et afin de réduire ou compenser au maximum l'incidence des travaux dans celle-ci, des mesures sont prises pour limiter les impacts du projet de recalibrage de la Ravine la Plaine en phase travaux et pour optimiser le rôle de corridor écologique du cours d'eau post travaux.

Mesures en lien avec les impacts directs des travaux et le risque d'étouffement du milieu

Dates des travaux. Tel que décrit par les écologues, le projet respectera les dates les moins défavorables pour les travaux de défrichement et de recalibrage de la ravine la Plaine et visera des interventions en période de basse eau / à sec sur les tronçons qui le permettent.

Etouffement du milieu et impact des travaux sur les espèces aquatiques

Notez que le projet prévoit l'implantation d'un filet pour retenir les Matières En Suspension MES à l'aval immédiat du radier routier existant sur la ravine la Plaine. En effet, le projet va inévitablement entraîner des apports terrigènes dans le milieu. Pour éviter l'étouffement du milieu, il est donc prévu d'implanter un merlon au droit du radier et un filet anti MES à son aval puis de pratiquer une pêche électrique en remontant jusqu'à la partie à sec. Les espèces sont rendus au milieu en aval du radier et le filet/radier empêche leur retour en interface des travaux.

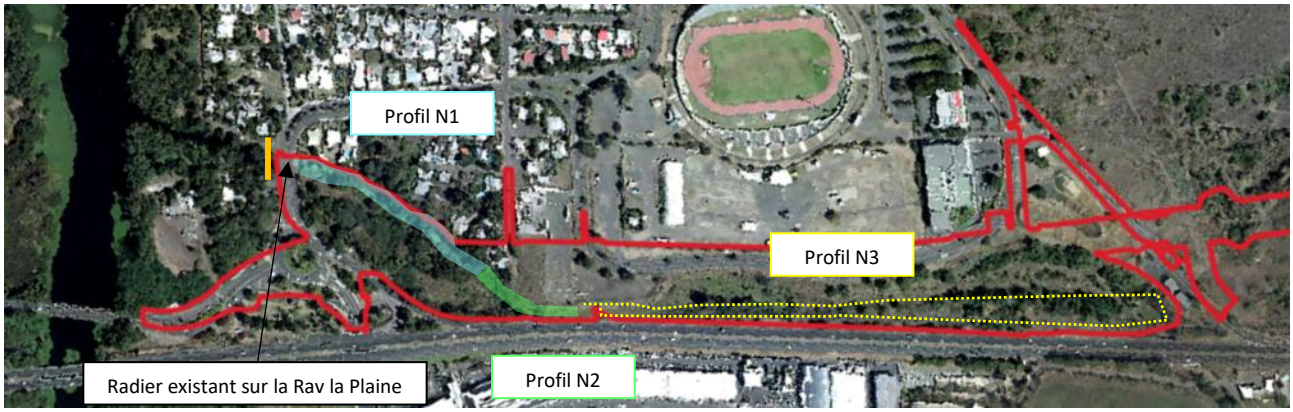
Profilage du lit de la ravine favorable à la biodiversité.

Trois coupes types sont définies en fonction du profil en eau du cours d'eau.

Le profil N1 correspond au secteur en eau en permanence, soit le secteur compris entre le radier existant et l'ouvrage de franchissement principal. Il s'agit du secteur le plus sensible.

Le profil N2 correspond au secteur « humide » majoritairement hors d'eau, soit le secteur compris entre l'ouvrage de franchissement principal et l'ouvrage en bretelle.

Le profil N3 correspond au secteur sec, soit le secteur en amont des ouvrages de franchissement.



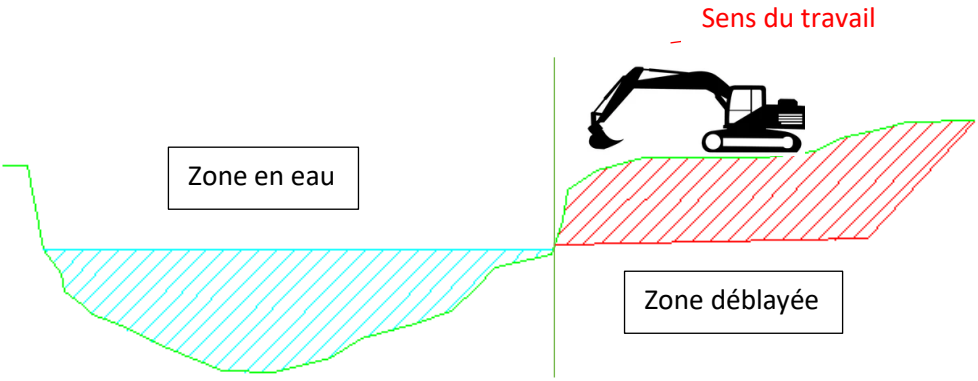
Coupe Type N1 :

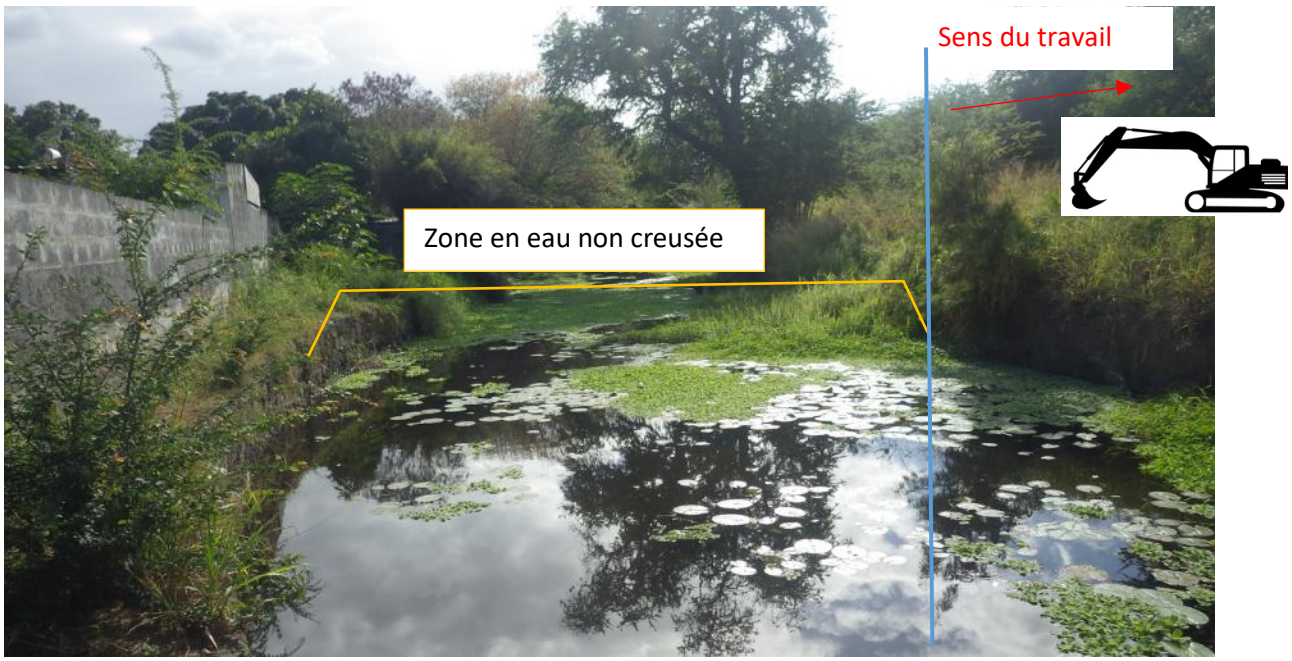
Cette coupe type correspond au secteur en eau en permanence, soit le secteur compris entre le radier existant et l'ouvrage de franchissement principal.

Dans ce secteur, l'objectif est de ne pas intervenir, dans la mesure du possible, dans la zone en eau. Pour ce faire, l'intervention se fait uniquement dans la zone hors d'eau où la zone est décaissée jusqu'à un niveau supérieur de quelques cm au niveau d'eau au moment des travaux. Les méthodologies de terrassement sont définies, afin d'éviter les interfaces avec la zone en eau.

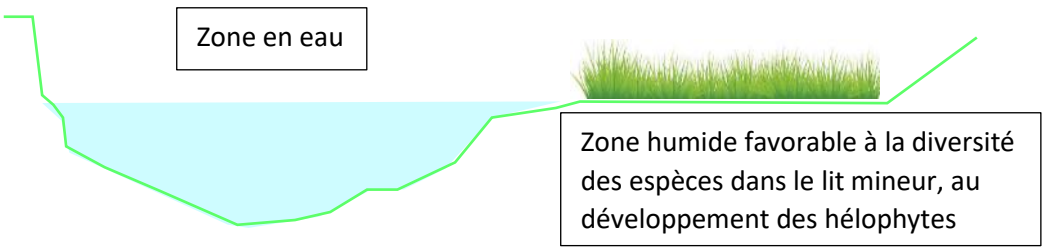
Les machines n'iront pas dans l'eau. Aucun creusement du lit mineur n'est nécessaire. Le travail débutera au plus proche de la berge rive gauche, puis évoluera vers l'extérieur jusqu'à l'obtention du profil recherché.

Etat initial





Etat travaux

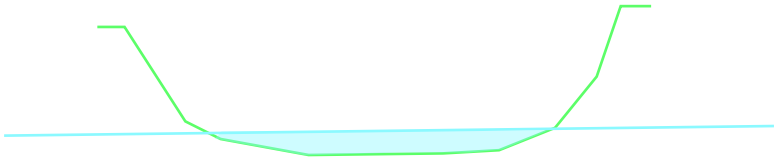


Coupe Type N2 :

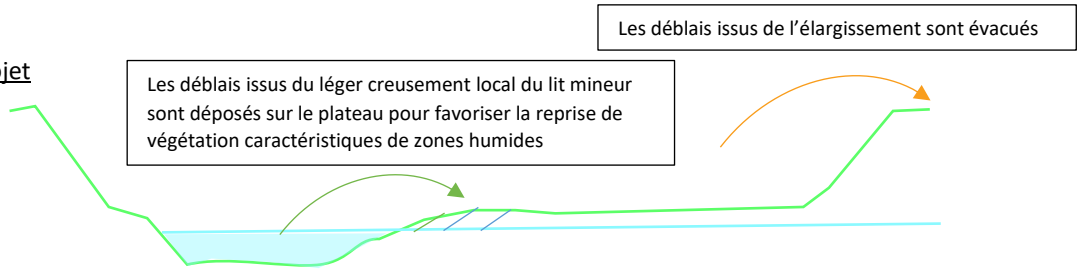
Cette coupe type correspond au secteur « humide » majoritairement hors d'eau, soit le secteur compris entre l'ouvrage de franchissement principal et l'ouvrage en bretelle.

Dans ce secteur, l'objectif est d'élargir le lit mineur, d'y créer des surcreusements afin de favoriser les zones en eau plus pérennes et de basculer les déblais sur le lit mineur élargie, lequel constituera un plateau inondable favorables aux espèces caractéristiques des zones humides. Le fait de déplacer les déblais d'une zone à l'autre garantit des sédiments fins propres à une colonisation rapide par les hélophytes.

Etat initial



Etat projet



Coupe Type N3 :

Cette coupe type correspond au secteur sec, soit le secteur en amont des ouvrages de franchissement.

Dans ce secteur le recalibrage est « standard » sans mesures spécifiques.

Le filet MES est maintenu en aval et permet ainsi de contenir tout relargage de MES vers la RNN.

5.5 VULNERABILITE DU PROJET AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES

Le changement climatique se manifeste principalement de deux manières : une évolution tendancielle (hausses de température, évolutions des cumuls de précipitations…) ; et des événements extrêmes, dont la fréquence et l'intensité augmentent depuis quelques années.

La Commission européenne estime que le coût des dommages liés aux aléas climatiques sur les infrastructures de transport sera multiplié par trois au cours de la décennie, et par six d'ici à 2050.

Ces événements sont à considérer dès aujourd'hui, non seulement au travers de la gestion de crise mais aussi au travers des techniques de construction et d'entretien. Si les réseaux de transport sont paralysés, c'est la vie sociale et économique du territoire qui est impactée.

Pour déterminer les enjeux vis à vis des changements climatiques, il faut décrire ce qui attend le territoire.

5.5.1 Evolution constatée du climat à la Réunion

Températures :

L'observations des températures depuis 1970 décrit :

- Une hausse des températures moyennes à La Réunion de l'ordre de 0,8°C ;
- Une accentuation sensible du réchauffement depuis les années 2000 ;
- Un réchauffement plus marqué des températures maximales ;
- Et une absence de nette différence saisonnière.

Concernant les vagues de chaleur, la période étant courte (moins de 30 ans), il est difficile d'analyser une évolution des vagues de chaleur. Les vagues de chaleur de février 2004 et février 1998 sont les plus intenses, alors que l'année 2019 se distingue avec 6 vagues de chaleur, dont les trois plus longues.

Précipitations :

Il est observé depuis 1961 :

- Une baisse des cumuls de précipitations sur le Sud-Ouest de La Réunion, associée à une baisse du nombre de jours de pluies modérées ;
- Et une absence d'évolution du nombre de jours de pluies intenses.

5.5.2 Les tendances des évolutions du climat au XXIe siècle

Températures :

A La Réunion, les projections climatiques montrent une poursuite du réchauffement annuel jusqu'aux années 2050 au moins, quel que soit le scénario.

Sur la seconde moitié du XXIe siècle, l'évolution de la température moyenne annuelle diffère significativement selon le scénario considéré. Le seul qui stabilise le réchauffement est le scénario RCP2.6 (lequel intègre une politique climatique visant à faire baisser les concentrations en CO2), avec une augmentation qui reste inférieure à 1°C. Selon le RCP8.5 (scénario sans politique climatique), le réchauffement pourrait atteindre 3°C à l'horizon 2100.

Cette estimation se situe dans la fourchette basse du réchauffement global.

→ Le climat de la zone de Cambaie est l'un des plus chauds de l'île de la Réunion. On enregistre sur la commune du Port le record de température de l'île avec un relevé à 36,9°C le 6 mars 2005. Les températures moyennes les plus élevées (>28°C) sont situées entre 11h et 17h durant les mois de décembre, janvier, février, mars et avril. Les plus gros pics de températures interviennent courant février. Une hausse de température sur cette zone déjà fortement vulnérable constitue une contrainte modérée du projet.

Pour atténuer le phénomène d'ilot de chaleur urbain (ICU), le projet prévoit :

- la végétalisation des voies, en particulier des axes de déplacements en mobilité active en s'appuyant sur le rôle du végétal dans les flux de chaleur et de vapeur d'eau dans la ville (ombrage, ventilation, taux d'humidité de l'air et réduction de l'effet ilot de chaleur…).

- de maximiser la perméabilité : cela passe notamment par un assainissement pluvial à l'air libre de type noue d'infiltration qui restitue l'eau au sol au plus vite. Sur un périmètre d'intervention de 16,6 ha, le projet est perméable sur 9,2 ha, soit sur environ 55% de la superficie.

- de maximiser l'albédo, c'est-à-dire la part des rayonnements solaires qui sont renvoyés vers l'atmosphère. Afin de répondre à cet enjeu, a été particulièrement travailler la palette des revêtements qui viendront composer l'espace public. Ainsi les matériaux clairs ont été maximisés et ils équipent les couloirs de bus et les couloirs de mode actifs.

Sur les 7,5ha de surfaces imperméabilisées, le projet prévoit des surfaces claires sur 3,7 ha, soit 50% des surfaces imperméabilisées.

Précipitations :

Une simulation climatique régionale à haute résolution (modèle ALADIN-climat 12km de Météo-France) centrée sur l'ile de La Réunion permet d'illustrer et de quantifier plus précisément l'impact du réchauffement planétaire sur le régime des précipitations locales d'ici la fin du siècle.

L'exploration des résultats suggère :

- Annuellement : des pluies moins fréquentes mais plus intenses (notamment pour le RCP 8.5*).
- Saison des pluies : une augmentation des précipitations (de +10 à +20%) pendant la saison d'été austral pour le scénario RCP 8.5* avec un prolongement de cette saison dite des "pluies" sur le mois d'avril voire mai.
- Saison sèche : Une baisse des précipitations pour le scénario RCP8.5* pendant la saison dite "sèche" sur une grande moitié ouest de l'île (de -10 à -20%).

Les résultats de cette simulation décrivent l'accentuation du contraste saisonnier mais également du contraste géographique (zone au vent / zone sous le vent) pendant l'hiver austral.

Le projet prévoit une déconnexion des eaux de débordements de la ravine Piton Defaud de la zone d'étude. Les réseaux sont dimensionnés conformément au SDEP de Saint Paul pour transiter une pluie trentennale. L'état initial de l'aléa inondation lié à la ravine la Plaine impactant à la marge le projet sera par ailleurs amélioré par les travaux programmés de prolongement de l'axe mixte par la Région qui intègrent le recalibrage du lit aval RN1 de la ravine. L'augmentation des précipitations n'est pas susceptible de provoquer d'impact sur l'exploitation du projet.

Niveau de la mer :

Le niveau moyen de la mer à l'échelle du globe s'est élevé de 0,19 [0,17 à 0,21] m, selon une estimation reposant sur une tendance linéaire entre 1901 et 2010 établie sur la base de relevés de marégraphes complétés par des données satellitaires à compter de 1993.

Les principaux facteurs de variation du volume des océans sont l'expansion du volume d'eau océanique due au réchauffement et l'écoulement dans les océans de l'eau stockée sur les continents, en particulier dans les glaciers et les nappes glaciaires.

Le niveau moyen mondial des mers continuera à s'élever au cours du XXIe siècle. L'élévation moyenne du niveau des mers pour 2100 sera probablement comprise entre 30 cm et 1 m selon le scénario retenu :

- pour le RCP6.0 : entre 0,4 et 0,8 m
- pour le RCP8.5* : entre 0,5 et 1 m.

Les mesures réalisées par les satellites altimétriques depuis le début des années 1990 permettent de dresser une carte globale de la vitesse de hausse du niveau des mers, révélant ainsi que ce niveau n'augmente pas uniformément sur le globe. Dans certaines régions, le niveau de la mer a augmenté 3 à 4 fois plus vite entre 1993 et 2013 que la moyenne globale.

Ceci s'explique en grande partie par le fait que les océans ne stockent pas la chaleur qu'ils emmagasinent de manière homogène. Cette énergie accumulée est redistribuée par la circulation océanique propre à chaque région du globe,

créant ainsi des fortes différences spatiales dans la structure thermique de l'océan et donc dans la hausse du niveau marin (effet de la dilatation).

Le projet n'est pas vulnérable à la hausse du niveau des mers. Le site d'étude n'est pas concerné par les aléas submersion et retrait du trait de côte identifiés par le Plan de Prévention des Risques Littoraux de Saint Paul.

Cyclones

La saison officielle pour le bassin du Sud-Ouest de l´Océan Indien débute le 15 novembre et se termine le 30 avril. Ces dates ont été choisies car c´est dans cet intervalle que 9 systèmes tropicaux sur 10 naissent.

- 80% des tempêtes et cyclones évoluent de décembre à mars ;
- les mois de janvier et février regroupent à eux deux plus de la moitié de l´activité ;
- en revanche, il arrive que des dépressions ou tempêtes se développent même en saison fraîche.

Il n'y a pas de lien établi entre les changements du climat dus au facteur anthropogénique et les systèmes tropicaux, incluant les cyclones. Selon les déclarations établies à l´atelier International sur les Cyclones Tropicaux-VI en 2006 (IWTC-VI) :

- Aucun système tropical pris dans son individualité ne peut directement être attribué au changement climatique.
- L´accroissement récent de l´impact social des systèmes tropicaux est largement causé par l´augmentation de la population et des infrastructures dans les régions côtières.
- Le suivi des vitesses de vent au sein des systèmes tropicaux a été modifié de façon significative au cours des dernières décennies, rendant difficile la tâche de dégager des tendances précises.
- La variabilité pluri-décennale des systèmes tropicaux observée dans certaines régions est à l´origine de débats non clôt à l´heure actuelle, pour déterminer si les causes sont naturelles, anthropogéniques ou une combinaison de ces deux facteurs.
- Si l´élévation prévue du niveau de la mer dû au réchauffement climatique se produit, alors la vulnérabilité face aux inondations liées aux ondes de tempête des systèmes tropicaux serait accrue. En effet, la dépression cyclonique tend à élever le niveau de la mer. Celui-ci peut être accentué par accumulation d'eau océanique poussée par les vents forts. Cette élévation, combinée avec des phénomènes de marée, peut provoquer des dégâts majeurs par inondation. Le niveau moyen des mers est attendu de s'élever au cours du siècle à venir, rendant les ondes de tempête encore plus dévastatrices.

Le projet n'étant pas vulnérable à la hausse du niveau des mers, et il n'est pas établi de vulnérabilité croissante du projet aux cyclones en lien avec le réchauffement climatique.

5.6 VULNERABILITE DU PROJET A DES RISQUES D'ACCIDENTS OU DE CATASTROPHES MAJEURS

Sur les risques inondation et liés au Cyclone : Rappelons qu'il n'y a pas de lien établi entre les changements du climat dus au facteur anthropogénique et les systèmes tropicaux, incluant les cyclones. Ainsi il n'est pas attendu des risques aggravés sur cet enjeu dans le temps.

S'agissant des pluies, pour une crue de 10 et 30 ans, les usagers sont en sécurité sur les voies nouvelles. Pour une crue de 100 ans l'infrastructure est majoritairement hors d'eau mais ce sont les voies existantes de liaison au quartier Jacquot et Savanna qui ne sont plus circulables. L'étude hydraulique annexée présente les cartographies de simulation de ces évènements 10, 30 et 100 ans. Les ouvrages d'art sont dimensionnés pour une crue de 100 ans.

Sur le risque accident : L'impact majeur étudié ici serait lié au renversement d'un camion-citerne sur la chaussée et le déversement de sa cargaison sur l'infrastructure dont le milieu aval est constitué de la Réserve Naturelle de l'Etang de Saint Paul :

1. Evitement :

   Il n'est pas envisagé par le MOA d'interdire le passage des TMD dans le prolongement de l'axe mixte.

   Les secteurs 1 et 2 sont équipés de bassin de rétention, permettant de réguler les rejets dans le milieu naturel conformément au SDEP et au guide de conception de la DEAL.

   L'infiltration est réalisée autant que possible dans les noues. Les bassins sont équipés d'un aquatextile, permettant de retenir les polluants et d'activer la biodégradation des hydrocarbures.

   Un niveau d'abattement de 80% des polluants contenus dans les eaux pluviales, est recherché à chaque point de rejet dans le milieu naturel.

2. Réduction :

   En cas de pollution accidentelle, les produits dangereux seraient rapidement entrainés et dilués par les eaux de pluie et rejoindraient inévitablement une noue et/ou un bassin de rétention. Ces derniers n'étant pas imperméabilisés, une partie de la pollution serait retenue sur le sol recouvrant l'ouvrage (terre mais également herbacées). Une autre partie s'infiltrerait tandis que le reste cheminerait le long de ce même ouvrage, jusqu'à atteindre le milieu naturel récepteur. Pour éviter cela, des vannes de fermeture manuelle sont installées en aval de chaque bassin versant). L'objectif est que l'exploitant puisse être averti le plus rapidement possible par les services de secours intervenant sur la zone, afin qu'un opérateur ferme la vanne concernée.

   Une fois la pollution cantonnée, il s'agira alors de pomper dès que possible les eaux souillées contenues dans l'ouvrage (afin de les traiter) avant de procéder à un nettoyage complet de l'ouvrage ayant subi cette pollution.

5.7 PRISE EN COMPTE DES ENJEUX DU RECHAUFFEMENT CLIMATIQUE DANS LE CADRE DU PROJET

- Artificialisation des sols

La réduction de l'artificialisation des sols constitue un des enjeux majeurs dans la lutte contre le réchauffement climatique.

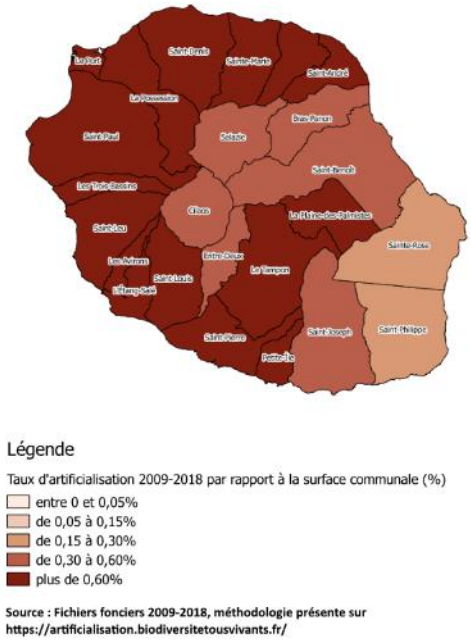
À un niveau national, la répartition entre artificialisation à destination de l'habitat, de l'activité ou du mixte est stable sur la période 2009-2017. On artificialise principalement à destination de l'habitat (68%), suivi par l'activité (25%).

L'artificialisation à l'échelle de la Réunion est présentée par commune ci-après (2020. CEREMA)

Figure 121 Pourcentage d'espaces naturels agricoles et forestiers (NAF) par commune

Les données de la commune de Saint Paul concernant l'artificialisation sur la période 2009-2018 nous informent d'une artificialisation nouvelle totale de 406 ha, dont 333ha pour l'habitat et 58 ha dédié à l'activité. Cette artificialisation nouvelle représente 1.6% du territoire communal.

Saint-Paul destine 82% des surfaces artificialisés au logement et 14% à l'activité entre 2009 et 2018.



La dynamique d'artificialisation des sols à l'échelle de la Réunion sur la même période est présentée graphiquement ci-contre :

A l'état initial, les 16,6 ha du périmètre projet sont artificialisés sur 4,85ha, soit 29% de sa superficie.

Le projet d'axe mixte créé une artificialisation nouvelle sur 2,7ha sur un périmètre d'intervention de 16,6 ha. Les sols qui sont aujourd'hui imperméabilisés à hauteur de 29%, le seront sur 45% environ en phase projet.

Dans un contexte où en 10 ans, entre 2009 et 2018, la Réunion a perdu près de 1% (2385ha) de ses espaces naturels agricoles et forestiers (NAF) ; 406 ha (1.6%) à l'échelle de Saint Paul, les effets d'une perte de 2,7 ha supplémentaires sont jugés modérés.

Plusieurs éléments du projet tempèrent cet impact :

En effet, si le projet entraîne une artificialisation nouvelle, il la prévoit sur une zone déjà imperméabilisée sur environ 1/3 de sa superficie. Le projet s'insère par ailleurs dans une zone dédiée dans les documents de planification (SAR, SCOT, PLU) à accueillir ce réseau routier et de transports publics.

Le projet de prolongement d'axe mixte va en outre permettre la réalisation du quartier Cambaie Oméga dont la ZAC Cambaie Oméga constitue la première tranche. Cette ZAC va quant à elle créée une artificialisation nouvelle sur 15 ha, impact jugé néanmoins réduit au regard de la densité de la programmation projeté qui permet sur une surface réduite l'accueil de 1700 logements, de commerces, d'activités et d'équipements d'intérêt local et régional.

Enfin, il est établi, au regard de la croissance démographique, que si l'urbanisation n'est pas réalisée sur site, la pression d'urbanisation continuera à peser sur les hauts et les mi-pentes avec un mitage des milieux naturels plus important, des densités moindres et donc une artificialisation des sols plus importantes.

- Gaz à Effet de Serre

La monétarisation des effets des Gaz à Effet de Serre repose sur l'utilisation de valeurs de référence attribuée à une tonne de carbone émise.

Suite aux conclusions de la commission de France Stratégie présidée par Alain Quinet, le coût de la tonne de carbone est de 53 € en 2018, 246 € en 2030 et 491 € en 2040. La valeur tutélaire du carbone évolue selon un rythme linéaire entre 2018 et 2030, ainsi qu'entre 2030 et 2040. Au-delà, le coût du carbone augmente au rythme de 4,5% par an pour atteindre 763 € en 2050 et 1 184 € en 2060. Cette valeur reste constante au-delà de 2060.

Les émissions en CO_2, nécessaires pour le calcul du coût lié à l'effet de serre sont estimées en kg par jour par calcul à l'aide d'HBEFA.

Tableau 26 : Coût lié à l'effet de serre pour une année, en euros

	Etat initial (2022)	2029 Scénario référence	2029 Scénario projet	2029 Evolution projet / référence	2049 Scénario référence	2049 Scénario projet	2049 Evolution projet / référence
CO2 (t/jour)	65,6	66,5	67,0	+0,7%	47,2	57,7	+22,3%
Coûts an	2 801 857 €	4 783 015 €	4 814 144 €	+0,7%	11 507 437 €	14 072 091 €	+22,3%

Il apparait une augmentation entre l'état initial et l'état référence 2029, et entre l'état référence 2029 et l'état projet 2029. Cette augmentation est relativement faible (environ 0,7%).

Concernant l'horizon 2049, une **évolution de plus de 22%** est constatée entre l'état référence et l'état projet. Cette augmentation est la conséquence de l'augmentation du trafic, ainsi que l'augmentation du coût de la tonne de carbone.

Le projet prévoit par ailleurs la plantation d'environ 1600 arbres.

- Impacts liés à la construction de l'infrastructure - Promotion des procédés et matériaux « durables »

Les simulations ci-dessous permettent d'avoir une approche relative. Il ne s'agit pas d'un bilan carbone exhaustif. Les sources de calcul sont la base Carbone ADEME V18, ainsi que les données LAFARGE et INIES pour les ouvrages.

Le coût carbone du projet est lié aux changements d'affectation des sols est estimé 1120 teqCO2.

		Etat initial (considérer ce qui est impacté par le projet)					Impact projet					Source biblio
		Configuration du site	Surface (Ha)	valeur ou facteur émission	Impact émission co2	unité	Solution alternative	Surface (Ha)	valeur ou facteur émission	Impact émission co2	unité	
Changement d'occupation des sols	Surface	forêt ou espace vert (ha)	11,75	stock sol 290t/ha	3 408	teq CO2	prairie	9,04	stock sol 253t/ha	2 287	teqCO2	Base carbone ADEME V18
							culture		stock sol 15t/ha	0	teqCO2	Base carbone ADEME V18
							imperméabilisés		stock sol 0t/ha	0	teqCO2	Base carbone ADEME V18
		Prairie		stock sol 290t/ha	0	teq CO2	forêt ou espace vert		stock sol 327t/ha	0	teqCO2	Base carbone ADEME V18
							culture		stock sol 195t/ha	0	teqCO2	Base carbone ADEME V18
							imperméabilisés	7,55	stock sol 0t/ha	0	teqCO2	Base carbone ADEME V18
		Culture		stock sol 190t/ha	0	teq CO2	forêt ou espace vert		stock sol 351t/ha	0	teqCO2	Base carbone ADEME V18
							prairie		stock sol 370t/ha	0	teqCO2	Base carbone ADEME V18
							imperméabilisés		stock sol 0t/ha	0	teqCO2	Base carbone ADEME V18
		Zone humide		stock sol 150t/ha	0	teq CO2	forêt ou prairie ou espace vert		stock sol 150t/ha	0	teqCO2	Base carbone ADEME V18
							imperméabilisés		stock sol 0t/ha	0	teqCO2	Base carbone ADEME V18
		Surface imperméable	4,85	stock 0t/ha	0	teq CO2	forêt ou espace vert		stock sol 290t/ha	0	teqCO2	Base carbone ADEME V18
							Toitures végétalisées		stock sol 50t/ha	0	teqCO2	INIES
	Bilan CO2	3 408					2 287				teqCO2	Calcul sur la base de 100 ans d'usage
	CO2 économisé	-1 120										

Il est estimé à 16000 teqCO2 pour les ouvrages de franchissements

	Catégories	T de materiaux (t)	valeur ou facteur émission (kgeqCO2/t)	Impact émission co2	unité
Materiaux	ciment CEM I		866	0	kgeqCO2
	ciment CEM II A - L	16236	779	12647844	kgeqCO2
	ciment CEM III A		456	0	kgeqCO2
	ciment CEM III B		310	0	kgeqCO2
	ciment CEM V A		536	0	kgeqCO2
	Granulats		4	0	kgeqCO2
	Granulats issus du recyclage		3	0	kgeqCO2
	Pierre de taille / enrochement		11	0	kgeqCO2
	Acier	1624	2211	3590664	kgeqCO2
	Acier recyclé		938	0	kgeqCO2
	Bois (Tonne bois d'œuvre)		-1,85	0	kgeqCO2
	Réutilisation de matériaux issus du site		Economie reportée automatiquement sur le poste Logistique		
Bilan CO2	16 239				

Et à 4139 teqCO2 pour la construction de voirie

	Catégories	T de materiaux (t)	valeur ou facteur émission (kgeqCO2/t)	Impact émission co2	unité
Materiaux	béton bitumineux	31075	55	1709125	kgeqCO2
	enrobé tiède		51	0	kgeqCO2
	béton bitumineux à froid		37	0	kgeqCO2
	grave ciment	200	51	10200	kgeqCO2
	grave liant hydraulique		22	0	kgeqCO2
	Grave non traitée	51300	15	769500	kgeqCO2
	Remblais	110000	15	1650000	kgeqCO3
	Recyclage en place à chaud		40	0	kgeqCO2
	Béton bitumineux 10%REC		51	0	kgeqCO2
	Béton bitumineux 30%REC		40	0	kgeqCO2
	Béton bitumineux 50%REC		37	0	kgeqCO2
	Recylage en place à l'émulsion		11	0	kgeqCO2
	Réutilisation de matériaux issus du site	33000	Economie reportée automatiquement sur le poste Logistique		
Bilan CO2	4 139				

Et à 241teqCO2 pour la construction de voirie

		Nb de km moyen	T de materiaux (t)	valeur ou facteur émission (kgCO2/t.km)	Impact émission co2	unité
Transport/Logistique	Approvisionnement par benne TP (40t)	10	205800	0,117	240786	kgeqCO2
	Bilan CO2	241				teqCO2

Soit un coût carbone total de 1120 +16000 +4139 +241 teqCO2 : **21500 teqCO2**

Dans le contexte national de neutralité carbone en 2050 (division par 8 de nos émissions par rapport à 1990), le choix des matériaux employés et le mode constructif retenu par les concepteurs sont un des moyens pour réduire l'empreinte carbone de l'opération.

Conformément à la loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte (LTECV) du 18 août 2015 au moins 20 % en masse des matériaux utilisés dans les couches de surface et au moins 30 % en masse des matériaux utilisés dans les couches d'assise devront être issus de déchets.

- Protection solaire

Les apports solaires sont très conséquents sur le secteur du projet et constitue une contrainte aux déplacements en mobilité active.

Le projet maximise les espaces ombragés, évite les revêtements sombres qui absorbent la chaleur, et recourt à un maximum de perméabilité avec des espaces plantés et une gestion de l'eau à ciel ouvert. Les essences inadaptées au sol, au climat ou demandant un entretien trop important sont évitées et les essences locales ou endémiques plus rustiques et plus résistante privilégiées.

Ainsi le projet prévoit des revêtements clairs pour les voies de transports en communs en site propre ainsi que pour les voies de mobilité active que constituent les voies vélos et les trottoirs piétons, le Pôle d'Echanges Multimodal PEM, les stations bus.

- Éclairage

Le projet prévoit l'utilisation de sources LEDs peu énergivore avec une couleur de lumière de 2700°K soit un blanc chaud. Il prévoit la mise en œuvre de système de télégestion de l'éclairage permettant de réaliser un abaissement du niveau d'éclairement en fonction d'horaires d'utilisation ou de mesures de de fréquentation (boucles entrée/sortie parkings).

- Utilisation de l'énergie

Le calcul des consommations a été réalisé à l'aide du logiciel HBEFA. Le tableau ci-dessous présente le bilan des consommations (diesel et essence) en kilogrammes par jour pour les différentes situations considérées.

Tableau 27 : Consommations dans le domaine d'étude en kilogramme par jour

	Etat initial (2022)	2029			2049		
		Scénario référence	Scénario projet	Evolution projet / référence	Scénario référence	Scénario projet	Evolution projet / référence
Essence	3 491	4 233	4 264	0,7%	5 297	6 311	19%
Diesel	17 165	16 446	16 555	0,7%	8 357	10 498	26%
Totale	20 799	21 125	21 263	0,7%	15 103	18 482	22%

Ainsi, entre l'état initial et l'état référence 2029, les consommations en Essence augmentent, et les consommations en Diesel diminuent.

Concernant les scénarios référence et projet 2029, une faible augmentation est constatée (0,7%). Enfin, les consommations en Essence pour le scénario projet 2049 présentent une augmentation de 19% en comparaison au scénario référence 2049. Pour le Diesel, l'augmentation est de 26%.

Notez que la quantification des émissions se base d'une part sur le trafic estimé à l'horizon voulu et d'autre part sur le parc automobile roulant de l'IFFSTAR (Institut Français des Sciences et Technologies des Transports, de l'Aménagement et des Réseaux). Ce parc est régulièrement mis à jour et la dernière version date de 2019. Ce parc s'il tient compte de l'intégration des nouvelles technologies, dont les véhicules hybrides et électriques, n'intègre pas l'interdiction récente de vente des véhicules thermiques en 2035. Ainsi si les politiques publiques se confirment (la PPE objective une baisse de la consommation des énergies fossiles du secteur des transports terrestres de 10% en 2023 et 22 % en 2028), la baisse des consommations d'énergies fossiles pourrait être plus importante que dans le modèle.

- Assurer une place majeure aux mobilités alternatives à la voiture « solo »

Le développement des pratiques alternatives à la voiture « solo » est un levier pour réduire les émissions de gaz à effet de serre.

Le projet permet par ailleurs d'engager le projet d'aménagement Cambaie Oméga sur la Plaine de Cambaie et ainsi participe au rééquilibrage territorial en rapprochant le domicile du lieu de travail (création de 1700 logements sur le littoral qui concentre les zones d'emplois, création de nouvelles centralités).

Sur une topographie globalement plane, le projet organise une mobilité qui encourage le report modal de la voiture au transport en commun et aux modes actifs, et ce conformément aux objectifs de la Programmation Pluriannuelle de l'Énergie en vigueur.

5.8 EFFETS ATTENDUS SUR LE DEVELOPPEMENT DE L'URBANISATION

Le projet de prolongement de l'Axe mixte depuis l'échangeur de Cambaie jusqu'à l'échangeur de Savanna va considérablement changer la donne en termes d'accessibilité et de désenclavement de Cambaie ainsi que du quartier Jacquot à Saint-Paul. Ce chaînon manquant du réseau viaire de l'Ouest permettra de poursuivre la liaison urbaine entre Le Port et Saint-Paul mais aussi de développer la desserte en transport en commun du territoire, grâce à des voies dédiées. La réalisation de ce boulevard urbain est une opportunité pour le développement d'un Écoquartier bien desservi dès l'arrivée de ses premiers habitants. En effet, le prolongement de l'Axe mixte décidé par la Région a largement contribué au choix du positionnement et du périmètre de la ZAC Cambaie Omega. Cette dernière qui constitue la première opération publique d'aménagement réalisée sur le secteur stratégique de l'Ecocité « Plaine de Cambaie » occupe un périmètre d'environ 67ha et poursuit les objectifs suivants :

- Développer un nouveau quartier urbain dans le cœur de l'agglomération du TO permettant d'intensifier l'armature urbaine existante afin de limiter l'étalement urbain et la consommation de terres agricoles et naturelles dans les mi-pentes et les hauts ;

- Créer une nouvelle centralité urbaine pour le cœur d'agglomération, mixte et rayonnante, cohérente avec les opérations d'aménagement en cours et programmées sur le territoire et démonstratrice des ambitions portées par la démarche Ecocité ;

- Reconnecter Cambaie au reste du cœur d'agglomération, anticiper et accompagner les projets de dessertes en transport en commun efficace programmés sur le territoire ;

- Répondre aux besoins en logements du territoire par la création d'une offre nouvelle d'habitat diversifiée, accessibles à tous et bien desservie en services de proximité. **La ZAC Cambaie Omega offre une réelle opportunité de rattrapage et de rééquilibrage en permettant la réalisation d'environ 1 700 logements dont environ 40 % de logements sociaux.**

- Adapter l'offre d'équipements aux besoins des habitants, toutes générations confondues, à l'échelle du quartier, de l'agglomération et de la région ;

- Développer une offre immobilière de bureaux et de services aux entreprises afin de créer un pôle tertiaire hautement accessible et identifié sur l'Ouest ;

- Développer une Plaine des loisirs et des sports rayonnants à l'échelle de l'Ouest et de l'île permettant également de renforcer l'attractivité et la qualité de vie des quartiers voisins (quartier Jacquot et Savanna notamment) ;

- Réaliser un grand parc connectant les grandes composantes paysagères du site (ravine la Plaine, espaces agricoles, étang, littoral) et intégrant des espaces agricoles en milieu urbain ;

Le développement de la Plaine de Cambaie est guidé par tous les plans et programmes d'organisation du territoire : SAR, SCoT, PLH, PDU et l'étude de mobilité présentée dans la présente étude présente les simulations de trafic qui prennent en compte les politiques publiques en cours et projetées sur le territoire et notamment celles prévues au plan guide Ecocité.

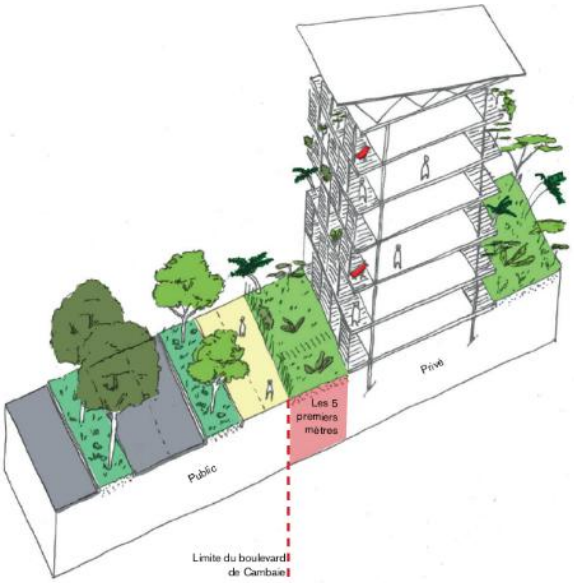
Notez par ailleurs qu'il est établi, au regard de la croissance démographique, que si l'urbanisation n'est pas réalisée sur site, la pression d'urbanisation continuera à peser sur les hauts et les mi-pentes avec un mitage des milieux naturels plus important, des densités moindres et donc une artificialisation des sols plus importantes.

Articulation entre le prolongement de l'Axe Mixte et les nouveaux quartiers de Cambaie Oméga :

Le projet Cambaie-Oméga viendra s'adosser au prolongement de l'Axe mixte qui permettra la desserte tous modes du secteur. D'une largeur d'une quarantaine de mètres, l'Axe Mixte structure le développement des îlots de part et d'autre

qui accueilleront des bâtiments d'une hauteur de R+5 a minima, implantés à l'alignement ou en recul en fonction des programmes et des situations urbaines.

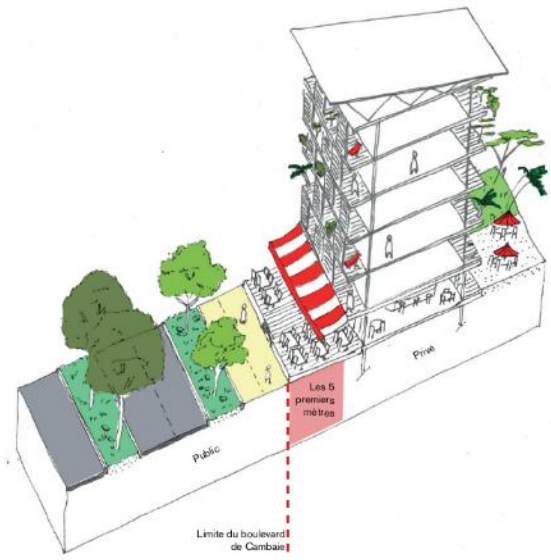
L'organisation des îlots et en particulier l'implantation des bâtiments permettront de définir des séquences avec des intensités urbaines variables. Des effets de polarités seront recherchés près du pôle d'échange multimodal alors qu'à contrario, d'autres parties du boulevard seront traitées comme une ville paysage beaucoup plus distendue.



Le jardin sur boulevard

Lorsque le programme sera exclusivement de logements, il sera préconisé d'adopter un recul de 5 mètres sur le boulevard.

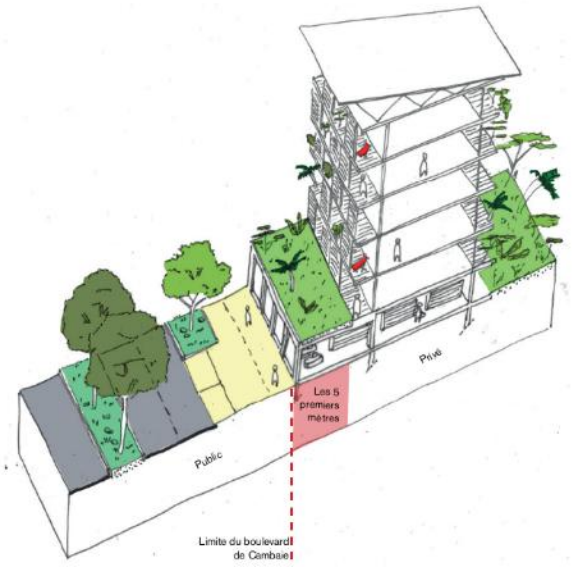
Ce recul permettra de ménager des jardins pour faire un effet de seuil, de disposer aisément des logements à rez-de-chaussée et de laisser le paysage du boulevard s'étendre sur les espaces privés.



La terrasse de café

Les commerces à rez-de-chaussée pourront aussi profiter de bâtiments en retrait pour se ménager une terrasse ou un parvis. C'est donc l'espace privé qui permet de disposer d'une terrasse et non une concession sur l'espace public.

Les rez-de-chaussée commerçants, pour certains programmes pourront être imaginés comme des espaces traversants profitant du coeur d'îlot planté.



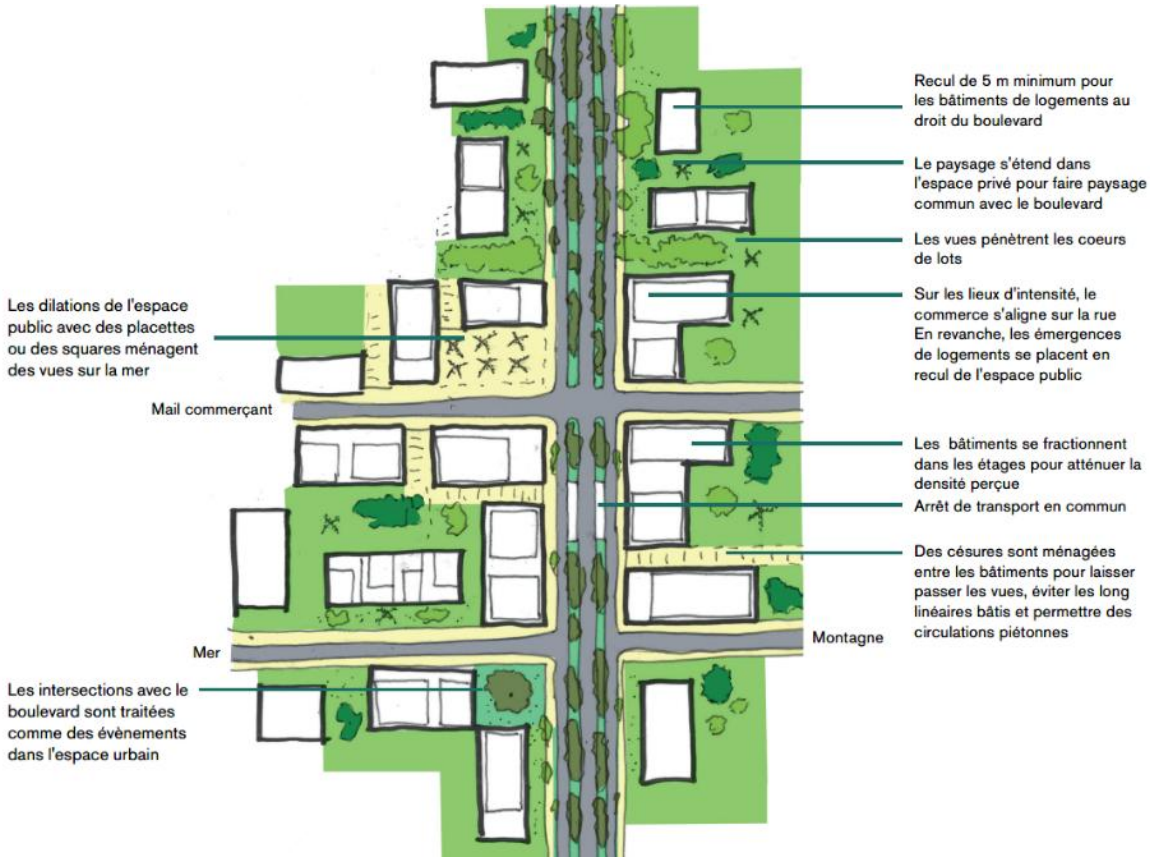
Le commerce en rez-de-chaussée

Lorsque des commerces seront envisagés à rez-de-chaussée, le socle du bâtiment pourra être implanté à l'alignement de l'espace public pour assurer leur visibilité.

Il pourra aussi être envisagé une supression partielle de la bande plantée au droit du trottoir pour y mettre du stationnement et des espaces de livraisons.

Figure 122 Schémas de principe de l'implantation bâtie le long de l'axe mixte en fonction des situations

Enfin, l'articulation d'espaces publics singuliers au carrefour des voies avec le boulevard permettront de créer des évènements dans le linéaire tout en mettant l'accent sur le rapport mer / montagne dont pourra profiter le futur quartier.



Le pôle d'échanges desservi par les réseaux Cars Jaunes et Kar Ouest associé au prolongement de l'axe mixte est également intégré au projet. Ce pôle d'échange est dimensionné pour accueillir à terme un système ferré.

Figure 123 Schéma de principe de l'armature viaire de la ZAC Cambaie-Omega

5.9 ANALYSE DES ENJEUX ECOLOGIQUES ET DES RISQUES POTENTIELS LIES AUX AMENAGEMENTS FONCIERS, AGRICOLES ET FORESTIERS PORTANT NOTAMMENT SUR LA CONSOMMATION DES ESPACES AGRICOLES, NATURELS OU FORESTIERS INDUITS PAR LE PROJET, EN FONCTION DE L'AMPLEUR DES TRAVAUX PREVISIBLES ET DE LA SENSIBILITE DES MILIEUX CONCERNES

Le projet n'entraîne pas d'aménagement foncier agricole et forestier (AFAF), et ainsi aucun remembrement, travaux de réorganisation du parcellaire qui en résultent.

A l'état initial, les 16,6 ha du périmètre projet sont artificialisés sur 4,85ha, soit 29% de sa superficie.

Le projet d'axe mixte créé une artificialisation nouvelle de 2,7ha sur un périmètre d'intervention de 16,6 ha. Les sols qui sont aujourd'hui imperméabilisés à hauteur de 29%, le seront sur 45% environ en phase projet. Si le projet entraîne une artificialisation nouvelle, il la prévoit sur une zone déjà imperméabilisée sur environ 1/3 de sa superficie. Le projet s'insère par ailleurs dans une zone dédiée dans les documents de planification (SAR, SCOT, PLU) à accueillir ce réseau routier et de transports publics.

L'emprise du projet étant déjà en partie aménagée, l'impact de destruction sur les habitats et la flore reste localisée.

Les **habitats naturels** qui seront directement détruits par l'emprise du projet sont :

- 87.191 - Savanes herbacées (12 600 m² impactés) ;
- 59.211 - Végétation marécageuse de basse altitude (3 420m² impactés).

Les **habitats secondaires** qui seront directement détruits par l'emprise du projet sont :

- 87.193 Fourrés secondaires de diverses espèces exotiques à tendance semi xérophile (72 380m² impactés)
- 87.191 x 87.193 Savanes herbacées en cours d'embroussaillement (21 670m² impactés)

Il n'est attendu aucun effet sur l'habitat « 59.211.3 Végétations hélophytique à *Typha domingensis* » et « 59.211.6 Prairie marécageuse à *Setaria geminata* » du fait de leur localisation éloignée des emprises du projet (Sud-Ouest de l'autre côté de la route).

Concernant la flore remarquable inventoriée, seule *Zornia Gibbosa*, espèce protégée sera impactée (32 stations au total) par l'emprise directe du projet. Les autres espèces végétales indigènes impactées par l'emprise de l'axe mixte sont communes et présente donc un enjeu moyen (*Typha domingensis, Persicaria senegalensis*). D'autres habitats ont depuis été répertoriés par le SINP de la DEAL, plus qualitatifs que l'habitat anthropisé en présence.

Concernant les habitats naturels, l'impact brut peut être considéré comme **négatif, direct, permanent et fort** pour l'habitat naturel végétations marécageuses de basse altitude et **négatif, direct, permanent et moyen** pour les savanes herbacées qui restent communes.

Concernant les habitats secondaires, l'impact brut est considéré comme **négatif, direct, permanent et faible.**

Concernant la flore, l'impact brut sur *Zornia Gibbosa* est considéré comme **négatif, directe, permanent et fort.**

Le recalibrage de la ravine va avoir pour effet la destruction d'habitats marécageux situés en aval de la ravine, notamment les roselières et les prairies humides. En effet, les travaux de recalibrage vont créer une remise en suspension des sédiments. Cette turbidité, si elle n'est pas contrôlée, pourrait avoir un impact sur les roselières et les prairies humides en aval du projet et notamment *Nesea triflora*, *Setaria geminata*, *Typha domingensis* et *Paspalum vaginatum*. L'impact brut sur la ravine la Plaine est négatif, direct et indirect, permanent et fort.

Le projet permet en outre à travers le reprofilage de la ravine la Plaine de recréer des habitats favorables à la faune aquatique (invertébrés et oiseaux d'eau) de par la récréation d'une mosaïque d'habitats hygrophiles : végétation de sub-mangrove sur berge et végétation hélophytique sur terrasse ; et de garantir la mise en place d'un corridor biologique à proximité de la réserve Naturelle Nationale de l'Etang de Saint Paul permettant le déplacement des espèces

animales et végétales caractéristiques de ce milieu d'intérêt. Il efface enfin un radier routier situé en interface directe avec la Réserve Naturelle de l'Etang et facilite ainsi les échanges entre l'étang et la ravine la Plaine renaturée.

5.10 DESCRIPTION DES HYPOTHESES DE TRAFIC, DES CONDITIONS DE CIRCULATION, EVALUATION DES CONSOMMATIONS ENERGETIQUES RESULTANT DE L'EXPLOITATION DU PROJET ET ANALYSE DES COUTS COLLECTIFS DES POLLUTIONS ET DES NUISANCES

5.10.1 Description des hypothèses de trafic et des conditions de circulation

Le réseau routier a été défini selon les recommandations de la note méthodologique du CEREMA du 22 février 2019. Il inclut donc le futur axe mixte, ainsi que l'ensemble des voies dont le trafic est affecté significativement par le projet.

Les données trafic sont issues de l'étude trafic réalisée par ARTELIA en 2022. Les hypothèses sont présentées en Annexe 2 de l'étude AIR annexée. Au total, 5 scénarios ont été pris en compte, à 3 horizons différents. Ces scénarios sont explicités dans le tableau ci-dessous. Ce tableau est extrait des hypothèses des données trafic.

Tableau 28 Hypothèses étude trafic

Horizons	Scénarios	Nombre de tronçons	Projet viaire	Projet urbain
2022	Etat initial	140	-	-
2029	Etat référence	149	-	-
	Etat projet	186	Secteur 1 et 2 Axe Mixte	Pôle Loisirs Tranche 1 ZAC Cambaie
2049	Etat référence	149	-	-
	Etat projet	256	Secteur 1 et 2 Axe Mixte Réseau ZAP Plan de circulation de la possession Franchissement Port Possession, PSO, Savanna Réseau viaire Cambaie/Cornu Nouveau franchissement RdG Allée sur berge RdG	Pôle Loisir ZAC Cambaie Phase 2 / Cornu ZAC Sans souci ZAC Marie Case Savanna ZAP

A noter que pour les scénarios projets et référence 2049, les données de trafic utilisées sont celles de l'horizon 2045. En effet, au vu de la conjoncture, il a été considéré une stagnation de la croissance du trafic après 2045.

Autour de chaque tronçon considéré est ensuite défini une bande d'étude, dont la largeur est adaptée en fonction du type de composés étudiés (gazeux ou particulaires) et du trafic circulant sur la voie.

Le réseau d'étude et la bande d'étude globale sont représentés sur la figure ci-après.

Figure 124 Réseau routier retenu

Sur la base de ces trafics, le kilométrage parcouru, qui correspond au produit du TMJA et de la distance parcourue pour chaque tronçon selon les différents scénarios a été calculé. Il est présenté dans le *Tableau 29* ci-dessous. Il augmente, indépendamment du projet entre 2022 et 2029 (+13 %) sur tous les axes puis tend à se stabiliser entre 2022 et 2049. Entre 2029 et 2049, il augmente de manière significative sur la RN1 (200%), mais diminue globalement sur l'ensemble des autres tronçons (-50%).

A l'horizon 2029, le projet tend à diminuer le kilométrage parcouru. Cependant, à l'horizon 2049, une augmentation est constatée au niveau de la RN1 (2%) et surtout sur le secteur 3 (590%), du fait des différents projets d'aménagement et notamment la ZAC Cambaie (phase 2).

Tableau 29 : Kilométrage parcourus sur le réseau d'étude

Voies	2022	2029			2049		
	Etat initial	Référence	Projet	Evolution Projet/référence	Référence	Projet	Evolution Projet/référence
RN1	71 474 913	81 837 041	78 454 142	-4%	265 355 523	270 360 195	2%
Autres axes actuels	268 269 933	302 281 463	279 905 136	-7%	119 486 574	105 871 791	-11%
Secteur 1			1 816 873			25 020 548	
Secteur 3		3 686 823	3 133 603	-15%	3 332 232	22 951 434	589%
Axe Mixte			25 161 932			32 760 567	
Nouvel échangeur						8 900 813	
Toutes voiries	339 744 846	387 805 327	388 471 686	0%	388 174 330	465 865 347	20%

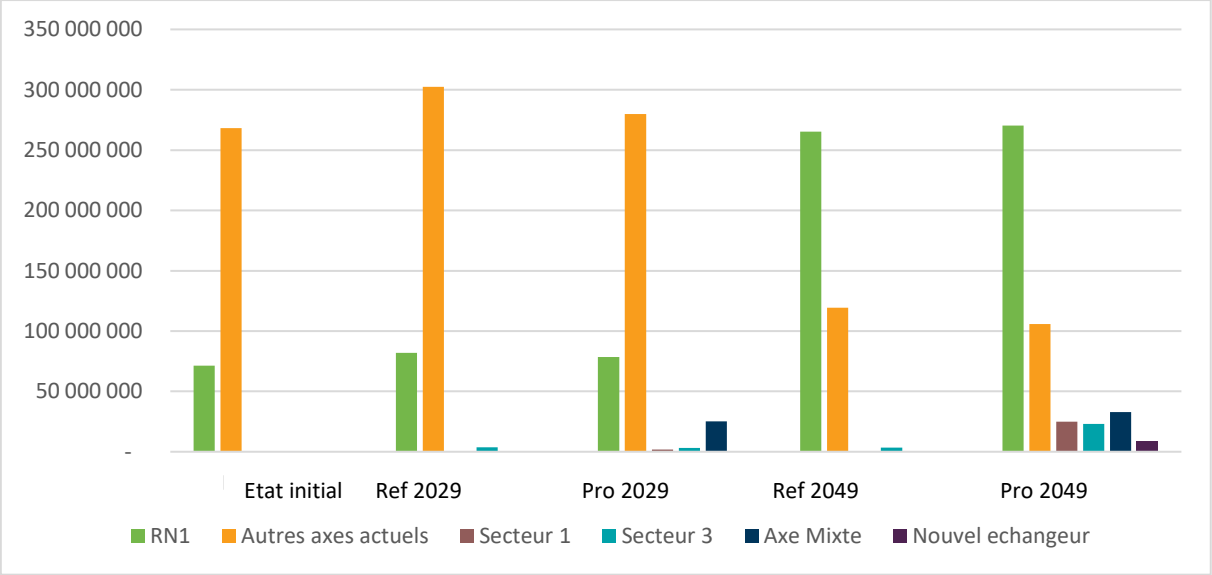


Figure 125 : Evolution du kilomètre parcouru

5.10.2 Analyse des coûts collectifs

Conformément à l'article R.122-5 du Code de l'Environnement, ce chapitre analyse les coûts collectifs des pollutions et des nuisances, et en particulier les coûts associés à la pollution de l'air et à l'effet de serre.

Les valeurs unitaires retenues pour l'évaluation des coûts collectifs sont établies conformément à l'instruction du Gouvernement du 16 juin 2014 relative à l'évaluation des projets de transports, et de la note technique associée de la Direction générale des Infrastructures, des Transports et de la Mer du 27 juin 2014 dont la dernière mise à jour date d'août 2019.

Les valeurs unitaires relatives aux coûts de la pollution atmosphérique et de l'effet de serre prises en considération sont celles proposées par la commission Quinet en 2013.

5.10.2.1 Pollution de l'air locale et régionale

La monétarisation des effets de la pollution atmosphérique repose sur l'utilisation de valeurs de référence, tenant compte des effets sanitaires et environnementaux liés aux émissions dues à la circulation des véhicules, de particules en suspension et de polluants gazeux et dépendantes du type de zone de population concernée (de l'interurbain au milieu urbain très dense).

Le tableau ci-dessous présente les valeurs de la pollution atmosphérique en euros pour l'année 2015, pour 100 véhicules par an.

Tableau 30 : Valeurs 2015 de la pollution atmosphérique en euros pour 100 véhicules par km

€$_{2015}$/100 veh.km	Urbain très dense	Urbain dense	Urbain	Urbain diffus	Interurbain
VT	11,6	3,2	**1,3**	1,1	0,8
VL	19,8	5,6	**2,4**	2	1,7
PLM	133	26,2	**12,4**	6,6	4,4

Ces valeurs évoluent en tenant compte, d'une part, de l'évolution du PIB par tête (croissance du PIB de 1,5% par an) et d'autre part, de l'évolution du parc circulant et de l'évolution des émissions individuelles (Cf tableau ci-dessous).

Tableau 31 : Valeurs 2015 de la pollution atmosphérique en euros pour 100 véhicules par km

Evolution des émissions unitaires	Scénario AMS (Avec Mesures Supplémentaires)		Scénario AME (Avec Mesures Existantes)	
	VL	PL	VL	PL
TCAM* 2015-2030	-5%	-4%	-4,5%	-4%
TCAM* 2030-2050	-1%	-4%	-0,5%	-2,5%
TCAM* 2050-2070	0%	-0.5%	-0,5%	0

* TCAM = Taux de Croissance Annuel Moyen

Le projet se situe en milieu urbain. Il a donc été choisi d'appliquer les valeurs d'un milieu urbain. Le calcul du coût de la pollution atmosphérique a été réalisé en se basant sur le scénario AMS pour l'évolution des émissions unitaires. Il est présenté dans le tableau suivant les coûts pour une année (en euros).

Tableau 32 Coûts collectifs liés à la pollution atmosphérique pour une année, en euros

	Etat initial (2022)	2029			2049		
		Scénario référence	Scénario projet	Evolution projet / référence	Scénario référence	Scénario projet	Evolution projet / référence
VP	969 571 €	930 817 €	932 386 €	0,2%	917 822 €	1 094 860 €	19,3%
VUL	333 365 €	320 040 €	320 580 €	0,2%	315 572 €	376 443 €	19,3%
PL	1 087 951 €	1 034 320 €	1 036 480 €	0,2%	572 855 €	740 044 €	29,2%
Total	2 390 887 €	2 285 177 €	2 289 446 €	0,2%	1 806 249 €	2 211 347 €	22,4%

Globalement, il est constaté des coûts similaires entre les scénarios référence et projet à l'horizon 2029 (très faible augmentation de 0,2%). Malgré l'augmentation du trafic entre ces deux scénarios, l'amélioration technologique des véhicules et le renouvellement du parc automobile équilibre les chiffres, donnant ainsi une faible évolution.

Concernant l'horizon 2049, une augmentation de 19% est constatée entre le scénario de référence et le scénario projet pour les VP et VUL, et 29% pour les PL. Pour cet horizon, l'augmentation du trafic est plus impactant.

5.10.2.2 Effet de serre

Le coût lié à l'effet de serre est basé sur la valeur de référence attribuée à une tonne de carbone émise.

Suite aux conclusions de la commission de France Stratégie présidée par Alain Quinet, le coût de la tonne de carbone est de 53 € en 2018, 246 € en 2030 et 491 € en 2040. La valeur tutélaire du carbone évolue selon un rythme linéaire entre 2018 et 2030, ainsi qu'entre 2030 et 2040. Au-delà, le coût du carbone augmente au rythme de 4,5% par an pour atteindre 763 € en 2050 et 1 184 € en 2060. Cette valeur reste constante au-delà de 2060.

Les émissions en CO_2, nécessaires pour le calcul du coût lié à l'effet de serre sont estimées en kg par jour par calcul à l'aide d'HBEFA.

Tableau 33 Coût lié à l'effet de serre pour une année, en euros

	Etat initial (2022)	2029			2049		
		Scénario référence	Scénario projet	Evolution projet / référence	Scénario référence	Scénario projet	Evolution projet / référence
CO2 (t/jour)	65,6	66,5	67,0	+0,7%	47,2	57,7	+22,3%
Coûts an	2 801 857 €	4 783 015 €	4 814 144 €	+0,7%	11 507 437 €	14 072 091 €	+22,3%

Il apparait une augmentation entre l'état initial et l'état référence 2029, et entre l'état référence 2029 et l'état projet 2029. Cette augmentation est relativement faible (environ 0,7%).

Concernant l'horizon 2049, une évolution de plus de 22% est constatée entre l'état référence et l'état projet. Cette augmentation est la conséquence de l'augmentation du trafic, ainsi que l'augmentation du coût de la tonne de carbone.

5.10.3 Bilan des consommations énergétiques

En plus des polluants réglementés par les directives européennes, la loi sur l'air prescrit la prise en compte des consommations énergétiques (ou consommation de carburants des véhicules) qui résultent de l'exploitation du projet. Il s'agit là, d'un indicateur pour estimer l'utilisation rationnelle de l'énergie résultant des déplacements qu'entraîne ou permet d'éviter le projet.

Le calcul des consommations a été réalisé en même temps que celui des émissions polluantes à l'aide du logiciel HBEFA, dans le domaine d'étude utilisé pour l'étude air.

Le tableau ci-dessous présente le bilan des consommations (diesel et essence) en kilogrammes par jour pour les différentes situations considérées.

Tableau 34 : Consommations dans le domaine d'étude en kilogramme par jour

		2029			2049		
	Etat initial (2022)	Scénario référence	Scénario projet	Evolution projet / référence	Scénario référence	Scénario projet	Evolution projet / référence
Essence	3 491	4 233	4 264	0,7%	5 297	6 311	19%
Diesel	17 165	16 446	16 555	0,7%	8 357	10 498	26%
Totale	20 799	21 125	21 263	0,7%	15 103	18 482	22%

Entre l'état initial et l'état référence 2029, les consommations en Essence augmentent, et les consommations en Diesel diminuent.

Concernant les scénarios référence et projet 2029, une faible augmentation est constatée (0,7%). Enfin, les consommations en Essence pour le scénario projet 2049 présentent une augmentation de 19% en comparaison au scénario référence 2049. Pour le Diesel, l'augmentation est de 26%.

6 POSITION DU PROJET PAR RAPPORT AUX DOCUMENTS DE PLANIFICATION, ZONAGES, PROGRAMMES SCHEMAS ET PLANS

6.1 DOCUMENTS D'URBANISME

6.1.1 Schéma d'Aménagement Régional (SAR) & Schéma de Mise en Valeur de la Mer (SMVM)

6.1.1.1 Présentation du SAR

A La Réunion, le premier SAR a été approuvé en 1995, puis a fait l'objet d'une révision approuvée le 22 novembre 2011 par décret en Conseil d'Etat.

Le SAR est basé sur les trois grands principes suivants : la protection des milieux naturels et agricoles, l'aménagement plus équilibré au service du territoire, la densification des agglomérations existantes et une structuration des bourgs.

Le SAR se fixe 4 grands objectifs pour assurer aux Réunionnais la préservation, la mise en valeur et le développement de leur territoire dans un contexte de cohésion sociale et territoriale renforcée, et la recherche de voies d'aménagements originales et compatibles avec l'histoire et le patrimoine réunionnais :

- Répondre aux besoins d'une population croissante et protéger les espaces agricoles et naturels ;
- Renforcer la cohésion de la société réunionnaise dans un contexte de plus en plus urbain ;
- Renforcer le dynamisme économique dans un territoire solidaire avec notamment un objectif de reconquête des terres agricoles ;
- Sécuriser le fonctionnement du territoire en anticipant les changements climatiques.

6.1.1.2 Conformité avec le SAR

Le secteur d'étude est situé sur la cartographie du SAR en :

- **Espaces urbains à densifier** : ce sont des espaces centraux qui seront en priorité restructurés pour offrir des possibilités nouvelles de construction ;
- **Espaces d'urbanisation prioritaire** : ces espaces, qui ne sont urbanisés mais dont la vocation urbaine est affirmée dans des documents d'urbanisme locaux, accueilleront les opérations d'aménagement et de construction nouvelles avant toute nouvelle extension urbaine.
- **Zones préférentielles d'urbanisation** : Les zones qui seront ouvertes à l'urbanisation doivent être situées dans le périmètre des zones préférentielles d'urbanisation.

  Les espaces urbains à densifier et les espaces d'urbanisation prioritaire qui concernent la zone d'étude sont situés en zone préférentielle d'urbanisation.

Le projet de l'axe mixte permettra de desservir ces zones.

- **Espace de continuité écologique** : Les espaces dits « de continuité écologique » ont vocation à relier les espaces importants pour la préservation de la biodiversité, essentiellement les espaces naturels de protection forte. La zone correspond en effet au corridor biologique permettant la circulation des espèces de la ravine la Plaine à l'Etang (périmètre RAMSAR mais hors zone de protection de la réserve) et en amont d'un espace remarquable du littoral (Etang de Saint Paul).

Le SAR décrit que peuvent y être autorisé compte tenu des caractéristiques de La Réunion la réalisation d'infrastructures de transport de personnes. Le SAR complète que ces implantations sont conditionnées à la démonstration qu'aucun autre emplacement ou aucune autre solution technique n'étaient envisageables à un coût supportable pour la

collectivité. Elles devront être assorties de mesures de réduction et de compensation visant à diminuer leur impact environnemental et paysager, précisées le cas échéant par l'autorisation à laquelle elles sont soumises ou en application des prescriptions du présent schéma qui leur sont applicables.

Cette démonstration est apportée dans le chapitre de description du projet et des raisons des choix, ainsi que dans le chapitre décrivant les effets mesures du projet.

→ Le projet est compatible avec les documents du SAR.

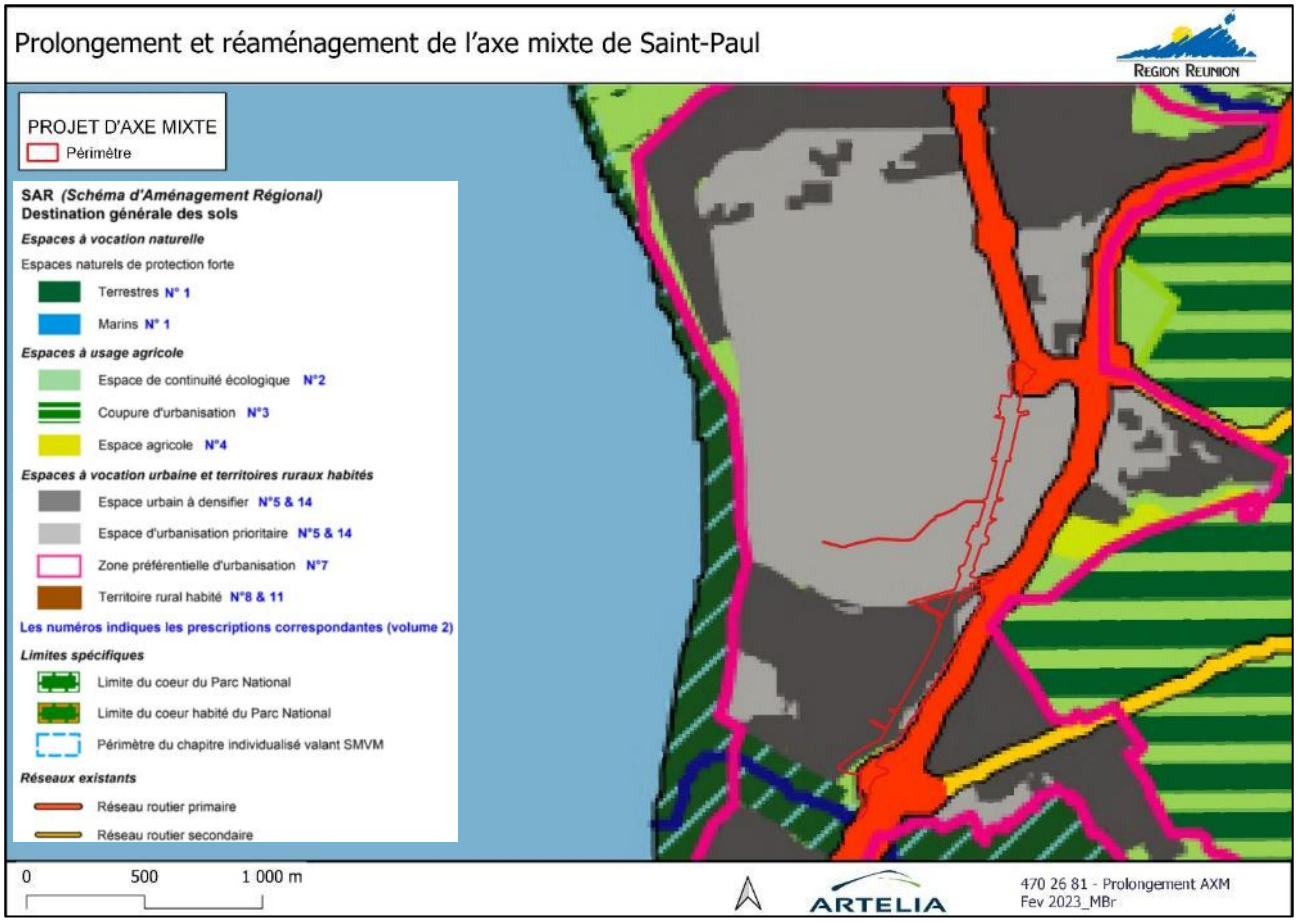


Figure 126 – Situation du périmètre du projet sur la carte de destination générale des sols du SAR

6.1.1.3 Schéma de Mise en Valeur de la Mer (SMVM)

Le Schéma de Mise en Valeur de la Mer (SMVM) est un chapitre particulier du SAR. Il est consacré notamment aux orientations fondamentales de la protection, de l'aménagement et de l'exploitation du littoral. En application de l'articulation de l'article L.146-2 du Code de l'Urbanisme, le SMVM a identifié les coupures d'urbanisation à préserver les plus au niveau régional. Ce sont des espaces « libres » entre les zones urbaines ou entre une zone urbaine et la mer. La cartographie du SMVM permet de préciser la vocation de ces espaces et d'assurer la cohérence entre leurs différents usages, notamment entre la protection de l'environnement et le développement économique.

Le SMVM dispose d'objectifs spécifiques :

- Protéger les écosystèmes littoraux ;
- Organiser les activités littorales ;
- Contenir le développement urbain.

La zone d'étude élargie est située en totalité dans le périmètre du SMVM.

Les objectifs et orientations du SMVM qui concernent le projet sont :

G.8 : Organiser la mise en place de transports collectifs et de modes de déplacements « doux » dans les espaces littoraux

Le SAR prévoit la mise en œuvre du réseau régional de transport guidé du Sud à l'Est.

Le RRTG est projeté sur le SMVM dans le secteur en projet. Dans le cadre de la concertation sur le positionnement du RRTG, il a été retenu une insertion de ce dernier en cœur d'Ecocité sur l'axe mixte prolongé.

Le prolongement de l'axe mixte est doté de voies dédiées aux piétons ainsi qu'aux cycles/trottinettes…

G.9 : Maîtriser les extensions du réseau routier dans une optique de protection du milieu naturel et de sécurisation face aux risques.

La priorité doit être donnée aux modifications de l'existant pour tout projet d'amélioration du réseau de transports localisé en milieu littoral. En effet, toute nouvelle extension représente une pression sur le milieu naturel déjà sensible et peut être source de dégradation.

Cette opération est le prolongement d'un axe routier structurant existant, la RN7. Ce prolongement est particulièrement stratégique dans la structuration du réseau routier car c'est le chaînon manquant, complémentaire à la RN1 dans la liaison entre Saint-Paul et Le Port. Il relie ainsi le giratoire de Cambaie à l'échangeur de Savanna sur un linéaire de 1950 ml environ, réutilisant partiellement des voies déjà aménagées.

La qualité paysagère et le moindre impact écologique a guidé la réflexion tout au long du processus de projection de la nouvelle voie.

→ **Le projet est compatible avec les documents du SMVM.**

6.1.2 Schéma de Cohérence Territoriale (SCoT)

Le Schéma de Cohérence Territoriale (SCoT) du TO a été approuvé par le conseil communautaire du 8 avril 2013. Sa révision pour sa mise en compatibilité avec les lois Grenelle 1 et 2 a été approuvé par le conseil communautaire du 21 décembre 2016 et est exécutoire depuis le 20 mars 2017.

Le SCoT est en cours de révision.

6.1.2.1 Compatibilité avec le projet d'aménagement et de développement durable (PADD)

Le présent chapitre vise à étudier la compatibilité du projet avec le PADD du SCoT :

OBJECTIF 10 – Rendre le territoire accessible à tous dans la pluralité des modes de transport- y compris celui de l'information – Réguler le trafic automobile.

→ **Le projet est compatible avec le PADD du SCoT Ouest.**

6.1.2.2 Compatibilité avec le document d'orientation et d'objectifs (DOO)

Le présent chapitre vise à étudier la compatibilité du projet avec le DOO du SCoT :

O1 - Principe d'équilibre des usages de l'espace : Les développements urbains attendus dans les dix prochaines années sont localisés au sein des quelques 7 200 hectares des espaces urbains de référence.

Le projet d'axe mixte est réalisé en zone préférentielle d'urbanisation, en espace urbain de référence. Sa réalisation conditionne la première opération d'aménagement Ecocité identifié sur la Plaine de Cambaie, la ZAC Cambaie-Omega.

O2 : Les espaces naturels, forestiers et littoraux

Le projet prévoit le recalibrage de la ravine la Plaine, alors classée en site RAMSAR. Il restitue une ravine revégétalisée et sur laquelle un passage en radier routier a été supprimé au profit d'une passerelle piétonnière.

O3 - Les espaces agricoles

Le projet ne concerne pas d'espace agricole.

O4 - Les continuités écologiques- La trame verte et bleue :

Cette orientation intègre la trame verte et bleue. Elle définit une interdiction d'ouverture à l'urbanisation pour les réservoirs biologiques ainsi que pour les corridors écologiques qui ne font pas partie des espaces urbains de référence.

Le DOO du SCOT décrit dans son orientation 4 qui règlemente les espaces de continuités écologiques que les espaces de continuités écologiques décrit comme avérés bénéficient de la même protection que les espaces naturels, forestiers et littoraux décrits dans son orientation 2 du DOO (soit classement N au PLU, seuls les aménagements légers sont autorisés…)

Le SCOT quand il s'agit d'identifier les réservoirs de biodiversité et les corridors écologiques renvoi au schéma régional de cohérence écologique (le SRCE).

Or le schéma régional de cohérence écologique (le SRCE) a identifié le secteur de Cambaie situé au droit des carrières en exploitation en réservoir de Biodiversité avéré.

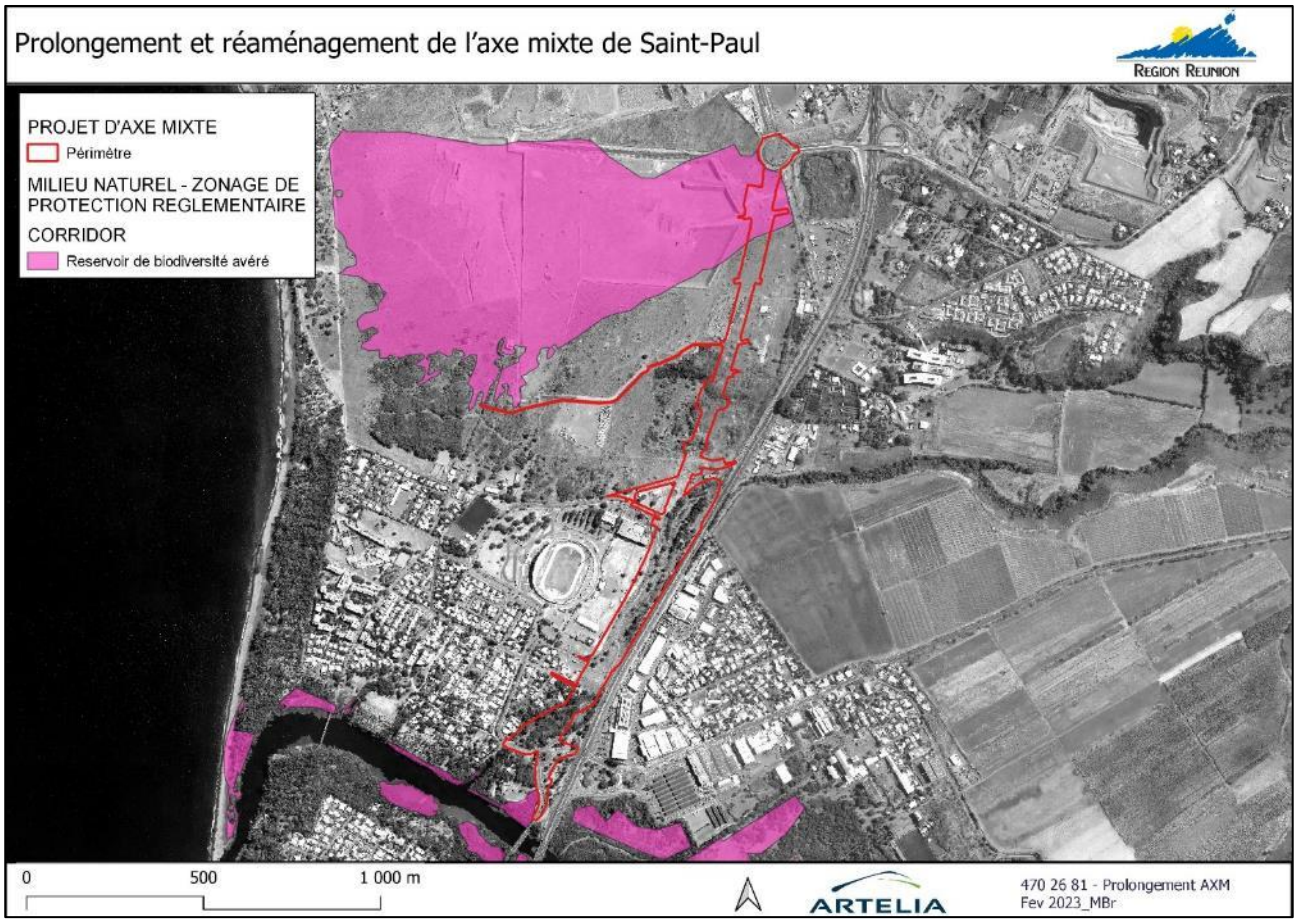


Figure 127 Réservoir de biodiversité et corridor écologique sur la cartographie de l'étude préalable d'identification et de cartographie des réseaux écologiques (2014)

Néanmoins l'auteur du SCOT n'a pas reconnu ce réservoir de biodiversité avéré. Il est en effet écrit en préambule à l'orientation 4 du DOO qui réglemente les réservoirs de biodiversité avérés :

- « L'auteur du SCoT ne reconnaît pas le réservoir de biodiversité « avéré », identifié de manière surprenante dans la partie sud de Plaine de Cambaie dont il est parfaitement avéré qu'il a été remis en cause par l'autorisation d'exploitation des matériaux accordée récemment ».

Les investigations naturalistes réalisées dans le cadre de la présente étude d'impact ont confirmé l'absence de réservoir de biodiversité d'ampleur sur le secteur. Seules des savanes relictuelles disparates persistent sur les quelques zones non exploitées par les carriers.

O5 - Principe général de mise en œuvre de l'armature urbaine :

Le projet axe mixte est conforme au SCoT en ce qu'il permet la réalisation de la ZAC Cambaie Oméga sur une zone qui y est dédiée dans le SCoT.

O6 - Les espaces urbains de référence - L'intensification urbaine et l'urbanisation prioritaire

L'ensemble de la partie nord du site dit « plaine Chabrier » est situé au sein des espaces d'urbanisation prioritaire.

L'orientation O6 prévoit que les développements urbains y sont soumis à une triple condition :

- une condition d'accessibilité, avec une localisation au plus près des lieux d'échanges des réseaux de transports publics existants ou projetés ;

  Le projet AMX constitue le support d'un site propre du réseau de transport en commun urbain et interurbain et d'un pôle d'échange multimodal en plein cœur de Cambaie. La Région et le TO se sont engagés dans le projet partenarial d'aménagement de l'Ecocité à renforcer le niveau de service des réseaux Car jaunes et Kar Ouest dès 2024 sur le cœur d'agglomération dont Cambaie. Des modes bus de type BHNS / CHNS seront mis en service en préfiguration de transport ferrés à plus longs termes ;

- une condition de proximité, localisation en continuité de l'urbanisation existante et à proximité des services urbains ;

  Le rééquilibrage territorial constitue un des enjeux majeurs du projet EcoCité.

- une condition d'opportunité au regard de l'économie urbaine en minimisant les coûts d'extension des réseaux, en prenant en compte la protection de l'environnement et des espaces agricoles, en privilégiant les localisations dans les espaces de moindre valeur agricole et écologique ;

  Cette opération est le prolongement d'un axe routier structurant existant, la RN7, au sud du rond-point de l'échangeur de Cambaie. Ce prolongement est particulièrement stratégique dans la structuration du réseau routier car c'est le chaînon manquant, complémentaire à la RN1 dans la liaison entre Saint-Paul et Le Port. Il relie ainsi le giratoire de Cambaie à l'échangeur de Savanna sur un linéaire de 1950 ml environ, réutilisant partiellement des voies déjà aménagées.

O7 - L'Intensification urbaine et les redéploiements des possibilités d'extension urbaine

Le périmètre projet est situé en espace urbain de référence et en espaces urbains à densifier.

O8 – La détermination de densités d'aménagement minimales : Les projets de (re)développement urbain tant résidentiels qu'économiques, contribuent, à l'occasion de leur mise en œuvre, à mettre en mouvement l'armature urbaine, à économiser l'espace, et à diminuer les charges foncières. À cette fin, et s'agissant en particulier des projets à finalités majoritairement résidentiels, ils satisfont les conditions de densité qui suivent.

NA.

O9. Les lisières urbaines et abords des ravines - Nature, agriculture, paysage et urbanisation.

Le projet AMX s'accompagne du recalibrage de la ravine la Plaine. Ce recalibrage s'accompagne d'un programme de revégétalisation important visant à compenser le caractère plus rectiligne de la ravine.

Le projet permet en outre d'effacer le seuil que constitue le radier en bordure de la Réserve Naturelle de l'Etang Saint Paul.

O10. La prévention des risques naturels et technologiques

Le périmètre du projet est soumis aux Plans de Prévention des Risques (PPR) de Saint Paul qui a été approuvé par arrêté préfectoral 2160SG/DRCTV du 26 octobre 2016. Le projet prévoit une déconnexion des eaux de débordements de la ravine Piton Defaud de la zone d'étude. Les réseaux sont dimensionnés conformément au SDEP de Saint Paul pour transiter une pluie trentennale. L'état initial de l'aléa inondation lié à la ravine la Plaine impactant à la marge le projet sera par ailleurs amélioré par les travaux programmés de prolongement de l'axe mixte par la Région qui intègrent le recalibrage du lit aval RN1 de la ravine.

Le périmètre du projet de modification n'est pas concerné par le risque de submersion marine.

Le périmètre de la modification n'est pas concerné par des risques industriels SEVESO.

O11- « La protection de la ressource en eau ».

Le projet n'est pas concerné.

O12- Les grands projets d'équipement et de services :

Cette orientation vise à la mise en œuvre des objectifs correspondant aux ambitions économique, sociale et urbaine, du projet d'aménagement et de développement durables, et notamment les grands projets d'équipements et de services que le Schéma de Cohérence Territoriale entend rendre possible dans les années à venir. Il identifie notamment de développement du secteur stratégique de la Plaine de Cambaie.

« *Sur plus de 500 hectares la Plaine de Cambaie constitue un secteur emblématique du développement du Cœur d'Agglomération et de la démarche ÉcoCité insulaire et tropicale. L'aménagement sera d'abord marqué par la réalisation de deux parcs agricole et urbain, orientés ouest-est, qui mettront en évidence la relation entre mer, terre et montagne si caractéristique de l'Ouest de La Réunion. En particulier il est prévu la mise en place d'une plateforme de production de terres fertiles permettant la production des matériaux terrigènes nécessaires à la fertilisation de sols aujourd'hui fréquemment stériles. L'actuel voirie dite axe mixte sera prolongée au sud pour relier harmonieusement le nouveau quartier au centre-ville de Saint Paul, via la plaine des loisirs. Les îlots urbains essentiellement résidentiels s'organiseront à partir d'une relation forte entre espace construit et espace libre »*.

La description faite est celle du développement de la Plaine de Cambaie dans le cadre du projet d'Écocité ; et le prolongement de l'axe mixte en est un préalable.

O13 – « Les politiques publiques du logement »

NA. Cette orientation concerne la mise en œuvre du Plan Local de l'Habitat.

O14 – « La cohérence entre politiques de transport et d'urbanisation »

Le projet de prolongement de l'Axe mixte depuis l'échangeur de Cambaie jusqu'à l'échangeur de Savanna porté par la Région Réunion va considérablement changer la donne en termes d'accessibilité et de désenclavement de Cambaie ainsi que du quartier Jacquot à Saint-Paul. Ce chaînon manquant du réseau viaire de l'Ouest permettra de poursuivre la liaison urbaine entre Le Port et Saint-Paul mais aussi de développer la desserte en transport en commun du territoire, grâce à des voies dédiées. La réalisation de ce boulevard urbain est une opportunité pour le développement d'un Écoquartier bien desservi dès l'arrivée de ses premiers habitants.

Le périmètre projet est concerné par l'ER65 : Réalisation du Réseau Régional de Transport Guidé (RRTG). Ce RRTG sera supporté par l'infrastructure Axe Mixte dont la réalisation s'inscrit dans un projet de renforcement de l'offre de transport en commun du cœur d'agglomération par la Région et le TO en permettant une continuité des sites propres destinés à terme à des modes ferrés (tramway) qui seront préfigurées par un Bus à haut niveau de service (BHNS) en cœur d'agglomération porté par le TO et la préfiguration du Réseau Régional de Transport Guidé (RRTG) en mode routier pour la Région.

Il s'agit également d'un axe fort du réseau cyclable de l'île : la voie vélo régionale, assurant une continuité cyclable interurbaine.

O15. Les localisations préférentielles des activités économiques

NA

→ Le projet est compatible avec le SCOT en vigueur.

6.1.3 Plan Local d'Urbanisme (PLU)

Le Plan Local d'Urbanisme (PLU) de Saint-Paul a été approuvé le 27 septembre 2012.

Le secteur d'étude est concerné par les zones U1l, U1b, AU1e, AU1st et N.

6.1.3.1 Le zonage

Les représentations graphiques des zones sont présentées sur la *Figure 129*.

- **Zone U1e et Zone U1l** :

  La zone U1e couvre l'ensemble des espaces dont l'occupation et l'utilisation des sols est spécialisée. Il s'agit essentiellement des zones d'activités économiques correspondant aux zones industrielles, artisanales et commerciales.

  La zone U1l couvre les espaces de loisirs de la Plaine de Cambaie.

  Y sont interdits :

  - Les constructions, ouvrages et travaux à destination agricole ;
  - Les constructions, ouvrages et travaux à destination d'habitation à l'exception de ceux visés à l'article 2.2 ;
  - L'aménagement de terrains destinés à l'accueil de campeurs et de caravanes en application du code de l'urbanisme ;
  - Les commerces de grande distribution ;
  - Et en zone U1l uniquement, les constructions, ouvrages et travaux à destination artisanale et industrielle.

- **Zone U1b** : zones résidentielles mixtes

  Y sont interdits :

  - Les constructions, ouvrages et travaux à destination exclusive d'entrepôt ;
  - Les constructions, ouvrages et travaux à destination agricole ;
  - L'aménagement de terrains destinés à l'accueil de campeurs et de caravanes en application du code de l'urbanisme.

- **Zone AU1e :**

  Le zonage AU1e couvre des espaces réservés à l'urbanisation future. Les constructions y sont autorisées soit lors de la réalisation d'une opération d'aménagement ensemble, soit au fur et à mesure de la réalisation des équipements internes à la zone. Le règlement de la zone U1e la réglemente.

- **Zone AU1st :**

Ces zones couvrent des espaces à urbaniser dans le futur car les différents réseaux et conditions d'accès n'ont pas des capacités suffisantes pour desservir de nouvelles constructions.

En outre, il est parfois nécessaire de mener des études préalables afin de déterminer le programme d'aménagement et le mode opératoire. Par conséquent, l'ouverture à l'urbanisation de la zone est conditionnée à une modification du PLU.

Y sont admis :

- Les ouvrages permettant de réduire les risques naturels, **les constructions, ouvrages et travaux liés aux différents réseaux ainsi que les ouvrages techniques nécessaires au fonctionnement d'un service public ou d'intérêt collectif dont l'implantation dans la zone est rendue nécessaire pour des raisons techniques ou économiques**, sous réserve de prendre les dispositions utiles pour limiter la gêne qui pourrait en découler et assurer une bonne intégration dans le site ;
- La reconstruction à l'identique d'un bâtiment détruit ou démoli depuis moins de dix ans dès lors qu'il a été régulièrement édifié, à l'exception des constructions implantées dans un secteur soumis à un risque naturel élevé délimité aux documents graphiques ;
- Les travaux d'aménagement léger, d'entretien, et d'extension mineure pour mise aux normes sanitaires et d'habitabilité dans la limite de 30 m² de surface de plancher réalisés sur des constructions existantes ;
- Les travaux d'extraction de matériaux sous réserve d'être compatible avec l'aménagement futur de Cambaie.

■ **Zone N :**

La zone N couvre les secteurs naturels de la commune, équipés ou non, à protéger en raison de la qualité des sites, des milieux naturels, des paysages et de leur intérêt notamment du point de vue esthétique, historique ou écologique, soit de l'existence d'une exploitation forestière, soit de leur caractère d'espaces naturels.

Y sont admis :

- Les constructions, les ouvrages techniques liés à la voirie et aux différents réseaux nécessaires au fonctionnement d'un service public ou d'intérêt collectif dont l'implantation dans la zone est rendue nécessaire pour des raisons techniques ou économiques, sous réserve de prendre les dispositions utiles pour limiter la gêne qui pourrait en découler et assurer une bonne intégration sur le site.

6.1.3.2 Espaces Boisés Classés

Les terrains inscrits en espaces boisés classés qui sont délimités aux documents graphiques, sont régis par les dispositions des articles L.130-1 et suivants et R.130-1 et suivants du code de l'urbanisme : interdiction de défrichement et déclaration administrative pour les coupes et abattages.

Le projet n'impacte pas l'EBC.

6.1.3.3 Emplacements réservés

■ ER 65 : Réalisation du Réseau Régional de Transport Guidé (RRTG)

Le projet se superpose à l'ER du RRTG. La conception de l'ouvrage a été menée de manière à permettre la circulation du RRTG sur l'ouvrage.

6.1.3.4 Les principes du PADD

Description de la position du projet vis-à-vis du PADD du PLU

Tableau 35 Récapitulatif des principes d'aménagement du PADD

Principe n°1 :« Développement autour de 6 bassins de vie et le maillage autour de centralités organisées ».
Le projet de prolongement de l'axe mixte s'inscrit sur Cambaie, « pôle majeur moteur du développement communal ».
Principe 2 « un logement pour tous ».

NA
Principe 3 « un plan d'accompagnement du devenir de Mafate »
Le projet concerne uniquement le bassin de vie de "Saint-Paul centre »
Principe 4 « un développement balnéaire résidentiel mesuré du littoral balnéaire »
Le projet de prolongement de l'axe mixte n'a pas vocation à développer d'usage résidentiel sur le littoral balnéaire
Principe 5 « Poursuivre le rattrapage en matière d'équipements ».
NA
Principe n°6 du PADD : le rapprochement de l'habitat et de l'emploi.
En permettant de bien desservir par les transports et cheminements doux la ZAC Cambaie, nouveau quartier du cœur d'agglomération, le projet répond au principe de rapprocher emploi et habitat et à celui de réduire les déplacements tout en promouvant des alternatives à la voiture.
Principe n°7 : « la dynamisation de l'économie agricole
NA
Principe 8 : « la création d'une offre nouvelle de zones d'activités économiques »
NA
Principe 9 : « le renforcement des pôles commerciaux existants et de nouvelle offre au cœur des bassins de vie »
NA
Principe n°10 : « la réduction des déplacements et la mise en place de nouveaux modes de circulation doux ».
Le projet prévoit des sites propres aux transports en communs et aux modes de mobilités actives. Il s'inscrit dans le projet EcoCité de la Plaine de Cambaie qui entend rapprocher emploi et habitat et réduire les déplacements tout en promouvant des alternatives à la voiture.
Principe n°11 : la gestion globale de l'eau au cœur de l'aménagement
Le projet favorise l'infiltration des eaux de pluies
Principe n°12 : La promotion de mode de gestion durable du territoire :
Le projet de modification prévoit des dispositions visant à préserver l'environnement : Plantations importantes, assainissements des eaux à ciel libre, promotion des modes TC et actifs…
Principe n°13 : l'intégration dans l'aménagement du centre-ville de Saint Paul et de Cambaie de la forêt de la Côte sous le vent
Le projet n'est pas concerné par la forêt de la Côte sous le vent.
Principe n°14 : mise en valeur du patrimoine
Le projet respecte le patrimoine que constitue l'étang de Saint Paul en recherchant une homogénéité des infrastructures de franchissement. Ainsi la passerelle piétonne qui permettra de gommer le radier sur la ravine de la Plaine présentera un aspect similaire aux deux franchissements actuellement présents sur la ravine de l'étang.

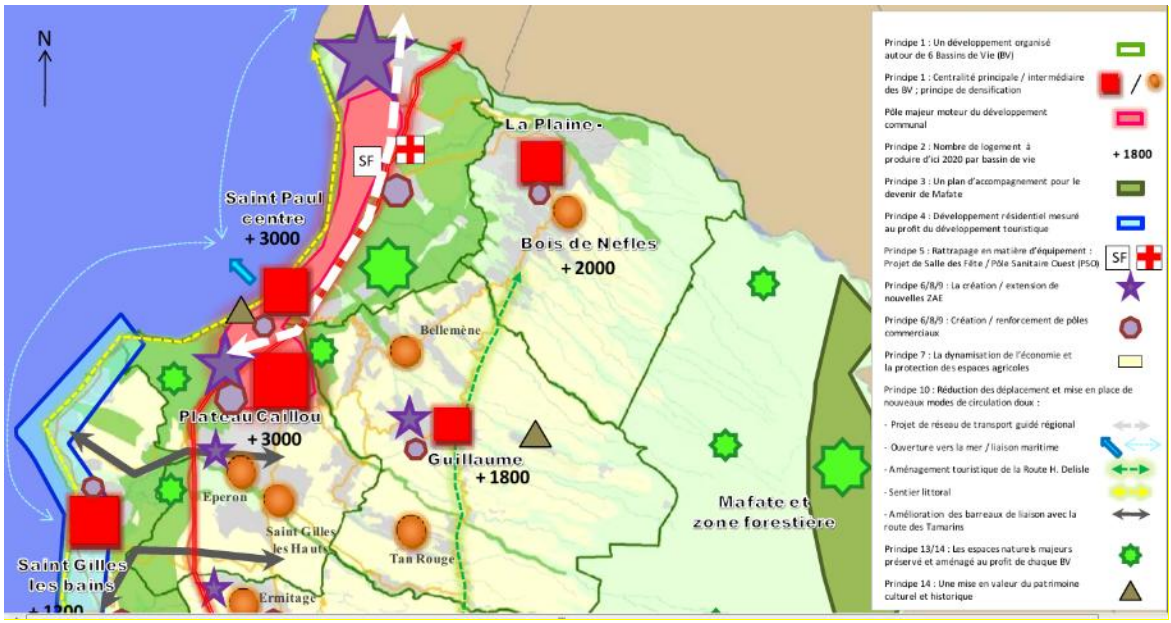


Figure 128 Les principes du PADD de Saint Paul

→ Le projet est compatible avec les prescriptions d'urbanisation du PLU de Saint-Paul.

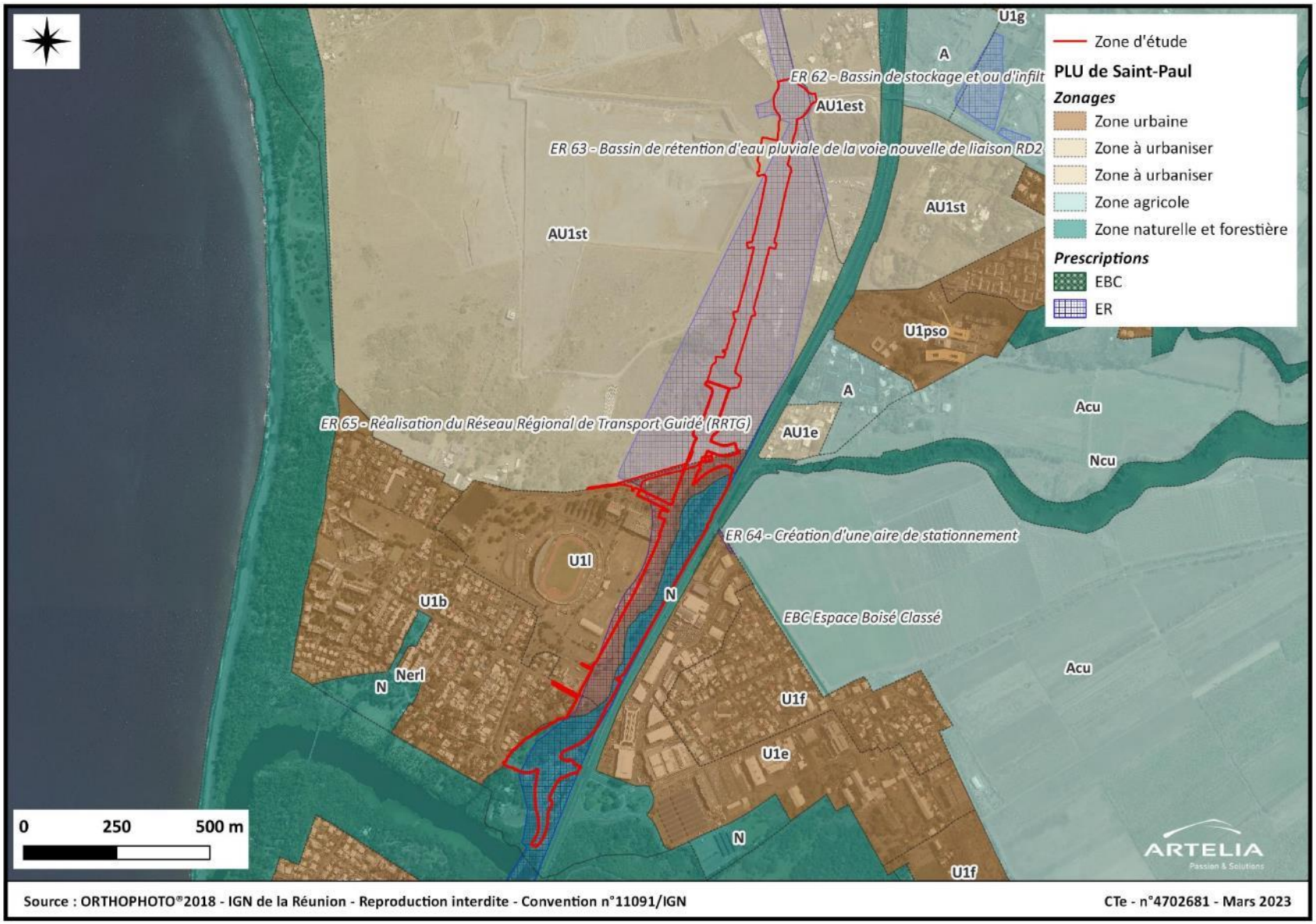


Figure 129 – Zonage du PLU de Saint-Paul

6.1.4 Schéma Départemental des Carrières

Le schéma départemental des carrières (SDC) approuvé par arrêté préfectoral du 22 novembre 2010 identifie sur le territoire du TO 4 espaces carrières terrestres :

N° EC	Nom	Commune	Superficie	Volume de matériau	Type de matériau
RG01	Plaine Défaud	Saint-Paul	74 ha	Réserve incertaine	Alluvions
15/01 A	Cambaie Sud	Saint-Paul	36 ha	2 Mm³	Alluvions
15/01 B	Cambaie Sud	Saint-Paul	145 ha	7 Mm³	Alluvions
07/01	Buttes du Port	Le Port	118 ha	6 Mm³	Alluvions

Ces espaces carrières représentent un enjeu très important pour le développement et l'aménagement de l'Ouest de la Réunion.

Deux d'entre eux sont situés sur la Plaine de Cambaie :

- EC 15-01A situé au Nord du périmètre le long de la digue de la rivière des Galets
- EC 15-01B situé au niveau du rond de l'ancienne antenne Omega.

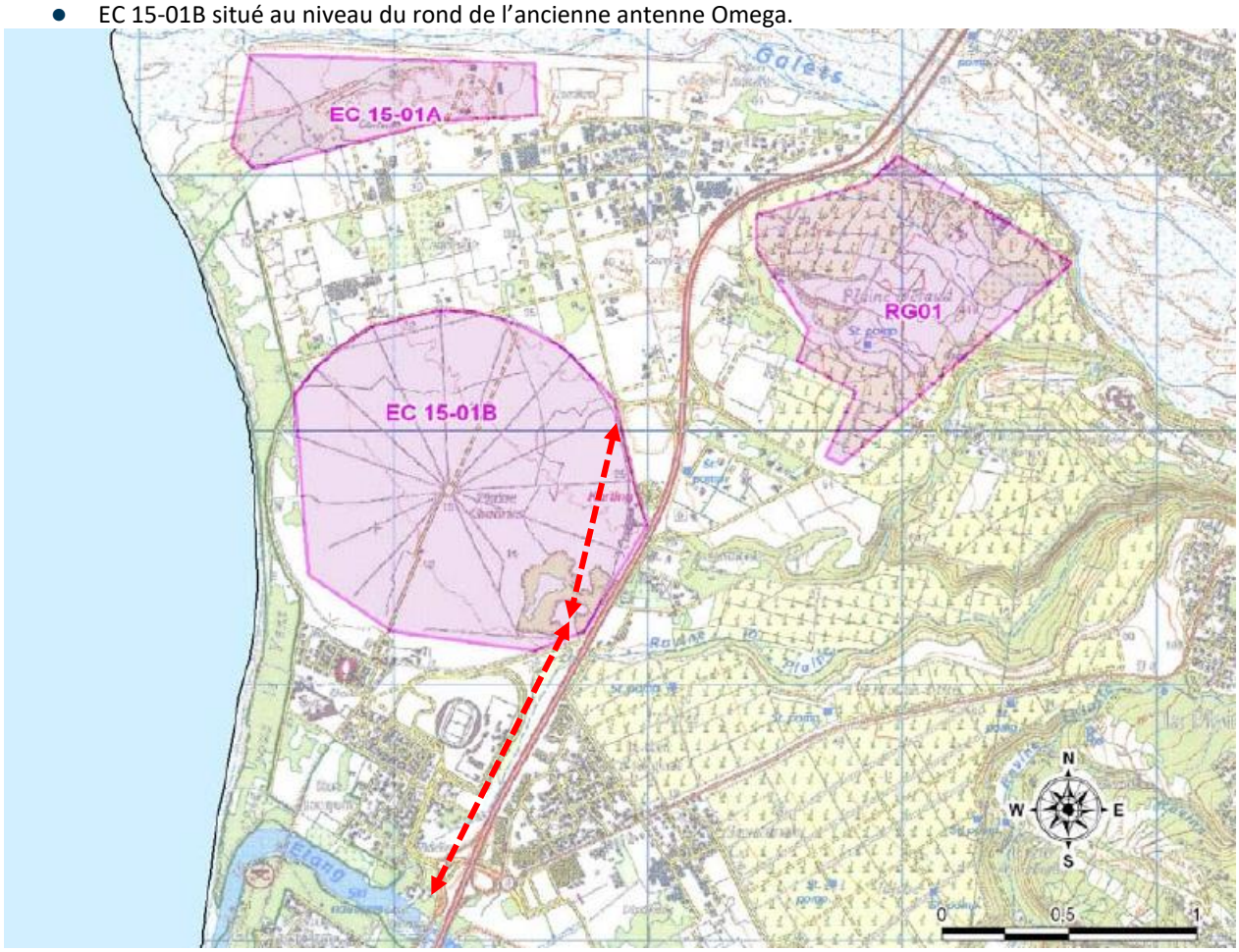


Figure 130 Zoom sur le secteur d'étude et l'espace carrière EC15_01B

Le périmètre du projet Axe mixte est concerné sur environ 6ha par l'espace carrière EC 15-01B du SDC.

L'espace carrière du rond Omega fait aujourd'hui l'objet d'exploitations en cours par Teralta et SCPR, autorisées par les arrêtés préfectoraux suivants :

- Arrêté 2013-1397/SG/DRCTCV au bénéfice de la société Lafarge (ex Teralta) portant sur une surface d'exploitation de 282 920 m² et autorisant l'extraction de 1 600 000 m³ de matériaux.
- Arrêté 2013-1556/SG/DRCTCV au bénéfice de la société SCPR portant sur une surface d'exploitation de 272 743 m² et autorisant l'extraction de 1 220 000 m³ de matériaux.

Par ailleurs, une demande d'autorisation d'exploiter au titre de la réglementation ICPE sollicitée par la société SCPR est en cours d'instruction depuis 2019. Elle porte sur un périmètre d'exploitation de 75 111 m² et sur un volume de 225 217 m³ de matériaux.

L'ensemble de ces exploitations en cours de réalisation ou d'instruction sont compatibles avec le périmètre d'extraction global défini en 2013 entre le TO, l'État et les carriers tel que préconisé par la prescription n°21 du SAR.

C'est sur la base de ce périmètre d'extraction global qu'ont été définies :

- Les orientations d'aménagement de l'Ecocité sur la Plaine de Cambaie et les espaces à développer prioritairement ;
- Le projet d'aménagement de la ZAC Cambaie-Omega (objet de l'OAP et globalement hors périmètre d'extraction global) ;
- Le tracé du prolongement de l'axe mixte (objet d'une mise à jour de l'Emplacement Réservé dédié).

→ Le projet Axe mixte est compatible avec le SDC.

6.2 PLANS LIES AU TRANSPORT

6.2.1 Le SRIT

- Objectif 1 Les transports en commun
  - Action 1 Développer une offre en transport en commun performante
    - Amélioration de la vitesse commerciale des transports en commun, notamment aux entrées d'agglomération, via la mise en œuvre de transports en commun en site propre (t.c.s.p.)

      Le projet intègre dans l'infrastructure un axe TCSP structurant, à vocation urbaine et interurbaine, et évolutif vers un mode guidé

    - Création d'une offre de transports en commun interurbaine compétitive face à la voiture particulière via la mise en œuvre d'un réseau régional de transport guidé (R.R.T.G.).

      A ce jour, la Région a validé, en concertation avec l'ensemble des acteurs publics de transport, le tracé de référence du RRTG, les stations ainsi que le mode préférentiel. D'une manière générale, le RRTG a vocation à être préfiguré en mode routier dans l'attente d'une évolution en mode ferré sur certains secteurs.

      Le secteur Ouest, depuis le futur pôle d'échange multimodal de Bertin jusqu'à l'échangeur de l'Eperon, est identifié comme l'un des secteurs prioritaires pour la réalisation des premières tranches du RRTG, considérant les congestions routières grandissantes en entrée Ouest de Saint-Denis et en traversée de l'Ouest de l'île.

      Aussi, dans le cadre des études de tracé du RRTG menées par la Région et achevées en 2016, il a été acté un tracé de référence basé sur la traversée du cœur d'agglomération du TO.

      Le transport en commun se développe sur un grand axe de 50 m de large, reliant la ville de Saint-Paul à la ville du Port. Il passe au travers du projet urbain de Cambaie, sur l'Axe Mixte prolongé (Boulevard de Cambaie).

La plateforme s'implante sur l'espace TCSP central réservé sans trop nécessiter de modification. Pour contre balancer l'aspect très minéral de cet axe, la mise en place d'une plateforme engazonnée est proposée.

Des alignements d'arbres prennent place de part et d'autre de la plateforme et viennent masquer les Lignes Aériennes de Contact (LAC), et les luminaires.

- Action 2. Mettre en place des politiques volontaristes de stationnement adaptées au TC

Pour être efficaces, le déploiement des P+R ainsi que la politique de stationnement de la ville doivent être cohérents et s'appuyer sur une réelle offre alternative au tout voiture. Elle doit également conformément à la prescription 26 du SAR être l'opportunité d'une densification urbaine autour des équipements (pôles d'échanges) afin de renforcer la rentabilité des infrastructures et superstructures. Ainsi les P+R et PEM doivent être connectés à des lignes de transports collectifs performantes (RRTG et TCSP y compris ceux en rabattement), minimisant les ruptures de charge (avec le moins de correspondances possibles vers les principaux générateurs ou gares et stations du réseau) et permettant ainsi de crédibiliser les alternatives à l'automobile.

Le PEM de Cambaie s'inscrit au cœur du nouveau quartier Cambaie Oméga. Il est connecté aux :

- Circulations piétonnes avec des traversées sur plateau surélevé au Nord et au Sud, et une traversée centrale permettant l'accès aux quais bus ;

- Circulations cycles, avec des pistes cyclables qui longent le PEM le long de la voirie et la possibilité de stationner son vélo sur les arceaux situés sur les espaces piétons au cœur du PEM ;

- Parking relais situé à proximité permettant aux usagers VL de se stationner au plus proche pour favoriser l'interconnexion entre les modes de transports.

- Objectif 2 Les eco-mobilités

Ne s'appliquent pas au projet

- Objectif 3 Les infrastructures et les trafics routiers

Le projet n'est pas spécifiquement décrit au SRIT.

- Objectif 4 Améliorer l'offre et les services pour favoriser l'usage des modes doux

  - Action 6 - Aménagement en faveur des vélos

Le Plan Régional vélo vise au-delà du développement de pistes cyclables urbaines et non urbaines d'assurer une cohérence et un lien entre les aménagements afin de s'assurer de l'interconnexion et de la continuité de l'équipement à travers l'ensemble des territoires et de compléter ces aménagements par des équipements en faveur des cycles et des cyclistes

Le projet prévoit des voies dédiées aux vélos sur l'ensemble du projet de prolongement de l'axe mixte. Les limitations de pentes suivantes ont été retenues pour la conception des infrastructures : Pente maximale pour les franchissements de 8-9% sur des faibles distances pour compatibilité vélo : adaptation de la position des rampes et adaptation des carrefours. Le PEM est équipé d'arceaux. Des signalisation vélos sont prévues sur le projet.

  - Action 7 – Améliorer la circulation des piétons

Les points d'attention spécifiques du SRIT portent sur :

- la primauté des itinéraires piétons sur la circulation automobile ;
- la sécurité et lisibilité des itinéraires piétons ;
- la continuité d'itinéraire piéton au sein de l'espace urbain (sur voirie-trottoir, espaces semi privatifs ; galerie piétonne,...) ;
- les distances et les pentes à parcourir pour les usagers.

Le projet donne une priorité aux usagers piétons en leur apportant confort et sécurité par des connexions piétonnes à niveau, des quais de bus généreux, des carrefours sécurisés, une large place donnée aux plantations.

6.2.2 Le Plan de Déplacement Urbain du TO

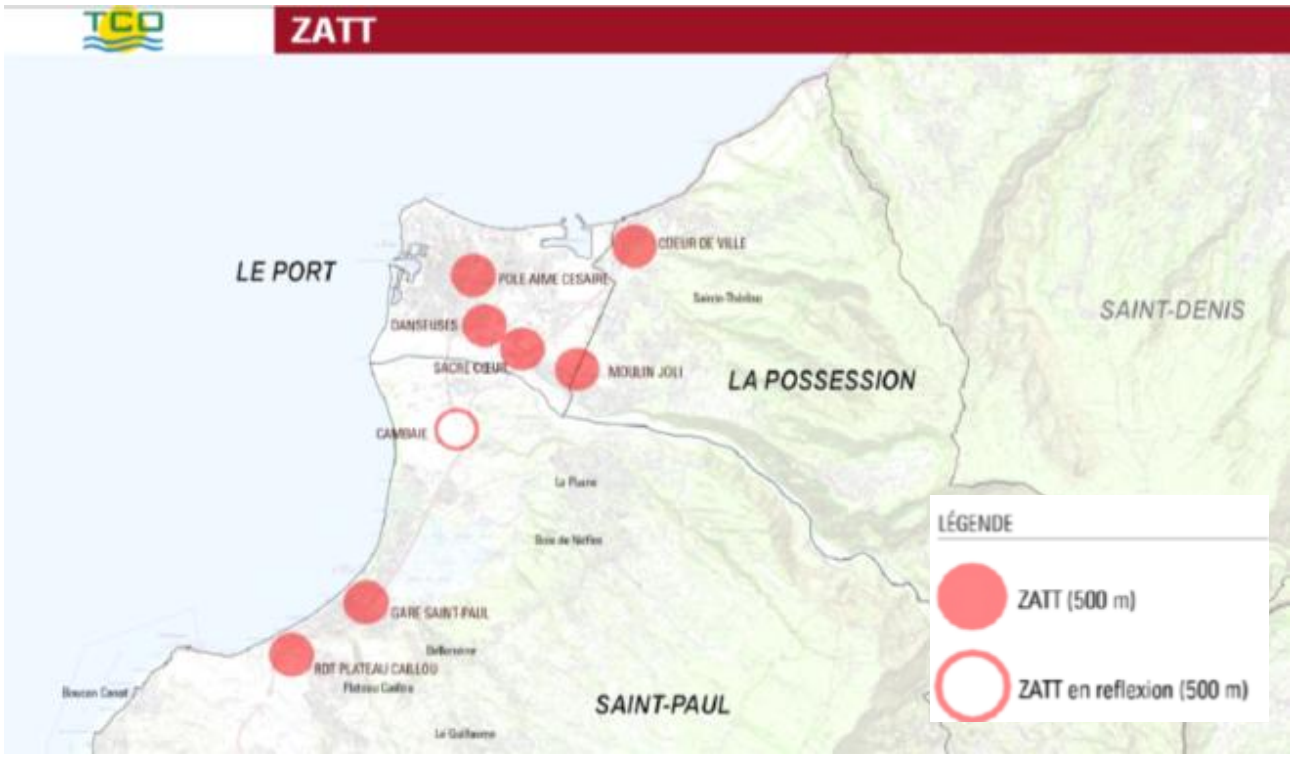
Le Plan de Déplacement Urbain est l'outil de planification de la mobilité à l'échelle de l'agglomération de 2017 à 2027. Il définit les principes d'organisation des transports et du stationnement des personnes et des marchandises tout modes confondus.

ARTICULER TRANSPORTS ET AMENAGEMENT URBAIN

Le TO souhaite par cette série d'actions développer la « ville des courtes distance » c'est-à-dire concentrer la mixité des fonctions urbaines (habiter, travailler, se divertir…) afin de minimiser les distances à parcourir au quotidien, à l'inverse d'une urbanisation sectorisée.

Action 1 : Prioriser la réalisation d'aménagements vers les pôles d'échange dans les ZATT, Zones d'Aménagement et de Transition vers les Transports.

Le Pôle d'Echanges prévu dans le projet de prolongement de l'axe mixte est décrit au PDU (cf. ci-dessous)



Action 2 : Intégrer les cheminements vers les arrêts de transport en commun dans les projets urbains

Le projet donne une priorité aux usagers piétons en leur apportant confort et sécurité par des connexions piétonnes à niveau, des quais de bus généreux, des carrefours sécurisés, une large place donnée aux plantations. Les pentes au niveau des ouvrages de franchissement sont également travaillées de sorte à ne pas dépasser 8 à 9%.

Action 3 : Utiliser les PLU pour améliorer la perméabilité piétonne du territoire

NA

Action 4 : Conditionner l'urbanisation aux zones bien desservies par les transports en commun

La création de l'Axe Mixte intervient en préfiguration, en amont de la construction de l'Ecocité qui viendra prendre place de part et d'autre de cet axe structurant.

Action 5 : Restructurer le réseau Kar'Ouest

Le TO a décidé de prioriser son action vers une préfiguration en mode routier de la ligne La Possession – Saint Paul Centre-Ville, et d'engager une étude de programmation visant la réalisation d'une ligne de bus à haut niveau de service (BHNS). Le projet du TO s'insèrera surs les tronçons en site propre existant ou en cours d'étude.

Après échanges avec le TO, les réflexions sont en cours concernant les restructurations des lignes bus dans le secteur du futur prolongement de l'axe mixte et l'autorité organisatrice de transports n'a encore pas défini les nouvelles orientations de fréquence bus sur le futur axe mixte.

Il a été décrit les hypothèses de trafic suivant l'analyse de la fréquence de bus des lignes existantes auxquelles a été appliquée une majoration liée à l'attractivité de la future voie TCSP :

Lignes Kar'Ouest : 41 A-R/j

Action 6 : Aménager la voirie en faveur des bus

Le projet intègre dans l'infrastructure un axe TCSP structurant, à vocation urbaine et interurbaine, et évolutif vers un mode guidé

Action 7 : Intégrer des services pour les modes de rabattement autour des pôles d'échanges

Un parking relais est situé au nord du PEM et au sud du giratoire de Cambaie. Avec sa capacité de stationnement de 100 places il permet aux utilisateurs du réseau de transport d'avoir un accès direct au bus. Ce parking sécurisé est un véritable atout dans les enjeux d'interconnexion entre les différents modes de transports sur le territoire.

Sa conception a été pensée pour permettre une circulation fluide permettant de faire le tour complet. Les places de stationnement sont insérées « en bataille ».

Action 8 : Améliorer la complémentarité et l'interconnexion entre les réseaux Car Jaune et Kar'Ouest

Action 9 : Améliorer l'interopérabilité entre les réseaux Car Jaune et Kar'Ouest

Après échanges avec la Région et le TO, les réflexions sont en cours concernant les restructurations des lignes bus dans le secteur du futur prolongement de l'axe mixte et l'autorité organisatrice de transports n'a encore pas défini les nouvelles orientations de fréquence bus sur le futur axe mixte.

Action 10 : Améliorer l'information aux voyageurs

Une signalisation lumineuse de trafic est mise en place et a pour fonctions :

- D'assurer la sécurité des usagers de la route : piétons, deux roues, véhicules routiers, mais également des véhicules de transport au niveau des intersections ;

- De garantir des performances de transport en commun, au travers de la priorité offerte aux carrefours,

- De faciliter, d'améliorer la fluidité des circulations en respectant les exigences de visibilité, de lisibilité et de compréhension.

Action 11 : Etudier les projets de transport urbain par câble dont le potentiel est utilitaire

Ne s'applique pas

CRÉER UN RESEAU CYCLABLE

Action 12 : Poursuivre la création d'aménagements cyclables (selon la carte ci-contre)

Action 13 : Jalonner les parcours cyclables

Action 14 : Créer du stationnement vélo auprès des générateurs de déplacement (équipements

publics, commerces, zones balnéaires)

Action 15 : Développer une offre de stationnement vélo sécurisée aux pôles d'échange Kar'Ouest

Le projet prévoit des voies dédiées aux vélos sur l'ensemble du projet de prolongement de l'axe mixte. Les limitations de pentes suivantes ont été retenues pour la conception des infrastructures : Pente maximale pour les

franchissements de 8-9% sur des faibles distances pour compatibilité vélo : adaptation de la position des rampes et adaptation des carrefours. Le PEM est équipé d'arceaux. Des signalisations vélos sont prévues sur le projet.

Action 16 : Intégrer le stationnement vélo dans les documents d'urbanisme opérationnel

Action 17 : Expérimenter la mise à disposition / l'aide à l'acquisition de vélo à assistance électrique

(VAE)

Action 18 : Créer des outils de communication autour du vélo

Ne s'applique pas

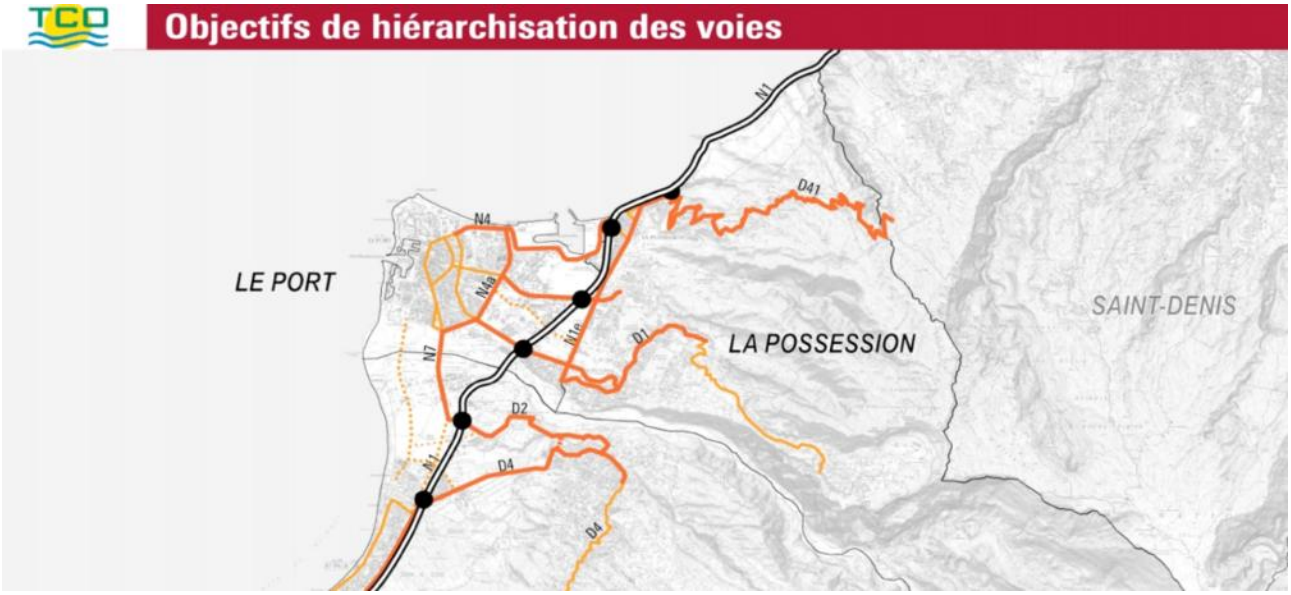
MAÎTRISER LA CIRCULATION ROUTIERE EN OPTIMISANT L'ACCESSIBILITÉ

Le TO a pour objectif de faire diminuer la part des déplacements effectués en voiture sur son territoire. Les actions de ce thème visent à la maîtrise de la circulation, à son apaisement, et à la cohabitation des modes sur les infrastructures routières existantes et à créer dans les projets urbains.

Action 19 : Inscrire les voiries et les projets de voirie dans un schéma global de hiérarchisation viaire

Action 20 : Etablir une charte partenariale d'aménagement des voiries

L'axe mixte est identifié en projet structurant à l'action 19.



Action 21 : Améliorer la sécurité des déplacements

Une signalisation lumineuse de trafic a pour fonctions d'assurer la sécurité des usagers de la route : piétons, deux roues, véhicules routiers, mais également des véhicules de transport au niveau des intersections. La voie créée en prolongement de l'axe mixte existant est une voie de desserte, dont la vitesse maximale autorisée de circulation est de 50 km/h. Des plateaux en enrobés permettent de sécuriser les traversées des modes doux en réduisant la vitesse de circulation des véhicules à 30 km/h.

Action 22 : Développer le covoiturage

La présence d'un Parking Relais de 100 places favorise le recours aux covoiturages.

METTRE EN COHÉRENCE LA POLITIQUE DE STATIONNEMENT

Dans le choix entre les différents modes de transport qui se présentent à l'usager, la facilité à se stationner au point de destination et son coût associé jouent une part importante. C'est pourquoi le TO a choisi d'améliorer l'organisation de son offre de stationnement public.

Action 23 : Limiter l'offre de stationnement public dans les centres-villes et en lien avec l'offre de transport

Action 24 : Développer les expérimentations en matière de stationnement mutualisé

NA dans le cadre du projet d'axe mixte.

ADAPTER LE TRANSPORT DE MARCHANDISES A LA VILLE

Action 25 : Poursuivre les groupes de travail entamés avec les entreprises logistiques lors de la concertation du PCET

Action 26 : Définir et faire respecter les itinéraires PL

Action 27 : Repenser l'organisation des livraisons en centre-ville

Action 28 : Aménager une zone de stockage en arrière-port avec une plateforme logistique reliées à la RN1

L'axe Mixte sera circulable en poids lourds comme l'est l'axe mixte existant. La charge actuelle est de 6%.

ACCOMPAGNER LE DÉVELOPPEMENT DES PRATIQUES ÉCO-MOBILES

Les pratiques éco-mobiles regroupent un ensemble de solutions de déplacement ayant moins d'impact sur l'environnement et permettant de réduire le budget alloué aux déplacements par les ménages. Le développement des modes actifs (marche, vélo) et les transports en commun en font bien sûr partie.

Action 29 : Mettre en œuvre le Plan de Déplacement d'Administration du TO et en tirer un retour d'expérience pour les autres PDE/PDIE

Action 30 : Soutenir les plans de déplacements entreprise/école/interentreprises

Action 31 : Favoriser le développement de solutions de déplacement innovantes (autopartage et développement des véhicules électriques)

Action 32 : Expérimenter un lieu de télétravail en lien avec les principaux pôles d'échanges

Action 33 : Etudier la mise en place d'un bureau des temps

Ne s'applique pas

6.3 PLANS ET PROGRAMME RELATIFS AU CLIMAT ET A L'ENERGIE

6.3.1 Le SRCAE

Le Schéma Régional du Climat, de l'Air et de l'Énergie (SRCAE) de La Réunion a été adopté par arrêté n° 132500 du 18 décembre 2013.

Le SRCAE décrit plusieurs orientations. Dans le secteur de l'aménagement et de l'urbanisme, les objectifs sont la conception d'un aménagement du territoire permettant d'améliorer la qualité de vie, mieux adapté à l'évolution des risques naturels et réduisant les consommations d'énergie.

O 25 : Développer une offre de transports en commun moderne et performante - Améliorer les performances énergétiques du système de transport et réduire la dépendance aux hydrocarbures

Une ligne de transport guidé régionale (le RRTG) qui reliera à terme St Benoit à Saint Pierre via le territoire du TO sous maîtrise d'ouvrage de la Région. Ces deux modes emprunteront le prolongement de l'axe mixte, et seront dans un premier temps préfigurés par des lignes de bus et de car à haut niveau de service.

O 26 : Hiérarchiser le réseau viaire et garantir un maillage multimodal permettant une meilleure desserte des territoires

Cette opération est le prolongement d'un axe routier structurant existant, la RN7, au sud du rond-point de l'échangeur de Cambaie. Ce prolongement est particulièrement stratégique dans la structuration du réseau routier car c'est le chaînon manquant, complémentaire à la RN1 dans la liaison entre Saint-Paul et Le Port. Il relie ainsi le

giratoire de Cambaie à l'échangeur de Savanna sur un linéaire de 1950 ml environ, réutilisant partiellement des voies déjà aménagées.

O 31 : Évaluer la vulnérabilité des infrastructures de transports aux impacts possibles du changement climatique, en particulier sur le littoral

Le projet n'est pas vulnérable à une hausse du niveau de la mer. Il s'accompagne d'un recalibrage de la ravine la Plaine pour intégrer les risques liés aux inondations.

Orientation 32 : Densifier les pôles urbains sur le littoral avec mise en réseau par des systèmes de transport performants.

Le prolongement de l'Axe Mixte constitue une liaison préférentielle entre Cambaie et le centre-ville du Port et de Saint-Paul et le support des lignes structurantes du réseau Nouveau réseau Kar'Ouest (NKO) et du RRTG. Un pôle multimodal est projeté sur la future place de Cambaie de la ZAC Cambaie Oméga

Orientation 46 : Développer les réseaux d'assainissement des eaux usées et la gestion des eaux pluviales.

Le projet s'appuie sur une trame urbaine d'espaces plantés de façon à faciliter la gestion des eaux pluviales. L'infiltration est favorisée. Le débit de rejet projet est inférieur à 80% du débit de l'état initial.

→ Le projet est compatible avec le SRCAE

6.3.2 Programmation Pluriannuelle de l'Énergie

La PPE constitue le volet opérationnel « Énergie » du schéma régional climat air énergie de La Réunion (SRCAE). La PPE a été approuvée par le conseil régional en décembre 2016 et par décret interministériel en avril 2017.

Transport dans la PPE en vigueur 2019-2028

Basés sur le schéma régional des infrastructures et des transports (SRIT) de la Réunion de 2014, les objectifs de l'évolution des modes de déplacement sont :

- augmentation significative de la part des transports en commun, de 6 % aujourd'hui à 11 % en 2023 et 14% en 2028 ;
- baisse de la consommation des énergies fossiles du secteur des transports terrestres, de 10% en 2023 et 22 % en 2028.

Pour atteindre ces objectifs, la PPE en vigueur 2019-2028 prévoit l'amélioration de l'offre des transports collectifs, le développement des modes doux et du transport par câble, l'amélioration de la logistique urbaine et la promotion de la mobilité électrique adaptée.

Le prolongement de l'axe mixte constitue support de transports en commun urbain (d'agglomération) et interurbain (régional). Le TO et la Région Réunion projettent de renforcer en cœur d'agglomération leur offre de transport et de réaliser à terme deux modes de transports guidés complémentaires :

- Une ligne de tramway locale reliant le centre-ville de la Possession et celui de Saint Paul tout en desservant la ville du Port sous maîtrise d'ouvrage du TO.

- Une ligne de transport guidé régionale (le RRTG) qui reliera à terme St Benoit à Saint Pierre via le territoire du TO sous maîtrise d'ouvrage de la Région.

Ces deux modes emprunteront le prolongement de l'axe mixte, et seront dans un premier temps préfigurés par des lignes de bus et de car à haut niveau de service.

Ce réseau sera accompagné par la réalisation d'un pôle d'échange multimodal qui prendra place dans la ZAC Cambaie Omega.

6.3.3 PCAET/PCET de Saint Paul et du TO

Le PCAET du TO n'est à ce jour pas approuvé. Le TO dispose d'un PCET approuvé en 2015, qui n'est néanmoins pas articulé avec la PPE 2019-2028 de la Réunion alors qu'il lui doit la compatibilité.

Saint Paul ne dispose pas de PCET compatible avec la PPE en vigueur.

6.4 PLANS ET PROGRAMMES RELATIFS A L'EAU

6.4.1 Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE)

Le comité eau et biodiversité a adopté, le 16 mars 2022, le SDAGE et son programme de mesures associé pour la période 2022-2027. Il a été approuvé par arrêté du préfet le 29 mars 2022.

6.4.1.1 Les objectifs environnementaux assignés aux masses d'eau qui intéressent le projet

La zone d'étude est concernée par la Masse d'Eau (ME) souterraine FRLG112. La masse d'eau (ME) FRLG112 - Formation volcaniques et volcano-sédimentaires du littoral de l'étang Saint Paul – Plaine des Galets est décrite de l'état global médiocre en 2015 et 2019. L'objectif de bon état est reporté à 2039.

L'étang de Saint Paul était, dans le SDAGE précédent, classés en plan d'eau. Cet étang dont le fonctionnement est à l'interface entre le milieu marin et terrestre, ne correspond plus à cette typologie et est désormais classé en eau de transition.

Du fait du changement de typologie, les règles d'évaluation de l'état écologique de cette masse d'eau de transition ont évolué entre 2015 et 2019. Néanmoins, globalement la qualité de l'étang côtier s'améliore légèrement mais reste en dessous d'un bon état.

Masses d'eau de transition	État	État des lieux 2015	État des lieux 2019
FRLT02 Étang de Saint-Paul	**État global**	**Mauvais**	**Moyen**
	État chimique	Bon	Bon
	État écologique	Mauvais	Moyen

L'étang de Saint Paul présente un état global moyen du fait de l'état écologique qualifié de moyen. Des travaux menés en 2016 ont montré un recul important du Cherax exotique au profit des espèces indigènes. Par ailleurs, les actions de gestion de l'étang réalisées par la régie de la réserve ont eu des effets bénéfiques en matière d'amélioration de la qualité de l'eau, de la restauration écologique et de la lutte contre les espèces exotiques envahissantes. Malgré celades efforts supplémentaires doivent être fournis pour améliorer la qualité de l'eau et les peuplements d'espèces locales.

Pour l'Étang de Saint-Paul l'atteinte des objectifs environnementaux en 2027 est possible dans l'hypothèse du maintien de la reconquête de la qualité écologique de l'étang, c'est pourquoi il est identifié comme présentant un doute face au RNAOE.

6.4.1.2 Les orientations et principes d'action

Les orientations fondamentales et les principes d'action du SDAGE 2022-2027 sont présentés dans le tableau ci-après. Les orientations soulignées sont applicables au projet.

Tableau 36 – Orientations et principes d'action du SDAGE 2022-2027

Orientations fondamentales (OF)	Principes d'actions
Orientation fondamentale 1 : **Intégrer la gestion de l'eau dans les politiques d'aménagement du territoire dans un contexte de changement climatique**	1.1 : Appréhender les logiques d'aménagement du territoire en préservant la ressource en eau et les écosystèmes aquatiques

	1.2 : Garantir la compatibilité entre gestion des risques et protection des milieux aquatiques 1.3 : Le changement climatique, un catalyseur d'effets nécessitant d'anticiper et d'adapter
Orientation fondamentale 2 : **Préserver les ressources en eau pour garantir l'équilibre des milieux naturels et satisfaire les besoins**	2.1 : Maîtriser les prélèvements d'un point de vue quantitatif 2.2 : Mettre en place une gestion concertée de la ressource 2.3 : Favoriser la protection et la sécurisation des ressources en eau potable
Orientation fondamentale 3 : **Rétablir et préserver les fonctionnalités des milieux aquatiques et leur biodiversité**	3.1 : Rétablir la libre-circulation et préserver les populations d'espèces migratrices patrimoniales dans les cours d'eau 3.2 : Concilier usages et bon état des masses d'eau côtières 3.3 : Préserver les milieux humides, ripisylves/rivulaires et étangs
Orientation fondamentale 4 : **Réduire et maîtriser les pollutions**	4.1 : Réduire les pollutions diffuses et ponctuelles d'origine domestiques, industrielles et artisanales 4.2 : Concilier les pratiques agricoles et la reconquête de la qualité des eaux : réduire les pollutions d'origine agricole en priorisant sur les secteurs à enjeux 4.3 : Maximiser la gestion des eaux pluviales urbaines à la source et résorber les points noirs de pollutions
Orientation fondamentale 5 : **Adopter la gouvernance, les financements et la communication en vue de l'atteinte des objectifs de bon état**	5.1 : Renforcer la gouvernance pour une gestion intégrée de l'eau et des milieux aquatiques 5.2 : Garantir et coordonner les financements en adéquation avec les objectifs du SDAGE 5.3 : Faire de l'eau une priorité pour tous : décideurs, techniciens, usagers de l'eau et citoyens

6.4.1.3 Justification de la compatibilité du projet avec le SDAGE

Les principes d'actions soulignés dans le tableau ci-dessus sont ceux concernés par le projet. Ils sont développés ci-après en orientations et dispositions en vérifiant leur compatibilité par rapport au projet :

Dispositions	Orientation
4.3 : Maximiser la gestion des eaux pluviales à la source et résorber les points noirs de pollutions	4.3.1 : Gérer les eaux pluviales urbaines à la source
Les eaux pluviales seront gérées sur le site	
3.3 : Préserver les milieux humides, ripisylves/rivulaires et étangs	3.3.1 Mieux connaitre les zones humides Vérifier l'absence de zones humides sur les périmètres des projets par les pétitionnaires Par ailleurs la disposition 1.1.3 insiste sur la nécessité de garantir la mise en place du principe éviter/réduire/compenser sur les zones humides et leur bassin d'alimentation y compris pour les zones humides sans statut de protection. Pour rappel dès lors que la mise en œuvre d'un projet conduit, sans alternative avérée à la disparition de zones humides, le SDAGE préconise une compensation entre 100 et 200% de la surface perdue. Le ratio sera modulé sur la base d'un argumentaire formulé par le pétitionnaire au regard du bilan fonctionnel effectué sur les mesures relatives à la compensation minimale

	3.3.4 : Entretenir et restaurer les cours d'eau à enjeux. Assurer la gestion des cours d'eau à enjeux en vue de préserver ou restaurer leur état écologique mais également en vue de garantir l'équilibre entre le développement du territoire et la protection de la ressource.
Les habitats répertoriés ne sont pas caractéristiques des zones humides. Le lit mineur d'une ravine ne constitue pas une zone humide même s'il est n'est pas en eau de façon permanente. Le projet prévoit d'élargir la ravine en créant des risbermes qui sont favorables à une végétation de zone humide. Un important programme de plantation des ripisylve accompagne le recalibrage de la ravine La Plaine.	
3.3 : Préserver les milieux humides, ripisylves/rivulaires et étangs	3.3.3 : Lutter contre les EEE des écosystèmes aquatiques
Les déblais issus du cours d'eau sont évacués en ISDI.	
4.3 : Maximiser la gestion des eaux pluviales à la source et résorber les points noirs de pollutions	4.3.1 : Gérer les eaux pluviales urbaines à la source. Maximiser l'infiltration, le traitement et la gestion des eaux pluviales à la source et adopter des aménagements du territoire (dont les aménagements urbains) cohérents avec le ralentissement des écoulements et la gestion des eaux pluviales à la source.
Le projet prévoit conformément au SDEP de maximiser l'infiltration. Les pollutions chroniques sont traitées d'une part par phytoremédiation, puis par des pièges à hydrocarbures.	

6.4.2 Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SAGE) Ouest

Le SAGE Ouest révisé a été approuvé par arrêté préfectoral n°2015-1367 du 29 juillet 2015. Ses dispositions s'articulent autour des 4 enjeux identifiés dans le cadre du diagnostic : 3 enjeux thématiques et 1 enjeu transversal :

- Enjeu 1 : Préserver et restaurer la qualité des milieux aquatiques, atouts socio-économiques du territoire et garants de l'équilibre fonctionnel du bassin versant ;
- Enjeu 2 : Améliorer la gestion du ruissellement pluvial et du risque inondation par l'aménagement du territoire ;
- Enjeu 3 : Garantir une gestion durable de la ressource en eau ;
- Enjeu 4 (transversal) : Clarifier – adapter la gouvernance aux caractéristiques du territoire et asseoir le rôle de la CLEO.

Ces enjeux ont fait émerger les stratégies thématiques suivantes :

- Viser la préservation des fonctionnalités du milieu à travers une coordination de l'action des gestionnaires des milieux naturels, une préservation des zones humides via les documents d'urbanisme, la lutte contre les Espèces Exotiques Envahissantes par diffusion de la liste verte du Conservatoire Botanique, la prise en compte de la continuité biologique dès la phase conception des projets d'aménagement et l'encadrement de l'entretient des ravines par les associations ;
- Insister sur la préservation des ressources pour les usages et les milieux par des actions de gestion des pollutions sur les secteurs stratégiques pour la gestion de l'eau, la préservation des bassins versants associés aux réserves, et la reconquête de la qualité de l'eau sur les secteurs de Dos d'Âne et de l'aquifère Port-Possession. Cibler notamment la poursuite du rattrapage structurel en matière d'assainissement (collectif, non collectif, pluvial et industriel) ;
- Appuyer sur le fait que ce SAGE est à une période charnière dans l'aménagement du territoire puisque « la gomme à béton n'existe pas ». En ce sens, il s'appuiera sur les outils stratégiques que constituent les Schémas Directeurs des Eaux Pluviales pour réajuster les dysfonctionnements actuels mais surtout anticiper sur les aménagements futurs, en intégrant des approches bassin-versants qui peuvent être intercommunales (Port-Possession) et des préconisations fortes relatives au ralentissement des ruissellements et au respect des

écoulements. Les approches intégratrices, prenant en compte les politiques de reboisement et la mise en place d'espaces tampons, ainsi que les démarches exemplaires constitueront des points d'ancrage de cette stratégie ;

- Miser sur la sécurité et l'autonomie des communes vis-à-vis de la ressource en eau par l'amélioration des rendements et la diversification des ressources impliquant la valorisation des ressources existantes telles que ILO (à travers une répartition optimisée et des stratégies financières gagnant-gagnant), la recherche de nouvelles ressources à vocation de sécurisation, le renforcement des solidarités communales et intercommunales et le choix des modalités d'exploitation plus favorables à l'équilibre des milieux ;

- Replacer les Hauts et Mafate au cœur des préoccupations du territoire pour mettre à disposition de l'eau brute dans le cadre d'une politique globale et cohérence entre les communes.

6.4.2.1 Règlement du SAGE Ouest

Le règlement du SAGE Ouest s'articule autour de 7 articles :

- **ARTICLE 1 : INCIDENCES DES REJETS D'EAUX PLUVIALES**

Dispositions	Dispositions du PAGD visés
Dispositions relatives au principe d'infiltration préférentielle des eaux de ruissellement pluvial de tout projet imperméabilisant les sols, en vue de la préservation du bon état des masses d'eau (hydrologie et qualité)	1.1.3-b Garantir la préservation de la réserve de l'Etang de Saint-Paul, notamment via la mise en œuvre de son plan de gestion 1.1.3-c Garantir la préservation de la Réserve Nationale Marine de la Réunion notamment via la mise en œuvre du plan de gestion de la Réserve ; et garantir la préservation des zones de baignade 1.2.7-a Mettre en place le suivi qualitatif des principaux points de rejets d'eaux pluviales et limiter les pollutions de ces rejets 1.2.9-a Réfléchir aux modalités de détermination et de mise en œuvre de "flux maximum admissible" par masse d'eau au regard des connaissances sur les substances chimiques 2.2.1-d Evaluer les incidences hydrauliques en phase conception de tout projet de nouvelle infrastructure routière ou de revêtement de voie de circulation afin d'accompagner le ruissellement.

Le SAGE indique que la canalisation des eaux et les rejets directs aux milieux génèrent des volumes d'eau douce localisés ayant des impacts significatifs sur le lagon et la qualité des récifs. Outre les polluants présents dans les eaux pluviales (hydrocarbures, métaux lourds, ...), les évènements pluviaux engendrent un apport terrigène vers les eaux côtières qui se traduit par le développement de panaches turbides à l'embouchure des ravines et aux exutoires de réseaux d'eaux pluviales. En outre, les pollutions diffuses d'origine urbaine comme agricole sont également drainées par les bassins versants.

Le SAGE identifie les masses d'eau les plus sensibles à ces problématiques dont fait partie la masse d'eau littorale FRLC107 ainsi que le plan d'eau de « l'Etang de Saint-Paul ».

Le porteur de projet doit limiter les effets d'imperméabilisation des sols et privilégier le recours à l'infiltration. Le cas échéant, il s'attache à justifier l'impossibilité d'infiltrer. Dans tous les cas, il s'assure alors du dimensionnement des dispositifs de collecte et de régulation des eaux pluviales permettant la non dégradation de la situation initiale sur les plans quantitatifs et qualitatifs dans le cadre de la procédure administrative de déclaration et d'autorisation relevant de la rubrique 2.1.5.0 de la nomenclature « EAU ».

L**es documents d'incidences veillent à prendre en compte l'ensemble des effets cumulatifs liés aux autres projets.** La superficie à prendre en compte pour la détermination du seuil fixé par cette rubrique est celle correspondant à l'aire de ruissellement dont les eaux sont collectées et canalisées par les ouvrages

Les schémas directeurs de gestion des eaux pluviales réalisés par les communes déterminent les effets cumulatifs des nouvelles zones d'urbanisation et à urbaniser vis-à-vis de leur PLU.

Ainsi, tout projet soumis à déclaration ou autorisation au titre de l'imperméabilisation ne mettant pas en œuvre cette solution d'infiltration devra le justifier dans le cadre de l'étude d'incidence ou le cas échéant l'étude d'impact. Cette justification s'appuiera notamment sur des études de sol dédiées ou en s'appuyant, le cas échéant, sur les zonages assainissement pluviaux.

Application de la mesure de compensation

L'infiltration au plus proche du lieu d'émission (noues, fossé d'infiltration) constitue le principe de gestion des rejets des eaux pluviales à privilégier pour tout projet.

En cas d'impossibilité d'infiltration avérée, si les rejets pluviaux se font directement dans des ravines ou cours d'eau ayant pour exutoire des masses d'eau identifiées comme sensibles aux pollutions et apports d'eau douce chargées du fait d'enjeux de baignade ou de critères écologiques, les principes de réduction et de compensation suivants sont appliqués.

→ Le projet est concerné par cet article 1 car les masses d'eau exutoires du bassin versant en projet sont des masses d'eau dite sensibles. L'infiltration doit être privilégiée, sauf justification d'une autre alternative.

Le projet maximise l'infiltration et prévoit un traitement des eaux par phytoremédiation ainsi que de séparateurs à hydrocarbures munis d'obturateur automatique.

- **ARTICLE 2 : INCIDENCES DES REJETS D'ASSAINISSEMENT ET D'EFFLUENTS INDUSTRIELS**

Dispositions	Dispositions du PAGD visés
Dispositions relatives aux mesures correctrices et/ou compensatoires portant dimensionnement des rejets d'assainissement et d'effluent industriel	1.2.1-a : Poursuivre le rattrapage en termes d'assainissement 1.2.2-a : Maximiser la part d'assainissement collectif et contrôler l'assainissement autonome résiduel dans les zones d'assainissement non collectif prioritaires 1.2.3-b : Contrôler les rejets industriels directs et s'assurer de leur conformité avec les normes de qualité environnementale, et mettre en place les ouvrages de dépollution nécessaires

→ Sans objet.

- **ARTICLE 3 : INCIDENCES DES AMENAGEMENTS SUR LES ZONES HUMIDES**

Dispositions	Dispositions du PAGD visés
Dispositions relatives aux mesures correctrices et/ou compensatoires des projets ayant une zone humide	1.1.3-a : Prendre en compte les zones humides dans les documents d'urbanisme 1.1.3-b : Garantir la préservation de la réserve de l'Etang de Saint-Paul, notamment via la mise en œuvre de son plan de gestion 1.1.3-c : Garantir la préservation de la Réserve Nationale Marine de la Réunion notamment via la mise en œuvre du plan de gestion de la Réserve ; et garantir la préservation des zones de baignade

→ Les enjeux sont à prendre en compte, notamment lors des opérations de recalibrage de la Ravine la Plaine, cours d'eau classé RAMSAR de l'étang jusqu'à son franchissement de la RN1. Les habitats répertoriés ne sont pas caractéristiques des zones humides. Le lit mineur d'une ravine ne constitue pas une zone humide même s'il est n'est pas en eau de façon permanente.

Le projet prévoit d'élargir la ravine en créant des risbermes qui sont favorables à une végétation de zone humide. Un important programme de plantation des ripisylve accompagne le recalibrage de la ravine La Plaine.

- **ARTICLE 4 : INCIDENCES DES AMENAGEMENTS EN RIVIERES**

Dispositions	Dispositions du PAGD visés
Dispositions relatives aux mesures correctrices et/ou compensatoires des projets ayant une incidence pour les cours d'eau	1.1.4-a : Rétablir la continuité écologique sur les ouvrages prioritaires de la Rivière des Galets et de la Ravine Saint-Gilles et mettre en place un suivi piscicole pour évaluer la reconquête de la continuité écologique.

→ Si l'effacement du radier sur la Ravine la Plaine ne relève pas de la liste des ouvrages prioritaires identifiés au SAGE, le rétablissement écologique des échanges entre un étang classé RNN et ses milieux connexes constitue une amélioration significative pour le fonctionnement hydraulique et d'échanges de biodiversité.

- **ARTICLE 5 : INCIDENCES SUR LES PRELEVEMENTS**

Dispositions	Dispositions du PAGD visés
Dispositions relatives aux nouveaux prélèvements	3.1.3-c : relative aux nouveaux prélèvements

→ Sans objet. Le projet ne prévoit l'installation d'aucune activité susceptible d'impacter la ressource.

- **ARTICLE 6 : INCIDENCES SUR DES AMENAGEMENTS SUR LES ZONES D'EXPANSION EN CRUE**

Dispositions	Dispositions du PAGD visés
Dispositions relatives aux aménagements en zone d'expansion des crues Tout aménagement envisagé dans une zone d'expansion des crues ne devra pas faire obstacle à l'écoulement des eaux	2.1.4-a : Vérifier la bonne compatibilité entre les servitudes délimitées par les PPR en vigueur et les documents d'urbanisme 2.1.4-b : Garantir la préservation, le réaménagement et la restauration des champs d'expansion des crues 2.1.4-c : Faire une étude de ralentissement dynamique pour identifier et optimiser le fonctionnement des zones d'expansion des crues et préserver la biodiversité associée à ces zones.

→ La ravine la Plaine est recalibrée de telle sorte à limiter les impacts des inondations.

- **ARTICLE 7 : INCIDENCES DES ACTIVITES ET AUTRES INSTALLATIONS SUR LES RESSOURCES STRATEGIQUES.**

Dispositions	Dispositions du PAGD visés
Dispositions relatives à l'installation des activités et autres installations des ressources stratégies. Toute nouvelle activité ou autre installation au droit d'une ressource stratégique ne doit pas compromettre sa qualité pour les générations futures	Toutes les dispositions relatives à l'objectif 1.2 : gérer les pollutions selon les priorités des secteurs – ici les ressources stratégiques pour l'alimentation en eau potable. L'aquifère littoral de Saint Paul (équivalent à la masse d'eau souterraine FRLG112 du projet de SDAGE 2016-2021) et l'aquifère littoral de Saint-Leu – les Avirons (équivalent aux masses d'eau souterraines FRLG110 et FRLG109 du projet de SDAGE 2016-2021) sont qualifiés de ressources stratégiques.

→ Sans objet. Le projet ne prévoit l'installation d'aucune activité susceptible d'impacter la ressource.

6.4.3 SDEP

Le projet est concerné par la contrainte forte au SDEP de Saint Paul. Le débit de rejet autorisés est inférieur ou égal à 80% du débit de l'état initial.

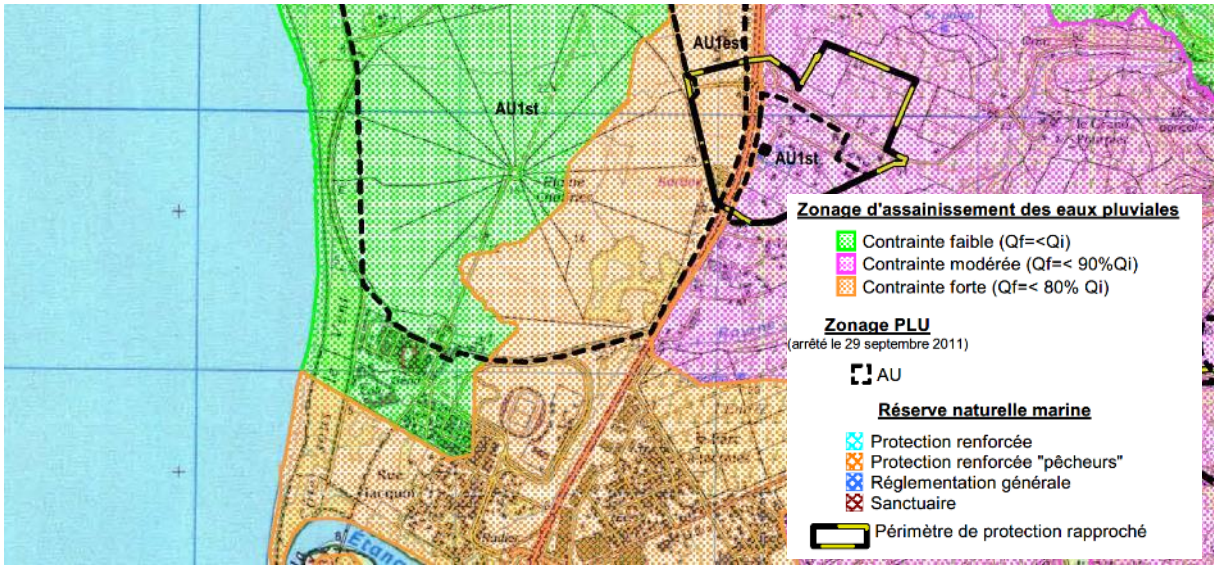


Figure 131 Extrait du zonage des Eaux Pluviales du SDEP de Saint Paul

→ Le projet respecte les prescriptions de rejet des eaux de pluies. L'infiltration est maximisée.

6.4.4 Plan de Prévention des Risques Naturels

Le PPR naturels prévisibles de Saint-Paul a été approuvé par arrêté préfectoral 2160/SG/DRCTCV du 26 octobre 2016.

On distingue les zones réglementaires suivantes dans le périmètre d'étude :

- Les zones rouges inconstructibles :
  - R1 : zone concernée par un aléa inondation fort combiné à un aléa mouvement de terrain quel que soit son intensité ou par un aléa mouvement de terrain élevé à très élevé combiné à un aléa inondation quel que soit son intensité ;
- Les zones bleues constructibles sous conditions :
  - B2 : zone concernée par un aléa inondation moyen et un aléa mouvement de terrain modéré, faible ou nul ;
  - B3 : zone concernée par un aléa inondation faible et un aléa mouvement de terrain modéré, faible ou nul.

La transcription entre les différents types de phénomènes, le niveau d'intensité des aléas et le zonage réglementaire est détaillée dans le tableau ci-dessous.

Tableau 37 – Transcription entre les différents types de phénomènes, le niveau d'intensité des aléas et le zonage réglementaire

<table>
<tr><td colspan="3" rowspan="3">Transcription réglementaire
aléa/enjeux</td><td colspan="5">MOUVEMENTS DE TERRAIN</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Très élevé

élevé</td><td colspan="3">Moyen</td><td rowspan="2">Faible à
modéré</td><td rowspan="2">Nul</td></tr>
<tr><td>Autres
secteurs</td><td colspan="2">Secteurs à
enjeux jugés
sécurisables</td></tr>
<tr><td rowspan="5">INONDATION</td><td rowspan="2">fort</td><td>Autres secteurs</td><td>R1</td><td>R1</td><td>Rg</td><td>R1</td><td>R1</td><td>R1</td></tr>
<tr><td>Centre urbain</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td colspan="2">R1B1</td></tr>
<tr><td colspan="2">moyen</td><td>R1</td><td colspan="2">R2</td><td>B2u</td><td>B2</td><td>Bg</td><td>B2</td></tr>
<tr><td colspan="2">faible</td><td>R1</td><td colspan="2">R2</td><td>B2u</td><td colspan="2">B3</td><td>B3</td></tr>
<tr><td colspan="2">nul</td><td>R1</td><td colspan="2">R2</td><td>B2u</td><td></td><td></td></tr>
</table>

6.4.4.1 Dispositions applicables à toutes les zones

Sont interdits :

De façon générale, les travaux conduisant à augmenter le nombre de logements ou de personnes exposées aux risques. En particulier, sont interdits :

- les déboisements et défrichements des pentes d'encaissement de ravines et versants supérieures ou égales à 30 grades, à l'exception de ceux réalisés en accord des services compétents et concernant notamment la lutte contre les pestes végétales et les remises en terre agricole de friches. Tout déboisement ou défrichement sera interdit en période cyclonique.

Prescriptions relatives aux règles de construction :

- Prescriptions relatives aux eaux usées, pluviales ou de drainage :

Les eaux récupérées par le drainage, les eaux pluviales éventuellement collectées ainsi que les eaux usées seront évacuées dans les réseaux existants ou vers un émissaire naturel capable de recevoir un débit supplémentaire sans aggraver les risques ou en provoquer de nouveaux (augmentation de l'érosion dans les exutoires naturels, saturation du réseau, inondation, glissement ou effondrement de terrains). Les ouvrages de collecte, de traitement et de rejet devront être entretenus et surveillés par leur propriétaire, et ce régulièrement et notamment après chaque forte précipitation.

- Prescriptions relatives aux aménagements extérieurs :

Des soutènements, dispositifs anti-érosion ou toute autre disposition assurant la stabilité doivent être envisagés pour tout talus de déblai de hauteur supérieure à 2 m. Les ouvrages de soutènement qui seraient nécessaires doivent être calculés suivant les règles de l'art.

Lors de la création de talus de pente supérieure à 33°, des mesures de protection des personnes et des biens doivent être recherchées par le maître d'ouvrage :

- mesures actives telles que l'équipement des talus avec des grillages, boulonnages, etc. ;
- mesures passives telles que des murs et clôtures renforcés.

Dans tous les cas, les terrassements ou talutages seront réalisés avec des soutènements dimensionnés et adaptés au contexte géotechnique et géologique et seront drainés.

6.4.4.2 Dispositions applicables en zone rouge R1

Le périmètre du projet est concerné par le zonage R1 depuis la ravine la Plaine, zonage qui s'élargit par le Sud jusqu'à l'étang de Saint-Paul. Le périmètre est également concerné localement par le zonage R1 au droit de l'échangeur de Cambaie.

Côte de référence : c'est le niveau atteint par une crue centennale en zone inondable.

A défaut d'être connue, la côte de référence se situe à 1 m ou 0,5 m au-dessus du terrain naturel en zone R1 pour les secteurs situés respectivement en aléa inondation moyen ou faible.

Sont interdits tous travaux et aménagements, constructions et ouvrages, installations et activités, de quelque nature qu'ils soient sauf ceux expressément autorisés.

Sont autorisés :

- Travaux et aménagements :

Dans l'ensemble des zones R1

- **les travaux, ouvrages et aménagements destinés à réduire les conséquences des différents risques recensés** (travaux de protections de berges, murs de soutènements, etc.) afin notamment de protéger des zones déjà construites ou aménagées, sous réserve de mener une étude technique préalable qui précisera les conditions dans lesquelles le projet sera rendu compatible avec l'aléa considéré et ce sans préjudice du droit des tiers ;
- les aménagements liés à la desserte collective de parcelles, à condition de démontrer la non-aggravation des risques naturels, sous réserve de mener une étude technique préalable qui précisera les conditions dans lesquelles le projet sera rendu compatible avec l'aléa considéré et ce sans préjudice du droit des tiers.

En plus, dans les zones R1 concernées par un aléa inondation fort et un aléa moyen, faible à modéré ou nul mouvements de terrains, sont autorisés les déblais qui constituent une mesure compensatoire ou améliorent l'écoulement ou le stockage des eaux (bassin d'orage, bassin d'infiltration par exemple) sous réserve de mener une étude technique préalable qui précisera les conditions dans lesquelles le projet sera rendu compatible avec l'aléa considéré et ce sans préjudice du droit des tiers.

- Activités de loisirs :
  - les espaces verts, sous réserve que toutes les dispositions techniques relatives à la nature du ou des risques soient prises en compte dès la conception ;
- Equipements et infrastructures publiques :
  - **les travaux d'infrastructures**, réseaux techniques (eau, assainissement, électricité, télécommunication, etc.), locaux techniques et installations nécessaires au fonctionnement des services publics ou des services destinés au public, notamment les travaux de desserte routière ou piétonne, l'implantation de mobilier urbain à condition d'être ancré dans le sol, les travaux de création de transport en commun en site propre, sous réserve que le maître d'ouvrage prenne les dispositions appropriées aux risques et en avertisse le public par une signalisation efficace.

6.4.4.3 Dispositions applicables en zone bleue

Côte de référence : c'est le niveau atteint par une crue centennale en zone inondable

- Zone B2 : la côte de référence de la zone B2, à défaut d'être connue, est fixée à 1 m au-dessus du terrain naturel ;

- Zone B3 : la côte de référence de la zone B3, à défaut d'être connue, est fixée à 0,5 m au-dessus du terrain naturel.

Dans l'ensemble des zones Bleues sont autorisées :

- les travaux d'infrastructures, réseaux techniques (eau, assainissement, électricité, télécommunication…) locaux techniques et installations nécessaires au fonctionnement des services publics ou des services destinés au public, notamment les travaux de desserte routière ou piétonne, l'implantation de mobilier urbain à condition d'être ancré dans le sol, les travaux de création de transport en commun en site propre, sous réserve que le maître d'ouvrage prenne les dispositions appropriées aux risques et en avertisse le public par une signalisation efficace.

6.4.4.4 Compatibilité du projet avec le PPRn

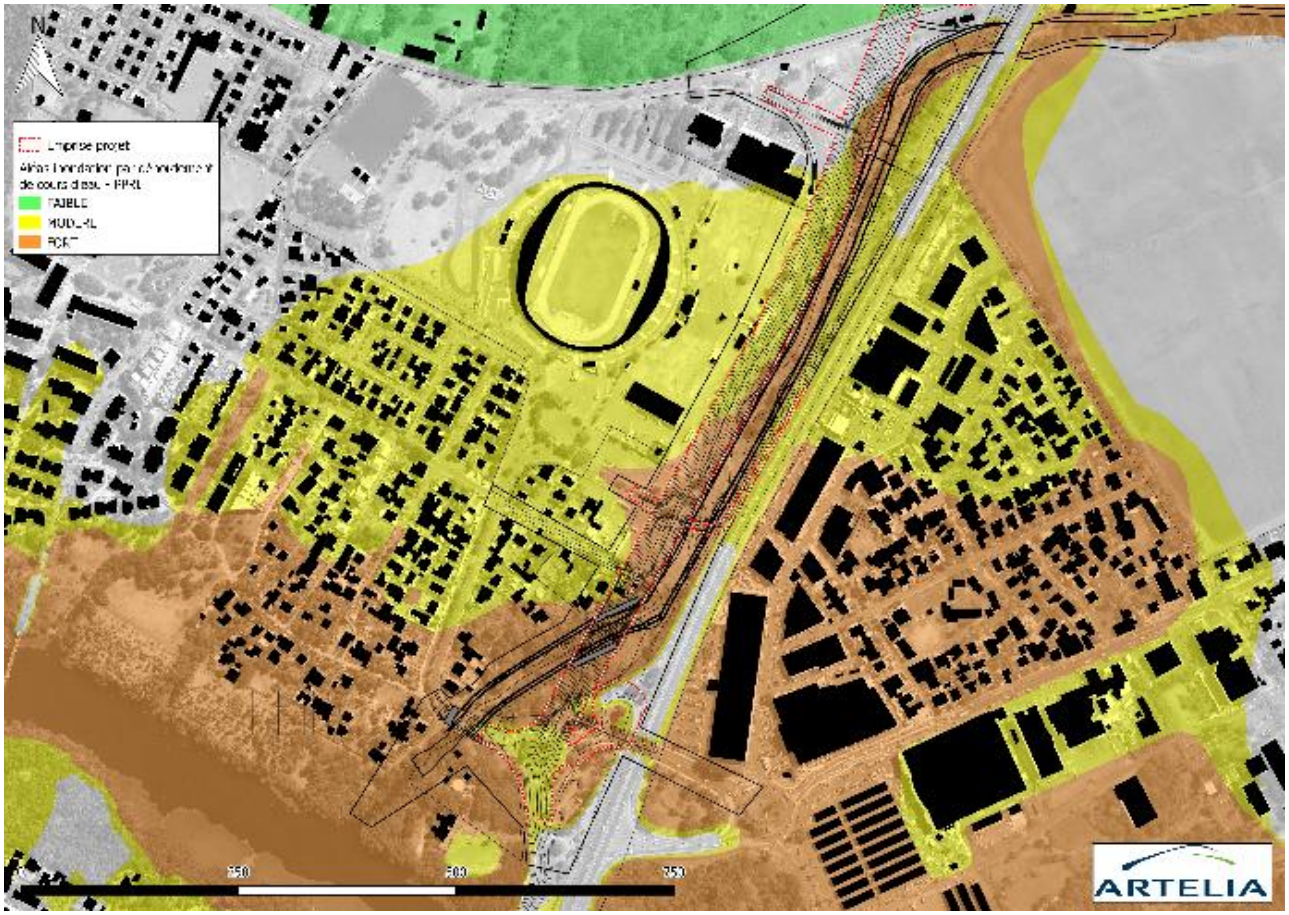
Le projet d'axe mixte croise les zones potentiellement inondables par les débordements de deux cours d'eau : la Ravine Piton Défaud (secteur Cambaie Oméga) et la Ravine La Plaine (secteur Savanna). Le risque inondation a été pris en compte et intégré dans la conception du projet.

Les cartes suivantes présentent les aléas inondations par débordement de cours d'eau modélisés en reprenant le tableau de définition retenu par la DEAL de La Réunion pour croiser les hauteurs d'eau maximales et les vitesses maximales.

		vitesses (m/s)		
		v < 0,5	0,5 < v < 1	1 < v
hauteur (m)	0,2 < h < 0,5	faible	moyen	fort
	0,5 < h < 1	moyen	moyen	fort
	1 < h	fort	fort	fort

Ces cartographies présentent les configurations actuelles et aménagées du territoire.

Les aléas définis dans le cadre du PPRI de la commune de Saint-Paul sont rappelés ci-dessous.

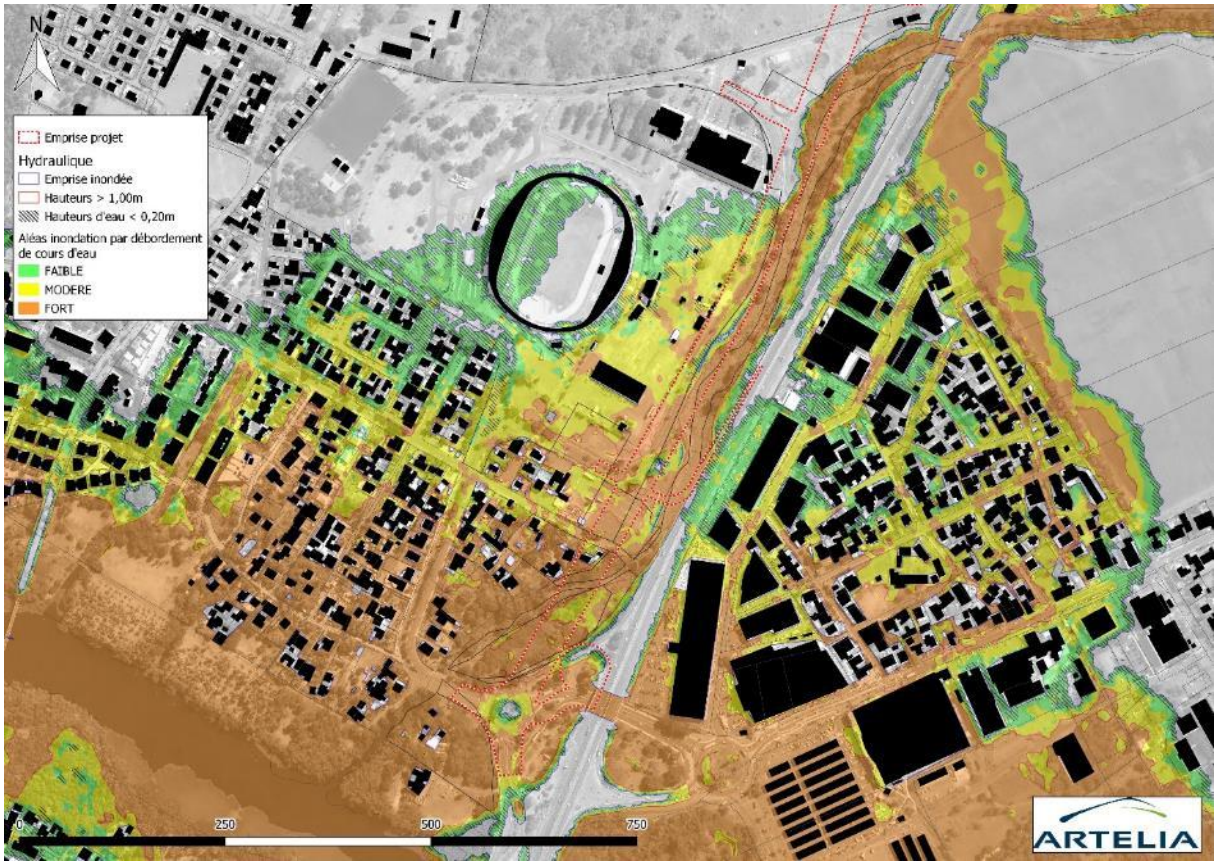


Aléas du PPRI de la commune de Saint-Paul

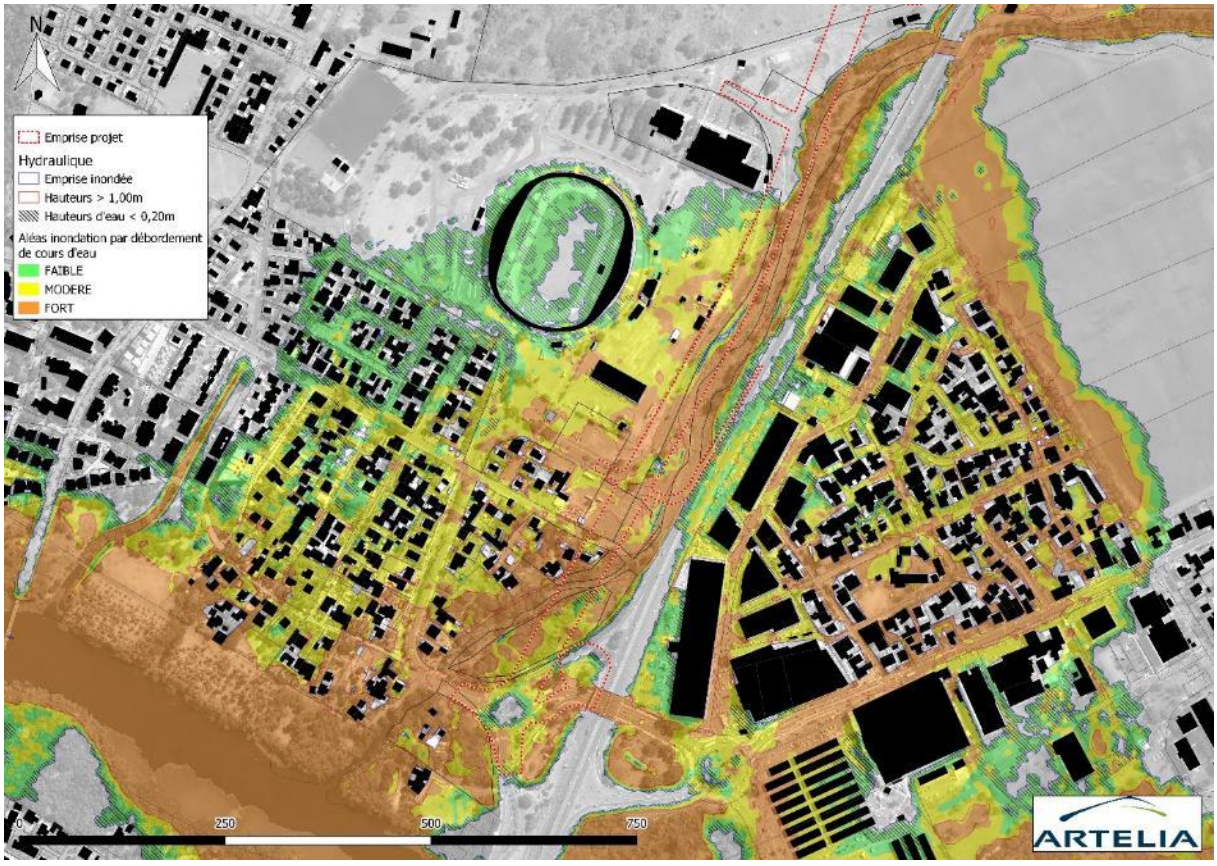
L'analyse de ces cartographies montre que les aménagements du projet se traduisent, soit par des aléas identiques à ceux observés pour la situation actuelle, soit par des aléas réduits, à l'exception de la zone du rond-point actuel (rehaussé) qui devient une zone plus basse dans le projet.

Les secteurs où est identifiée, soit une augmentation de la hauteur d'eau, soit une augmentation des vitesses des écoulements, ne met pas à défaut les dispositions du PPR (maintien dans la même gamme d'intensité d'aléa). **Cette analyse permet de conclure à une absence d'aggravation des risques généré par le projet d'Axe Mixte au sens du PPR.**

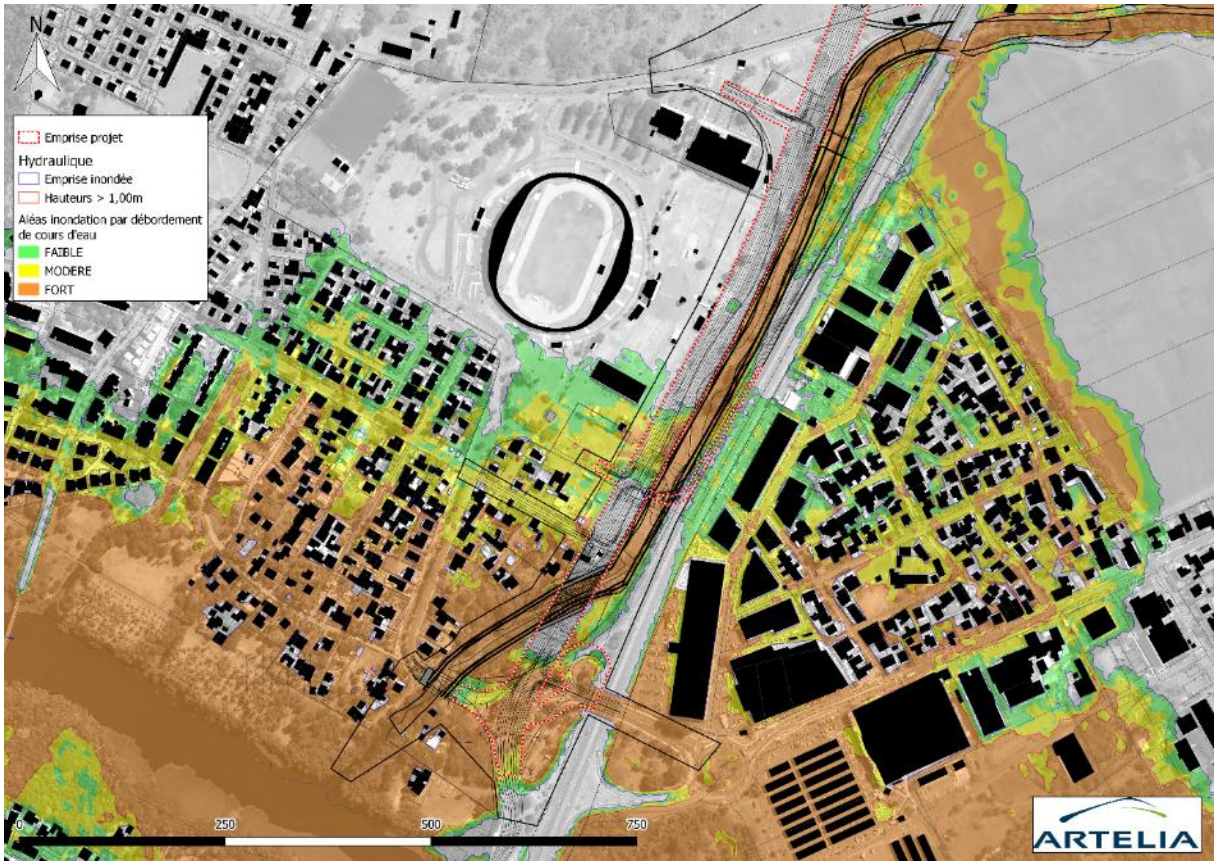
⇨ **Le projet respecte le principe de non-aggravation du risque pour les tiers, demandé par la Loi sur l'Eau.**



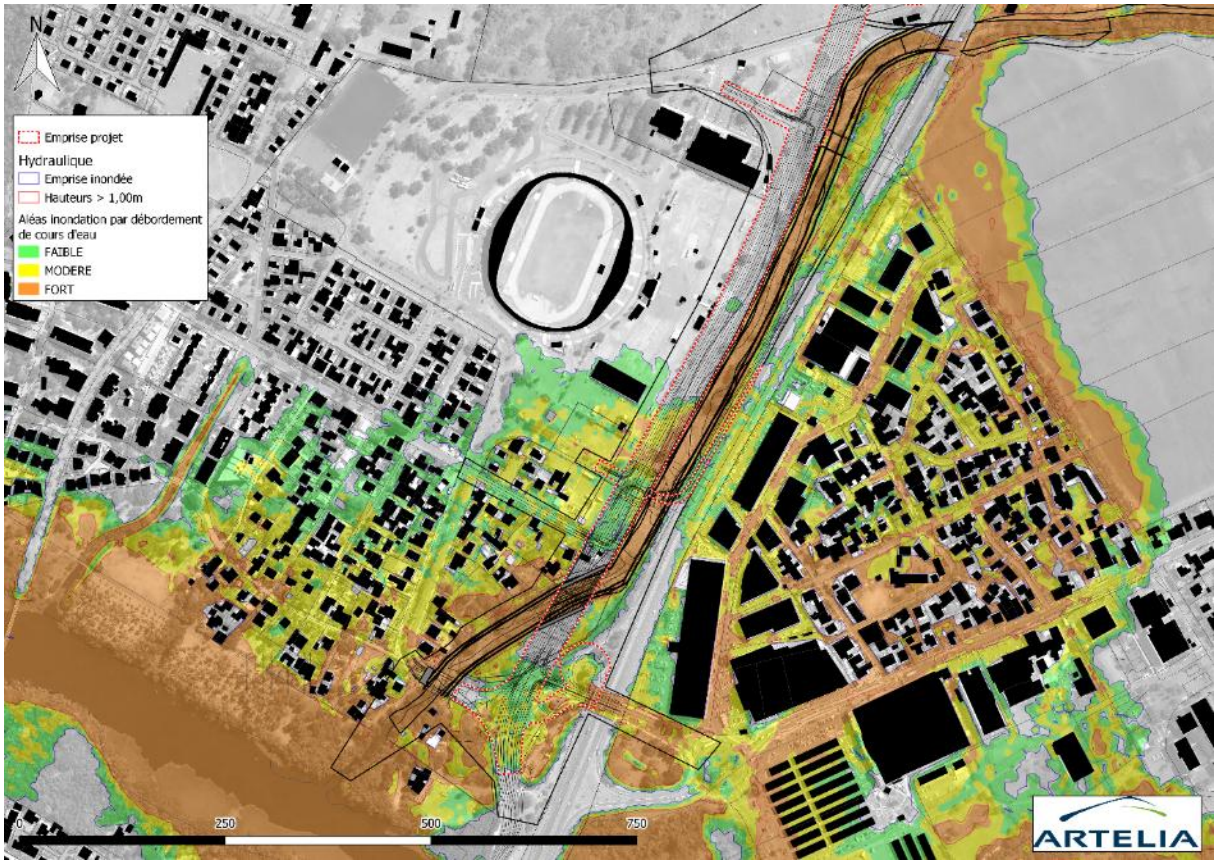
Aléas – Configuration de référence – Q100 Etang



Aléas – Configuration de référence – Q100 La Plaine



Aléas – Configuration AVP v2 – Q100 Etang



Aléas – Configuration AVP v2 – Q100 La Plaine

6.4.5 Plan de Prévention des Risques Littoraux

Le secteur est distant des risques (cf. carte suivante).

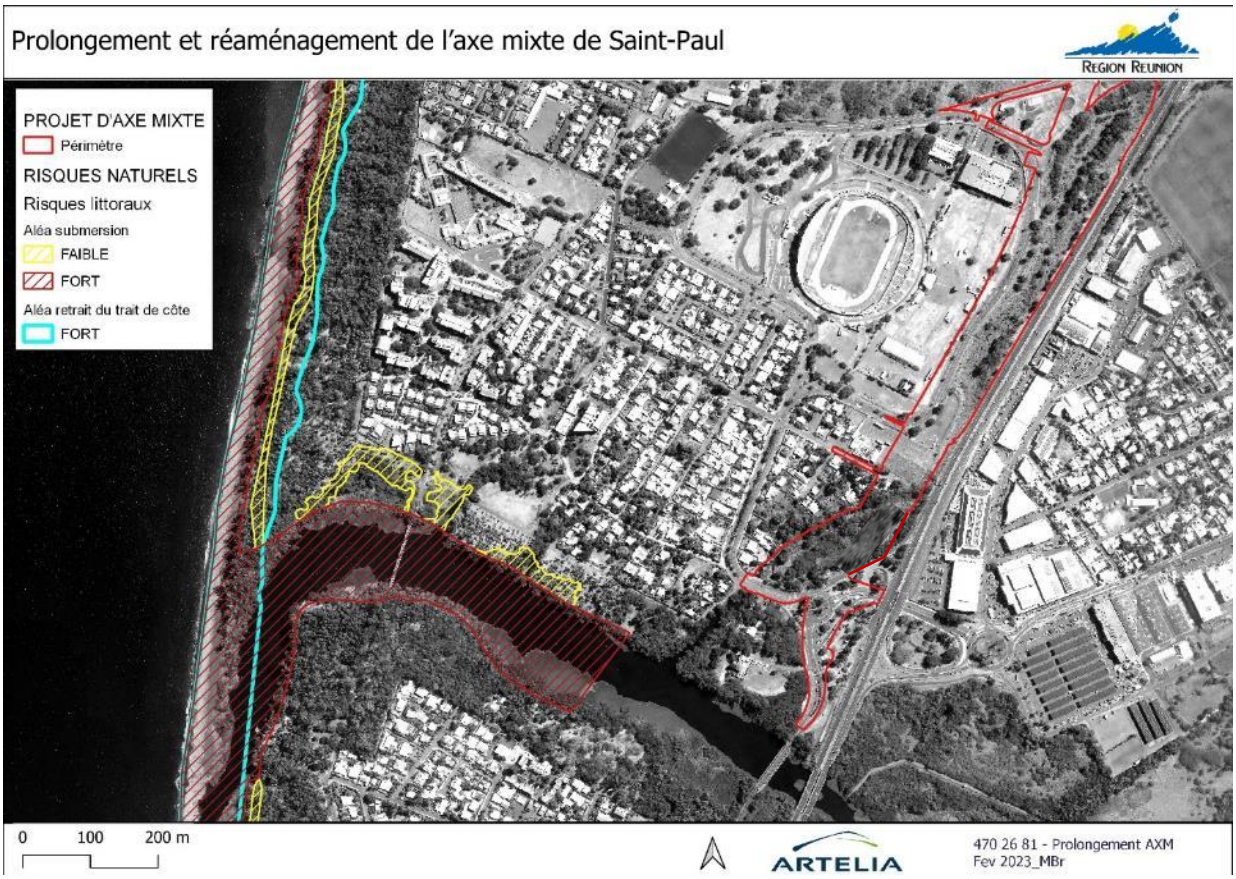


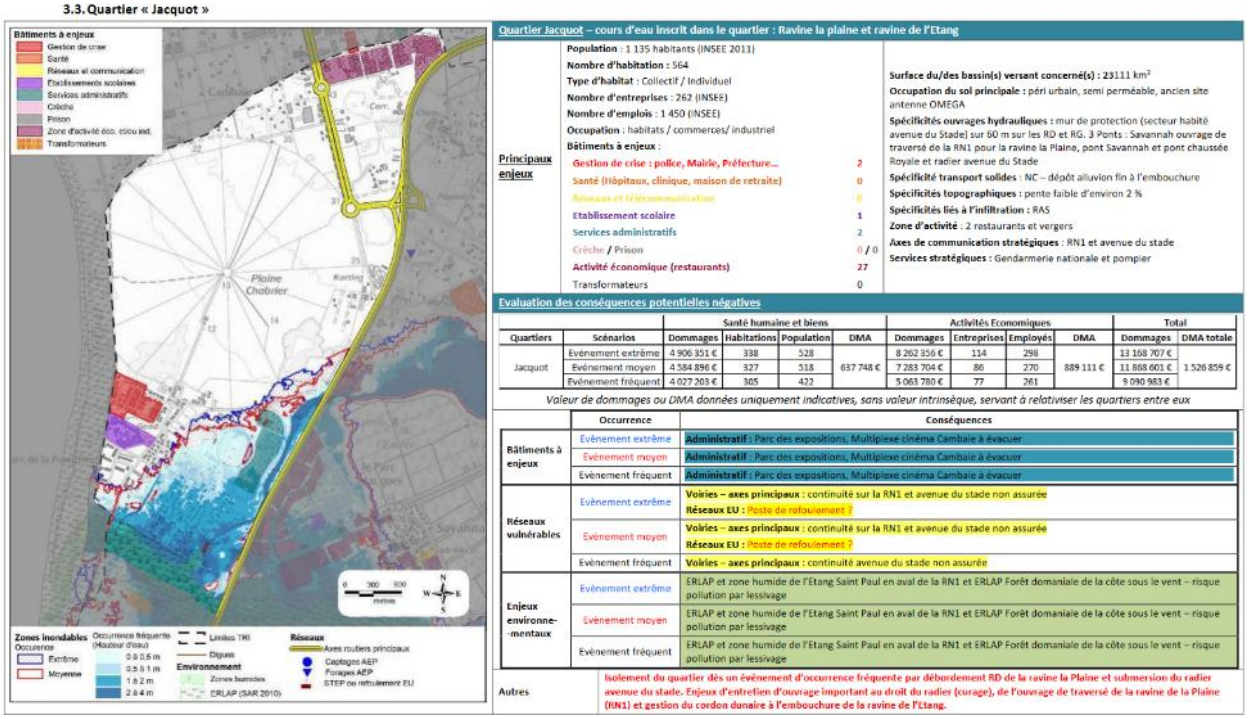
Figure 132 – Situation du périmètre du projet vis-à-vis des PPRN et PPRL de Saint-Paul

6.4.6 Territoires à risque important d'inondations de Saint Paul

Conformément au décret n°2011-227 du 2 mars 2011 qui transpose en droit français la directive européenne sur les inondations, les territoires à risque important d'inondations (TRI) doivent faire l'objet d'une cartographie de leurs zones inondables et de leurs risques.

L'analyse des fiches quartiers et de l'évaluation des dommages montrent que le quartier « Jacquot » fait partie des plus impactés en cas d'évènement d'occurrence fréquente et moyenne.

3.3. Quartier « Jacquot »



Dans sa fiche Action D6, Le plan décrit une protection du quartier Jacquot pour les crues moyennes en lien avec le projet Ecocité. Il s'agit de définir des solutions d'aménagements compatibles avec les enjeux identifiés sur les quartiers concernés pour les différentes crues.

Le projet prévoit un recalibrage de la ravine la Plaine. Les effets sont décrits ci-après :

- **<u>Pour les deux types de crues décennales étudiées</u>** (crue générale du bassin versant de l'Etang-Saint-Paul et crue du bassin versant de la ravine La Plaine), les évolutions du comportement hydraulique générées par le projet d'Axe Mixte retenu sont les suivantes :
    - Suppression des débordements observés sur la partie nord du quartier Jacquot (rive droite en amont et en aval du radier actuel) et forte diminution des hauteurs d'eau maximales sur la partie sud de ce quartier. Cette évolution constitue un gain très fort en termes de réduction de la vulnérabilité des enjeux : le gain concerne en effet des enjeux forts du territoire (zone d'habitat dense) et fréquemment inondé.

  Le projet apporte donc une très forte amélioration de la situation actuelle pour les habitants du Quartier Jacquot.

- **<u>Pour les deux types de crues trentennale étudiées</u>**, les évolutions du comportement hydraulique généré par le projet d'Axe Mixte retenu sont les suivantes :
    - Le projet permet de mettre hors d'eau les secteurs nord du Quartier Jacquot et de réduire les hauteurs d'eau maximales pour les secteurs sud de ce quartier. Cette évolution constitue un gain très fort en termes de réduction de la vulnérabilité des enjeux : le gain concerne en effet des enjeux forts du territoire (zone d'habitat dense) pour des crues « moyennes » (au sens du risque inondation).

  Le projet apporte donc une très forte amélioration de la situation actuelle pour les habitants du Quartier Jacquot. Le projet ne génère pas d'aggravation du risque pour les tiers et est conforme à la Loi sur l'Eau sur cette thématique.

- **<u>Pour les crues Q100 Etang/Ravine</u>**, le projet d'Axe Mixte génère, comme pour les crues plus faibles, une forte réduction de l'inondation de la zone. Une partie de ce quartier est même sorti de la zone inondée par les aménagements retenus.

6.5 FORAGE OMEGA

La zone d'étude est concernée par le Périmètre de Protection Rapproché (PPR) du forage Oméga. Le forage OMEGA est réglementé par arrêté préfectoral n°SG/DICV/3 du 27 juillet 1999 en vue de son alimentation en eau potable. Le forage Oméga présente une capacité de 3000m3/j.

La distribution d'eau potable depuis le forage Omega a été arrêtée à cause d'une contamination en atrazine déséthyl en 2008. Un rapport d'inspection sanitaire du 29 mars 2018 met en évidence des écarts majeurs à la réglementation et conclut à l'obligation de l'arrêt d'exploitation. L'arrêté préfectoral du 14 juin 2019 arrête la nécessité pour la commune en cas de volonté de remise en exploitation :

- Des actions préventives (notamment sur le sujet des phytosanitaires) ;
- La révision des périmètres de protection autour du forage via une HGE ;
- Mise en place d'un process d'élimination de l'atrazine.

Le projet est situé en Périmètre de Protection Rapproché du forage Oméga.

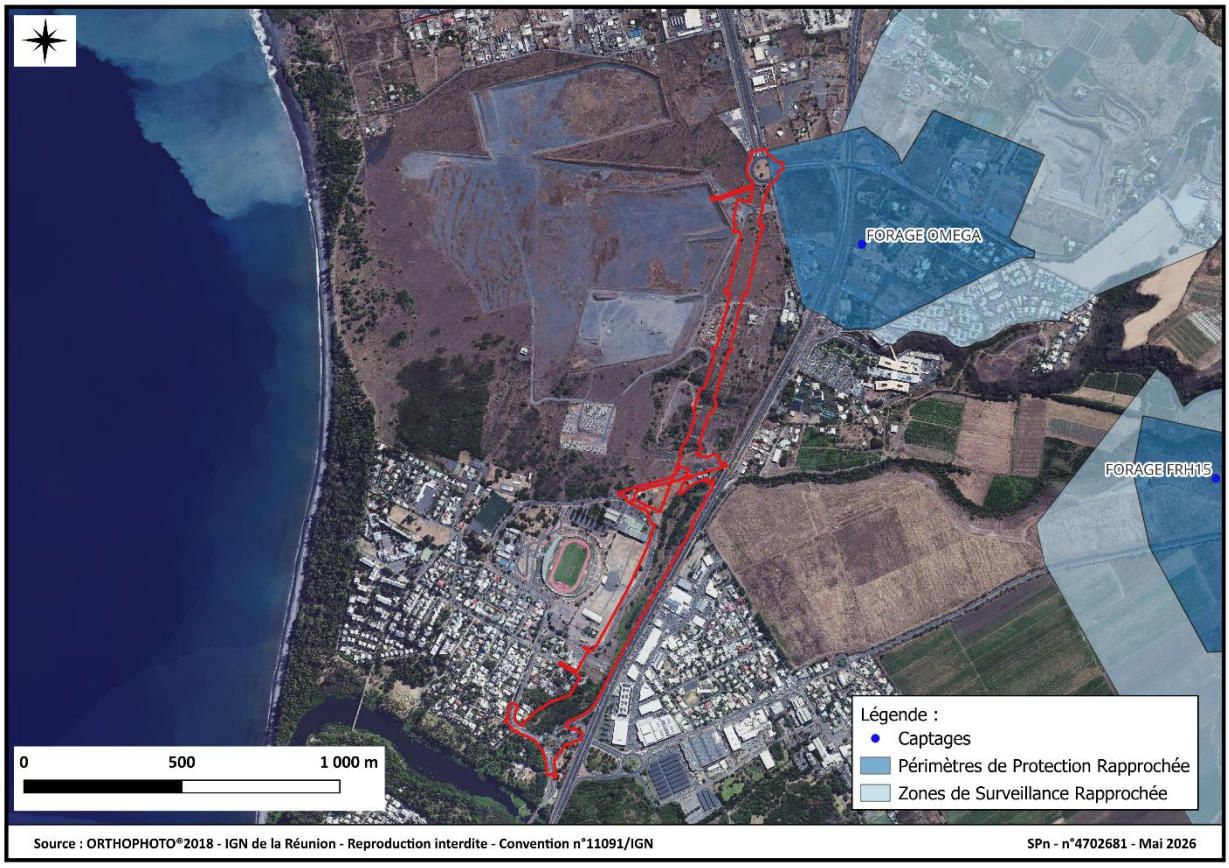


Figure 133 Périmètre d'étude et périmètres de protection de la ressource en eau

Le règlement impose en Périmètre de Protection Rapproché que les ouvrages de transport d'eaux usées d'origine collective domestique ou industrielles soient en fonte ; et que des fossés étanches et des barrières anti déversement équipent la RN1.

Le projet est compatible avec le règlement de l'arrêté Oméga.

6.6 RESERVE NATURELLE DE L'ETANG SAINT PAUL

Le projet est distant de 33 m au plus proche de la réserve Naturelle de Saint Paul. Les travaux les plus impactant sur le milieu naturel sont projetés à 80 m du périmètre de la Réserve. Ils concernent la suppression du radier routier sur la ravine la Plaine et la mise en place d'une passerelle piétonne.

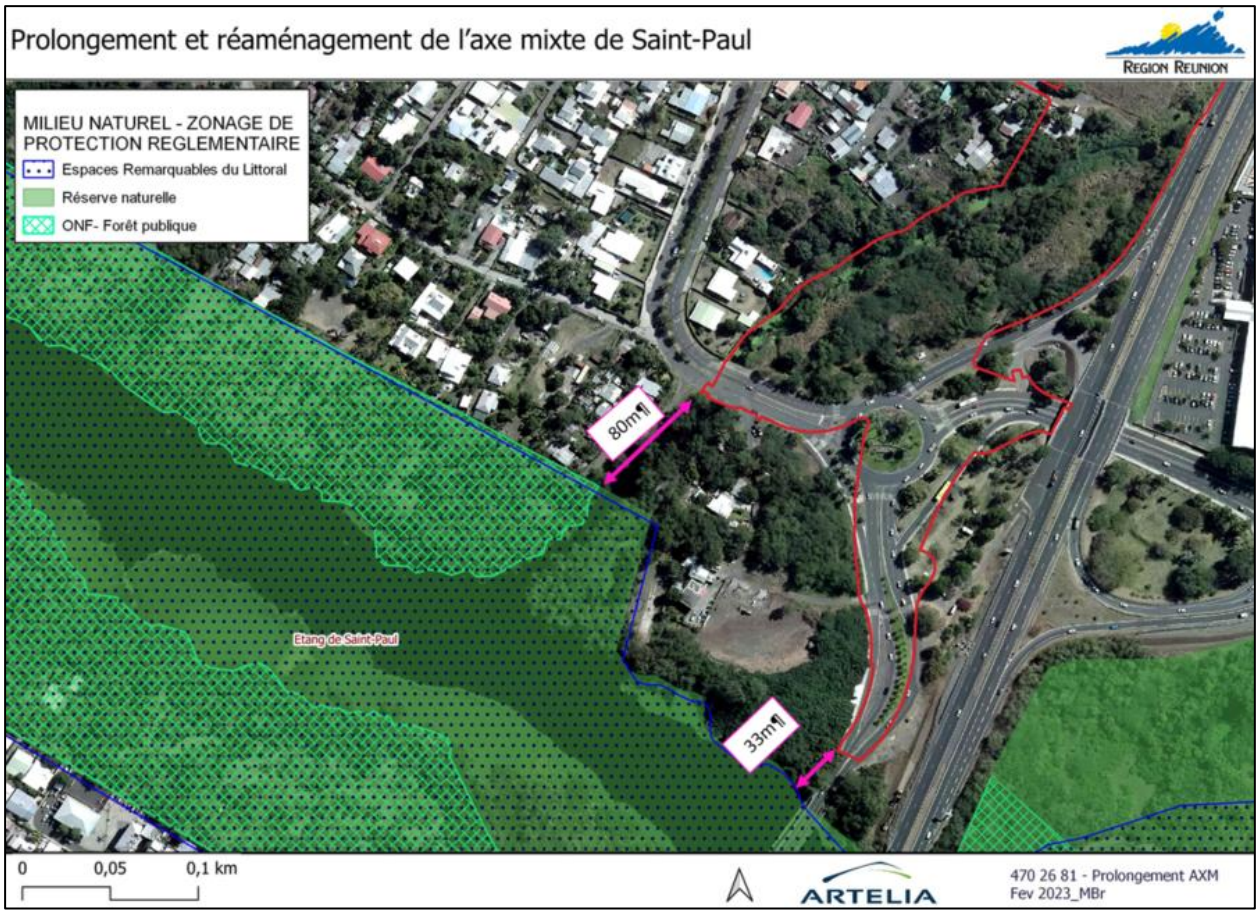
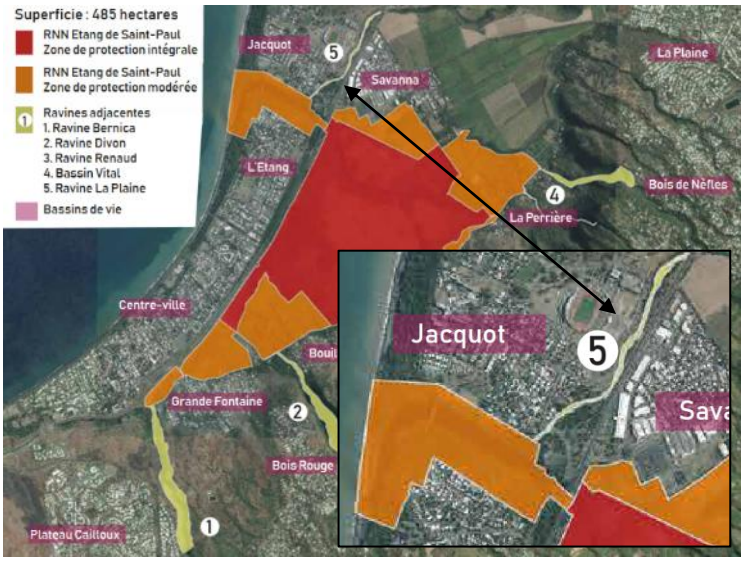


Figure 134 Périmètre projet et périmètre de la Réserve Naturelle

Le projet n'est donc pas concerné par le règlement de la réserve (Décret 2008-4 du 2 janvier 2008 portant création de la réserve naturelle nationale de l'étang de Saint-Paul).



Zonage RAMSAR

L'étang de Saint Paul a été labelisé zone Humide d'Importance Internationale au titre de la convention Ramsar. Le rôle écologique des ravines et de l'Etang étant lié, il a été décidé de les unir dans un seul périmètre pour le projet Ramsar. Le reprofilage de la Ravine la Plaine se trouve ainsi classée Ramsar (le passage de la ravine la Plaine sous la Rn1 étant la limite haute de ce zonage Ramsar)

Si l'inscription à la liste des sites d'importance internationale n'entraîne pas de réglementation particulière, elle implique une reconnaissance internationale via la

labellisation du site désigné, et l'engagement de maintenir ou de restaurer les caractéristiques écologiques du site.

Le projet prévoit de soigner le recalibrage de la Ravine La Plaine rendu nécessaire au prolongement de l'infrastructure et à la réduction des inondation du quarier Jacquot. Il prévoit en complément d'effacer un radier routier et son remplacement par une passerelle piéton/cycle. Cet effacement sur le périmètre Ramsar constitue une amélioration de la fonction de corridor que constitue la Ravine la Plaine. Le seuil que constitue le radier est supprimé et les espèces peuvent circuler plus librement. Le gain est également qualitatif avec les résidus routiers qui ne sont plus charriés dans la ravine lors des crues. Enfin le projet a prévu un réaménagement du cours d'eau bénéfique à la biodiversité en alternant zone d'eau et zones humides alluviales dans le lit mineur surplombé par une ripisylve multistrates d'indigènes.

6.7 SYNTHESE DE LA COMPATIBILITE

Le tableau suivant synthétise la compatibilité du projet avec les plans et programmes :

Tableau 38 – Synthèse de la compatibilité avec les plans et programmes

Effets :	Compatible	Incompatible

Thèmes		Compatibilité
DOCUMENTS D'URBANISME		
SAR / SMVM	*SAR* : Le secteur d'étude est situé en espaces urbains à densifier, en espaces d'urbanisation prioritaire, en zones préférentielles d'urbanisation et en espace de continuité écologique. Le SAR décrit que peuvent être autorisées en espace de continuité écologique compte tenu des caractéristiques de La Réunion la réalisation d'infrastructures de transport de personnes. Le SAR complète que ces implantations sont conditionnées à la démonstration qu'aucun autre emplacement ou aucune autre solution technique n'étaient envisageables à un coût supportable pour la collectivité. Elles devront être assorties de mesures de réduction et de compensation visant à diminuer leur impact environnemental et paysager, précisées le cas échéant par l'autorisation à laquelle elles sont soumises ou en application des prescriptions du présent schéma qui leur sont applicables. Cette démonstration est apportée dans le chapitre de description du projet et des raisons des choix, ainsi que dans le chapitre décrivant les effets mesures du projet. Le projet répond aux orientations du SMVM en permettant le RRTG, en dotant l'infrastructure de voies dédiées aux piétons et aux cycles.	**Compatible**
SCoT	Le projet est compatible avec le PADD et son objectif 10 de rendre le territoire accessible à tous dans la pluralité des modes de transport. Il est également compatible avec l'ensemble des orientations et objectifs du DOO.	**Compatible**
PLU	Le secteur d'étude est concerné par les zones U1l, U1b, AU1e, AU1st et N du PLU de Saint-Paul qui autorisent la réalisation d'une infrastructure de transport. Le projet n'impacte pas d'EBC. Le projet se superpose à l'ER du RRTG. La conception de l'ouvrage a été menée de manière à permettre la circulation du RRTG sur les ouvrages. Le projet est conforme aux principes du PADD du PLU	**Compatible**
SDC	Le projet n'impacte pas le périmètre d'extraction global défini en 2013 entre le TO, l'État et les carriers tel que préconisé par la prescription n°21 du SAR.	**Compatible**
REGLEMENTATION RELATIVE AUX TRANSPORTS		
SRIT	Le projet est une réponse aux actions prévues au SRIT, sur l'offre de transport en commun, sur le stationnement, sur la promotion des mobilités actives	**Compatible**

PDU TO	Le projet répond aux objectifs du PDU en réalisant le Pôle d'Echanges Cambaie prévu au PDU, en donnant priorité aux usagers piétons, en intégrant dans l'infrastructure un axe TCSP structurant, en prévoyant des sites propres vélos.	**Compatible**
REGLEMENTATION RELATIVE A L'ENERGIE		
SRCAE PPE	Le projet répond à certains objectifs de ces plans en développant le transport en site propre et les liaisons de mobilités active qui encourage le report modal vers des mobilités moins couteuses en énergie.	**Compatible**
REGLEMENTATION RELATIVE A L'EAU		
SDAGE	Le projet est compatible avec les dispositions du SDAGE de préservation des milieux humides et rivulaires, de maximisation de la gestion des eaux pluviales à la source et de résorption des points noirs de pollutions, ne pas créer d'obstacle à la continuité écologique).	**Compatible**
SAGE	Le projet est compatible avec les dispositions du SAGE Ouest en maximisant l'infiltration, en effaçant l'obstacle que constitue le radier existant sur la ravine la Plaine, en optimisant les fonctionnalités de la Ravine la Plaine, et en recalibrant la ravine la Plaine de sorte à limiter les impacts des inondations.	**Compatible**
SDEP	Le projet respecte la contrainte forte au SDEP de Saint Paul d'un débit de rejet autorisé inférieur ou égal à 80% du débit de l'état initial.	**Compatible**
PPR	Le périmètre d'étude est concerné par le zonage R1, B2 et B3. Le projet d'axe mixte croise en effet les zones potentiellement inondables par les débordements de deux cours d'eau : la Ravine Piton Défaud (secteur Cambaie Oméga) et la Ravine La Plaine (secteur Savanna). Le risque inondation a été pris en compte et intégré dans la conception du projet. Le projet respecte donc bien le principe de non-aggravation du risque pour les tiers, demandé par la Loi sur l'Eau	**Compatible**
TRI	Le secteur en projet est concerné par une fiche action du Territoires à risque important d'inondations de Saint Paul. Le projet d'Axe Mixte génère pour les crues faibles à fortes une réduction de l'inondation de la zone. Une partie du quartier Jacquot est même sorti de la zone inondée par les aménagements retenus.	**Compatible**
RNN Etang de Saint Paul	Le projet est distant du périmètre de la réserve et n'est donc pas concerné par son règlement. Le reprofilage de la Ravine la Plaine est classée Ramsar. Le projet prévoit de soigner le recalibrage de la Ravine La Plaine rendu nécessaire au prolongement de l'infrastructure et à la réduction des inondations du quartier Jacquot. Il prévoit en complément d'effacer un radier routier et son remplacement par une passerelle piéton/cycle. Cet effacement sur le périmètre Ramsar constitue une amélioration de la fonction de corridor que constitue la Ravine la Plaine. Le seuil que constitue le radier est supprimée et les espèces peuvent circuler plus librement. Le gain est également qualitatif avec les résidus routiers qui ne sont plus charriés dans la ravine lors des crues. Enfin le projet a prévu un réaménagement du cours d'eau bénéfique à la biodiversité en alternant zone d'eau et zones humides alluviales dans le lit mineur surplombé par une ripisylve multistrates d'indigènes.	**Compatible**

7 ANALYSE DES EFFETS DU PROJET ET DES MESURES DESTINEES A LES EVITER, LES REDUIRE, LES COMPENSER

Ce chapitre présente les impacts du projet sur les différents thèmes présentés dans le diagnostic de l'état initial et décrit les mesures qui permettent d'éviter (E), de réduire (R) et de compenser (C) ces effets.

7.1 DEFINITION ET METHODOLOGIE

7.1.1 Description des impacts

L'analyse de l'état initial a eu pour objectif d'identifier, d'analyser et de hiérarchiser l'ensemble des enjeux existants à l'état actuel de la zone. Un enjeu est une « valeur prise par une fonction ou un usage, un territoire ou un milieu au regard de préoccupations écologiques, patrimoniales, paysagères, sociologiques, de qualité de la vie et de santé. La notion d'enjeu est indépendante de celle d'un effet ou d'impact. En effet, une espèce animale à enjeu fort peut n'être impactée que faiblement par le projet.

Pour l'ensemble des thèmes environnementaux étudiés dans l'étude d'impact (milieu physique, milieu humain, milieu naturel, paysages et patrimoine, etc.), les enjeux environnementaux ont été hiérarchisés de la façon suivante :

Valeur de l'enjeu	Négligeable	Faible	Modéré	Fort

Il faut distinguer les termes « effets » et « impacts » :

- Un effet est la conséquence objective du projet sur l'environnement indépendamment du territoire qui sera affecté : par exemple, une zone d'activité engendrera la destruction de 1 ha de forêt.
- L'impact est la transposition de cet effet sur une échelle de valeur (enjeu) : à niveau d'effet égal (destruction de 1 ha de forêt), l'impact de la zone d'activité sera plus important si les 1 ha de forêt en question recensent des espèces protégées menacées.

L'impact est donc considéré comme le « croisement entre l'effet et la composante de l'environnement touchée par le projet. »

L'évaluation d'un impact sera alors le croisement d'un enjeu (défini dans l'état initial) et d'un effet (lié au projet) :

ENJEU x EFFET = IMPACT

Définition de l'impact

Le tableau suivant décrit la valeur d'impact en croisant l'enjeu à l'effet.

Enjeu / Effet	Négligeable (0)	Faible (I)	Modéré (II)	Fort (III)
Négligeable (0)	0	0	0	0
Faible (I)	0	I	II	III
Modéré (II)	0	II	IV	VI
Fort (III)	0	III	VI	IX

Valeur de l'impact	Négligeable	Faible	Modéré	Fort

Les impacts positifs sont également décrits.

Ainsi sont décrits dans ce chapitre les impacts potentiels positifs et négatifs, directs et indirects, permanents et temporaires, et cumulatifs, du projet sur le site d'accueil et son environnement naturel et humain.

Ces impacts potentiels sont évalués pour chaque phase du projet (travaux et exploitation) en prenant en compte les caractères sensibles de l'environnement tels que la biodiversité, la qualité de l'air et de l'eau, les éléments socio-économiques, etc…, identifiés précédemment. L'analyse de ces impacts potentiels est accompagnée de mesures à mettre en place pour supprimer, réduire ou compenser, lorsque cela est possible, ces impacts sur l'environnement.

Ainsi l'impact potentiel est l'impact pouvant résulter de la mise en œuvre d'une activité du projet en l'absence de mesures de protection appropriées. L'impact résiduel, lui, résulte de la mise en œuvre d'une activité du projet en présence de mesures de protection appropriées.

7.1.2 Méthodologie de la Séquence Eviter Réduire Compenser

La séquence Éviter, Réduire, Compenser (ERC) constitue le fil conducteur de l'intégration de l'environnement dans les projets. Elle s'applique à un champ élargi de considérations environnementales, notamment à la biodiversité, la pollution, le bruit, le paysage, mais également au bruit ou à la santé.

Elle a pour objectif d'établir des mesures visant à éviter les atteintes à l'environnement, à réduire celles qui n'ont pu être suffisamment évitées et, à compenser les effets notables qui n'ont pu être ni évités, ni suffisamment réduits. L'objectif visé est l'absence de perte nette, voire le gain de biodiversité.

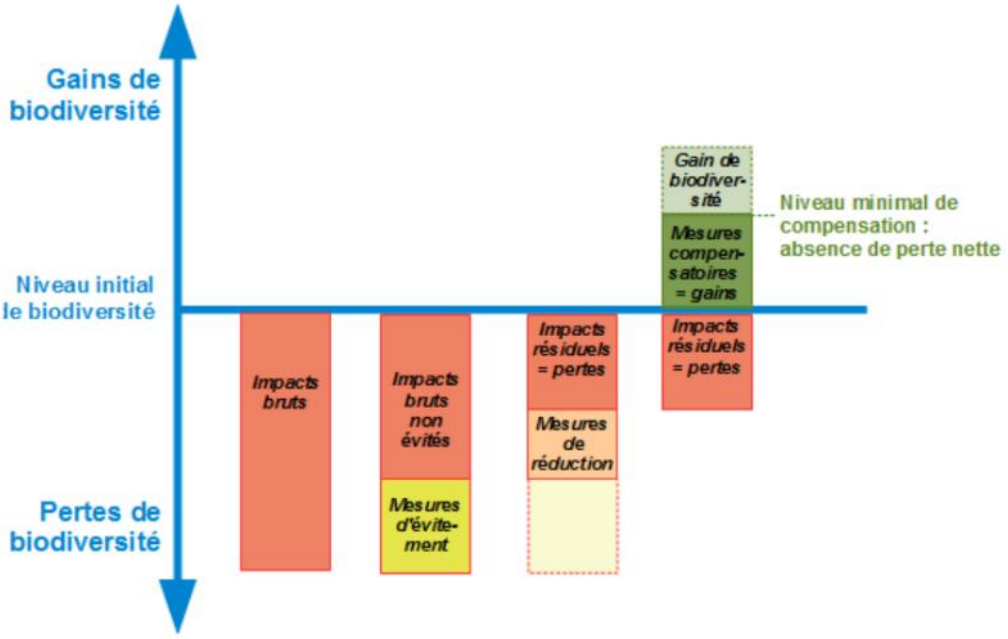


Figure 135 : Représentation schématique du bilan écologique de la séquence éviter, réduire et compenser les atteintes à la biodiversité Source : Business and Biodiversity Offsets, Programme modifié

Cette procédure constitue un contenu réglementaire de l'évaluation environnementale au titre des articles L112-1 et L122-3 et R122-4 et R122-5 du Code de l'Environnement.

7.1.2.1 Les mesures d'évitement

La mesure d'évitement constitue une « mesure qui modifie un projet afin de supprimer un impact négatif identifié que ce projet engendrerait ».

Les mesures d'évitement sont ainsi les seules mesures qui n'ont pas d'impact sur les entités considérées, celles-ci étant laissées en l'état. Elles peuvent néanmoins être complétées par des mesures d'accompagnement qui, en préservant les caractéristiques du milieu, s'assurent de l'évitement à long terme.

7.1.2.2 Les mesures de réduction

La mesure de réduction constitue une « mesure définie après l'évitement et visant à réduire les impacts négatifs permanents ou temporaires d'un projet sur l'environnement, en phase chantier ou en phase exploitation ».

La mesure de réduction peut avoir plusieurs effets sur l'impact identifié. Elle peut agir en diminuant soit la durée de cet impact, soit son intensité, soit son étendue, soit la combinaison de plusieurs de ces éléments, ceci en mobilisant les meilleures techniques disponibles (moindre impact à un coût raisonnable). Toutes les catégories d'impact sont concernées : impacts direct, indirect, permanent, temporaire et cumulé.

Une même mesure peut selon son efficacité être rattachée à la phase « d'évitement » ou à la phase de « réduction » : on parle de réduction, et non d'évitement, lorsque la solution retenue ne garantit pas ou ne parvient pas à la suppression totale d'un impact.

7.1.2.3 Les mesures de compensation

Les mesures compensatoires ont pour objet d'apporter une contrepartie aux effets négatifs notables, directs ou indirects du projet qui n'ont pu être évités ou suffisamment réduits. Elles sont mises en œuvre en priorité sur le site endommagé ou à proximité de celui-ci afin de garantir sa fonctionnalité de manière pérenne. Les mesures de compensation des atteintes à la biodiversité visent un objectif d'absence de perte nette, voire de gain de biodiversité. Elles doivent se traduire par une obligation de résultats et être effectives pendant toute la durée des atteintes.

Une mesure peut être qualifiée de compensatoire lorsqu'elle comprend ces trois conditions nécessaires :

1. Disposer d'un site par la propriété ou par contrat ;

ET

2. Déployer des mesures techniques visant à l'amélioration de la qualité écologique des milieux naturels (restauration ou réhabilitation) ou visant la création de milieux ou modifier les pratiques de gestion antérieures ;

ET

3. Déployer des mesures de gestion pendant une durée adéquate.

Une action qui comprendrait seulement un ou deux des éléments ci-avant ne peut pas être reconnue en tant que « mesure compensatoire ».

7.2 LES EFFETS ET MESURES SUR LE MILIEU PHYSIQUE

7.2.1 Contexte climatique

Le climat de la zone de Cambaie est l'un des plus chauds de l'île de la Réunion. On enregistre sur la commune du Port le record de température de l'île avec un relevé à 36,9°C le 6 mars 2005. Les températures moyennes les plus élevées (>28°C) sont situées entre 11h et 17h durant les mois de décembre, janvier, février, mars et avril. Les plus gros pics de températures interviennent courant février.

→ Enjeu modéré

7.2.1.1 Impacts

7.2.1.1.1 Phase travaux

Les effets de la chaleur sont particulièrement prégnants sur un chantier.

→ Impact fort, direct et temporaire

7.2.1.1.2 Phase exploitation

A l'état initial, les 16,6 ha du périmètre projet sont artificialisés sur 4,85ha, soit 29% de sa superficie. Le projet d'axe mixte créé une artificialisation nouvelle sur 2,7ha sur un périmètre d'intervention de 16,6 ha. Les sols qui sont aujourd'hui imperméabilisés à hauteur de 29%, le seront sur 45% environ en phase projet. Une hausse de température sur cette zone déjà fortement vulnérable constitue une contrainte modérée du projet.

Par ailleurs, le projet prévoit d'encourager au maximum le recourt aux mobilités actives et aux transports en communs expose particulièrement ces usagers de l'infrastructure aux effets de la chaleur et du rayonnement.

→ Impact modéré

7.2.1.2 Mesures

7.2.1.2.1 Phase travaux

Evitement : Pas de mesure

Réduction :

i. Les entreprises appliqueront des mesures de prévention des risques professionnels liés aux grandes chaleurs : Pauses régulières, aides mécaniques à la manutention, sources d'eau fraîche potable à proximité des postes de travail, bases vie rafraîchies.

Compensation : Pas de mesure

→ Impact résiduel faible, temporaire

7.2.1.2.2 Phase exploitation

Pour atténuer le phénomène d'ilot de chaleur urbain (ICU), le projet prévoit :

ii. la végétalisation des voies, en particulier des axes de déplacements en mobilité active en s'appuyant sur le rôle du végétal dans les flux de chaleur et de vapeur d'eau dans la ville (ombrage, ventilation, taux d'humidité de l'air et réduction de l'effet ilot de chaleur…).

iii. de maximiser la perméabilité : cela passe notamment par un assainissement pluvial à l'air libre de type noue d'infiltration qui restitue l'eau au sol au plus vite. Sur un périmètre d'intervention de 16,6 ha, le projet est perméable sur 9,2 ha, soit sur environ 55% de la superficie.

iv. de maximiser l'albédo, c'est-à-dire la part des rayonnements solaires qui sont renvoyés vers l'atmosphère. Afin de répondre à cet enjeu, a été particulièrement travailler la palette des revêtements qui viendront composer l'espace public. Ainsi les matériaux clairs ont été maximisés et ils équipent les couloirs de bus et les couloirs de mode actifs.
Sur les 7,5ha de surfaces imperméabilisées, le projet prévoit des surfaces claires sur 3,7 ha, soit 50% des surfaces imperméabilisées.

L'impact résiduel est jugé faible, voire positif. En effet, la plantation importante projetée sur une zone très majoritairement nue va permettre de diminuer l'effet de chaleur.

→ Impact résiduel faible à positif

Enjeu climatique	Impact du projet		Impact après mesures
Modéré	Phase Travaux	Fort	Faible
	Phase exploitation	Modéré	Positif

7.2.2 Topographie, sols et sous-sols

Le site est localisé en front de mer, dans une zone globalement plane, à une altitude comprise entre 3 et 32 m NGR. Il s'agit d'un territoire privilégié en matière d'aménagement puisque les pentes n'excèdent pas 10%. La topographie est néanmoins marquée localement par des dépressions « aléatoires » d'anciennes carrières (en particulier ancienne carrière SCPR), présentant des profondeurs variant de 2.5 m à 9.0 m par rapport au TN.

Au niveau qualité des sols, le secteur 1 est concerné par des sols peu évolués d'apport sur galets non altérés à matrice sablo-basaltique. Dans le secteur 2 on trouve le même type de sol puis à mesure que l'on se rapproche de l'étang, d'abord des sols peu évolués et hydromorphe en profondeur en partie et des sols hydromorphes inondés ou totalement engorgés.

→ Enjeu modéré

7.2.2.1 Impacts

7.2.2.1.1 Phase travaux

Le projet entraîne des modelés de terrains et des décapages de sols. Aucune singularité de sols n'a été décrite aux études géotechniques qui serait susceptibles de remettre en causes l'aménagement. Il est difficile de dire à l'état actuel quelle quantité de déblais pourra être utilisée en remblais. En effet, les sols identifiés au Guide de Terrassement Routier GTR indiquent une possibilité de réemploi sous réserve parfois de certains traitements (compactage, chaux) et des essais de laboratoire. A ce stade, l'équipe géotechnique n'ayant pu quantifier la quantité de matériaux réutilisable, des hypothèses sont prises en comptes pour déterminer les quantités de matériaux réutilisables en remblai. Les remblais d'apport sont privilégiés sous les nouvelles infrastructures de transport ; Les remblais du reprofilage de la ravine seront réalisés avec les matériaux issus de ses déblais. . De la même manière, la terre végétale du site sera réutilisée autant que possible, après avoir réalisé les essais préalables.

Ainsi, dans le détail, le projet entraîne :

	Secteur 1	Secteur 2	Ravine	Global
Déblais	55 000 m^3	20 500 m^3	29 000 m^3	104 500 m^3
Remblais	37 500 m^3	28 000 m^3	21 500 m^3	87 000 m^3
Remblais d'apport	16 500 m^3	26 500 m^3	15 500 m^3	75 500 m^3
Décapage terres végétale	11 200 m3	2000 m3		13 200 m3
Terres végétale	9 700 m3	12 800 m3		22 500 m3

Nous rappelons la sectorisation du projet ci-après :

<u>Focus sur l'ex carrière SCPR :</u>

Une reconstitution du profil du terrain naturel par remblaiement de la carrière existante est prévue pour la réalisation de l'axe mixte sur environ deux fois 50m de longueur. En raison de la géométrie de la carrière, il est prévu :

- un comblement complet des dépressions créées par l'exploitation de la carrière dans l'axe de la future route ;
- la réalisation de talutage de part transversalement.

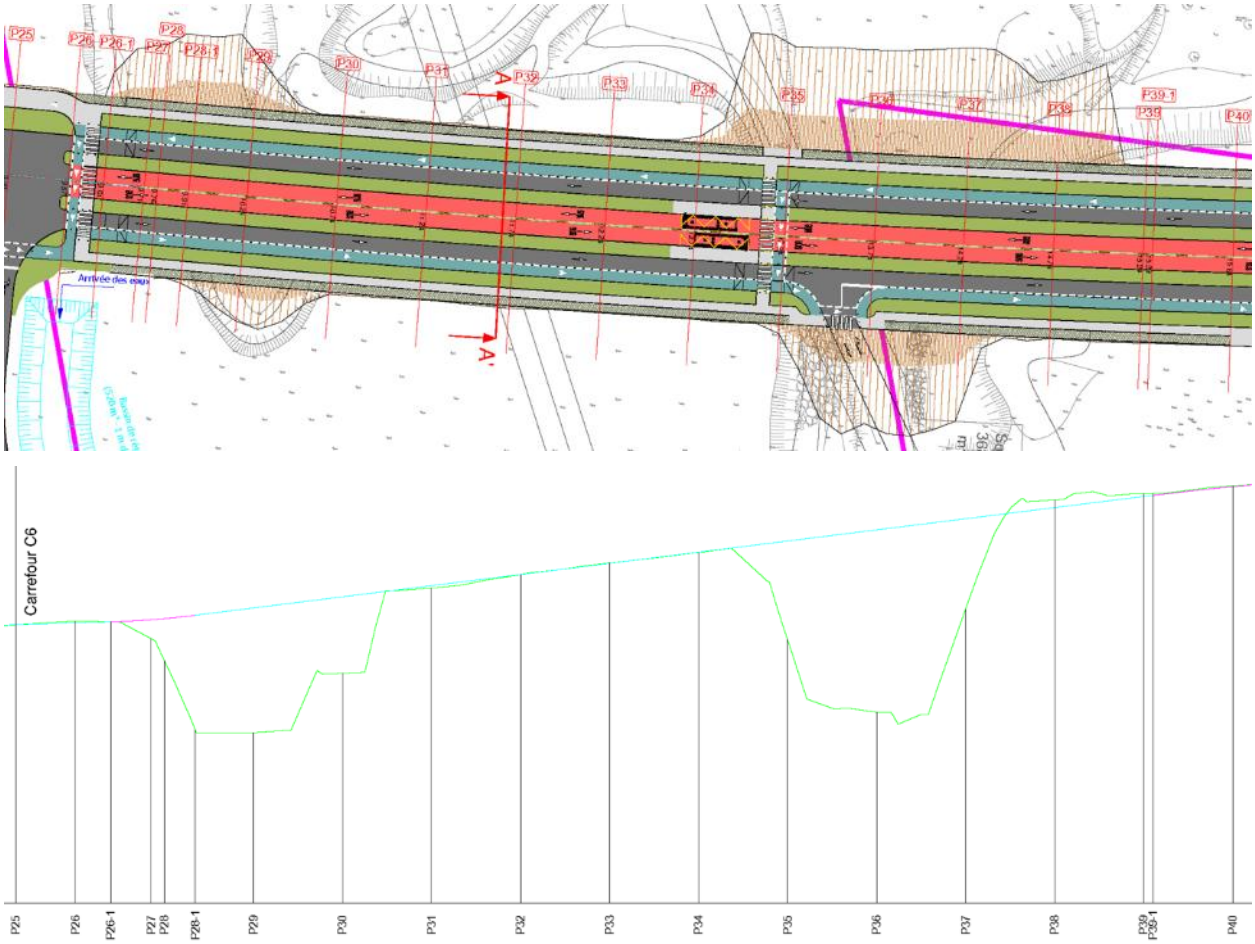
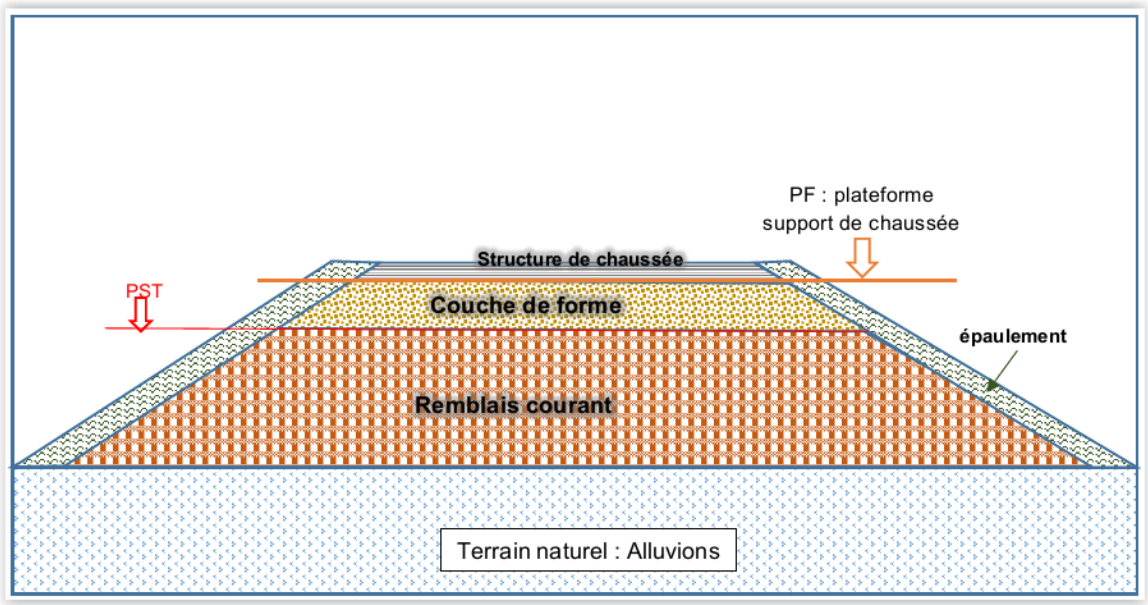


Figure 136 Profil en long du projet au droit de l'ex carrière SCPR

La hauteur totale du remblai attendue est comprise entre 3 et 8 mètres. Le corps du remblai constituera le sol d'assise de l'aménagement routier. La géométrie transversale attendue de l'ouvrage est la suivante :



Cet aménagement représente un volume d'environ 25 500 m^3 de remblai pour asseoir le boulevard dans le prolongement du terrain naturel. Deux buses béton Ø800 sont disposées en fond de remblai pour assurer la transparence hydraulique du remblai et la connexion du bassin versant.

Ainsi le projet tout secteur confondu entraîne un excédent de déblais de **83 000 m³.** Le projet engendre par ailleurs un besoin de remblais de **65 500 m³**. Les études de pollution des sols ont décrit l'absence de pollution.

Le projet d'axe mixte créé une artificialisation nouvelle sur 2,7ha.

→ Impact fort

7.2.2.1.2 Phase exploitation

→ Sans impact

7.2.2.2 Mesures

7.2.2.2.1 Phase travaux

Évitement :

Réduction :

v. Le réemploi des matériaux est privilégié. Notez néanmoins qu'en raison du phasage des secteurs 1 (carrière SCPR) et 2 (recalibrage de la R. la Plaine), il n'est pas possible d'utiliser les déblais de la ravine en remblai dans l'ancienne carrière. Les sols feront l'objet d'essai en laboratoire pour déterminer les possibilité et condition de leurs réemplois.
vi. Le maitre d'ouvrage s'assurera du caractère inerte des sols exportés.
vii. Les déblais non valorisés s'ils sont décrits inertes seront transférés dans des installations de stockage des déchets inertes.
viii. Le maitre d'ouvrage émettra des Bordereaux de Suivi des Déchets.

Compensation / suivi :

ix. Contrôle de la filière déchet dans le cadre du suivi environnemental de chantier (gestion des zones de stockage, volume, provenance…)

→ Impact résiduel faible à modéré, permanent

7.2.2.2.2 Phase exploitation

→ Sans impact

Enjeu Topographie	Impact du projet		Impact après mesures
Modéré	Phase Travaux	Fort	Modéré
	Phase exploitation	Sans	/

7.2.3 Hydrologie, hydrogéologie et qualité des eaux

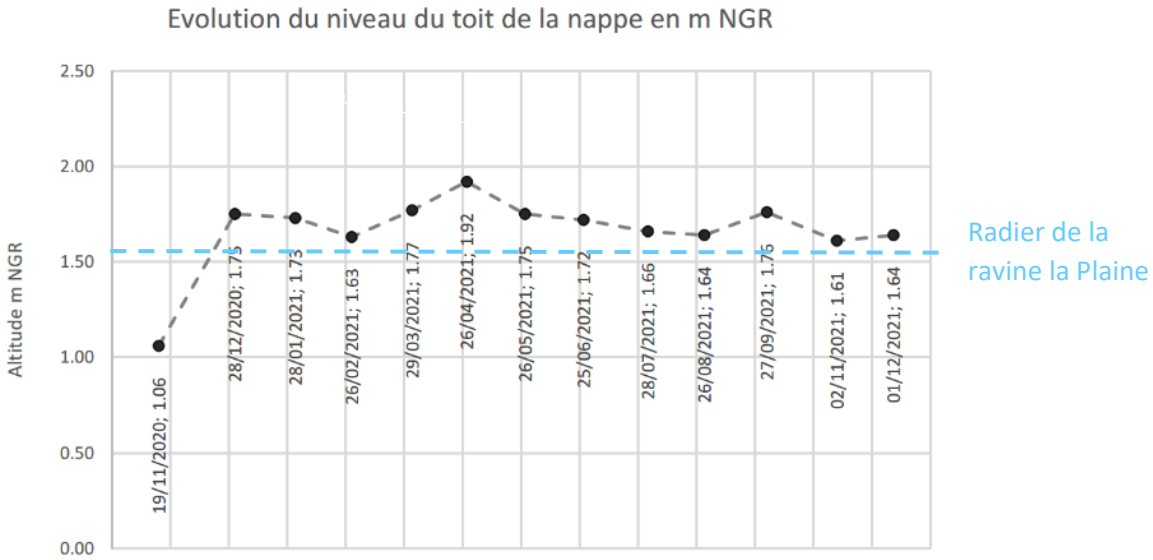
Rappel des enjeux :

La majorité du projet est à l'état initial sur le bassin versant de la Ravine la Plaine dont l'exutoire, l'étang de Saint Paul, est classé en Réserve Naturelle Nationale.

Concernant les masses d'eau souterraine, la zone d'étude est concernée par la Masse d'Eau (ME) souterraine FRLG112 Formations volcaniques et volcano-sédimentaires du littoral de l'étang Saint-Paul à Plaine des Galets, identifiée comme ressource stratégique d'alimentation en eau potable par le SDAGE. L'état chimique de la masse d'eau est décrit d'état médiocre en 2019. L'objectif de bon état est reporté à 2039. L'état chimique de la masse d'eau (ME) FRLG112 - Formation volcaniques et volcano-sédimentaires du littoral de l'étang Saint Paul – Plaine des Galets est analysé sur six forages et des dépassements de la valeur seuil sont constatés en 2018. La masse d'eau est décrite de l'état des lieux chimique 2015 en mauvais état et de qualité médiocre en 2019. L'objectif de bon état est reporté à 2039. La pression de ruissellement urbain est décrite comme forte au SDAGE.

Le niveau de la nappe se situe autour de 2.5 m NGR au niveau de la côte et des ravines. La Maitrise d'ouvrage a installé un piézomètre au droit de la ravine la Plaine, en haut de berge.

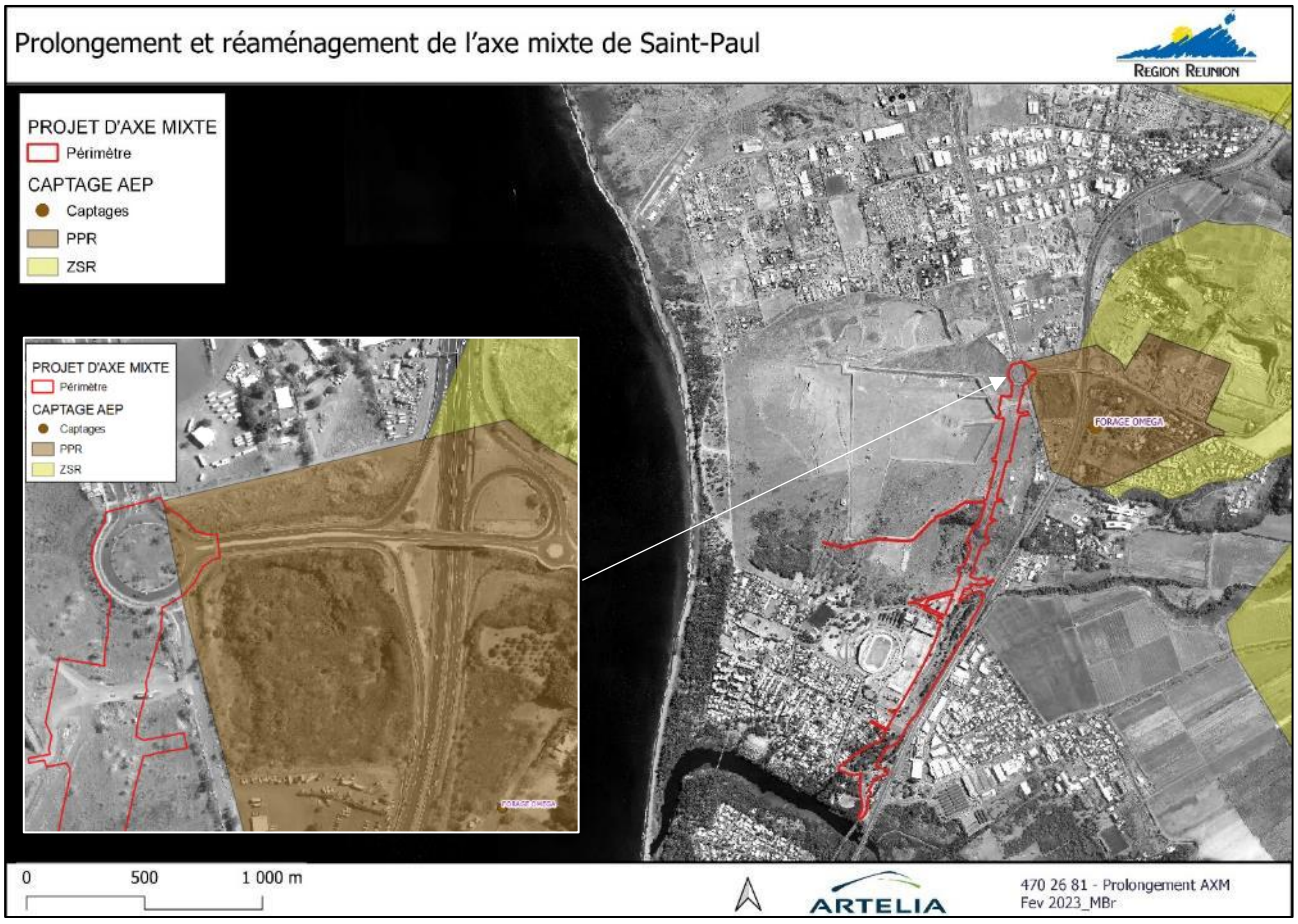
La tête de forage est à 4,24mNGR (TN à 3,8mNGR) et le niveau d'eau a varié sur ce piézomètre sur 1 an entre 1,06mNGR et 1,92mNGR. Notez qu'au droit de ce sondage, le radier de la ravine qui le borde est à environ 1,5mNGR et se trouve donc en eau la majeure partie de l'année.



Les relevés piézométriques nous indiquent en 2020-2021 un niveau d'eau maximal atteint à 1,92 mNGR correspondant à la limite haute en eau ci-dessous sur le relevé topographique du radier de la ravine la Plaine.

Figure 137 Limite en eau de la ravine la Plaine d'après le suivi piézométrique 2020-2021

Plus haut, en limite Nord du secteur 1, une portion de la zone d'étude est concernée par le Périmètre de Protection Rapproché (PPR) du forage Oméga, forage réglementé par arrêté préfectoral n°00-1824/SG/DICV/3 du 27 juillet 1999 en vue de son alimentation en eau potable.



→ Enjeu fort

7.2.3.1 Effets

7.2.3.1.1 Phase travaux

Concernant le recalibrage de la Ravine la Plaine, les travaux de franchissements de la R. la Plaine et la suppression du radier

Le projet prévoit de reprendre le lit mineur de la ravine la Plaine et de l'élargir. Ces travaux vont inévitablement induire des apports terrigènes dans la masse d'eau avec un risque d'anoxie du milieu. L'impact est néanmoins à nuancer. En effet, la majorité des piles et culés nécessaire à la réalisation des ouvrages de franchissement est située hors lit mineur de la ravine la Plaine à l'état initial. Ainsi ces ouvrages sont réalisés avant que le recalibrage ne soit réalisé à leurs endroits.

La présence à l'aval de l'étang de Saint Paul constitue toutefois un enjeu majeur.

→ Impact potentiel fort

Concernant le périmètre de Protection Rapproché du forage Oméga

Les travaux en PPR oméga sont très limité, il s'agit d'une reprise du trottoir existant.

→ Impact potentiel faible

Concernant la plateforme routière

Le projet est susceptible de créer des pollutions de diverses origines en lien avec l'utilisation de produits et matières toxiques pour le milieu aquatique pendant les travaux en tant que tel, à l'occasion des ravitaillements des engins de chantiers, pour les bases vie-sanitaire des équipes de travail…

→ Impact potentiel fort

7.2.3.1.2 Phase exploitation

BASSINS VERSANTS AMONT

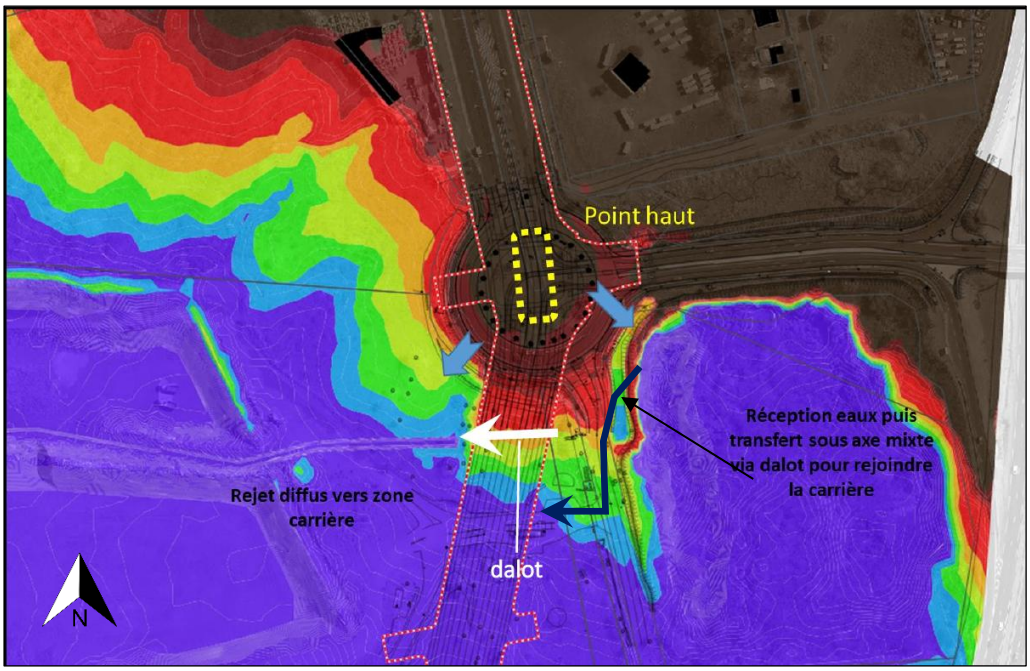
Rappelons que le projet prévoit de dévier les eaux du bassin versant amont (eaux de débordement de la ravine Piton Defaud).

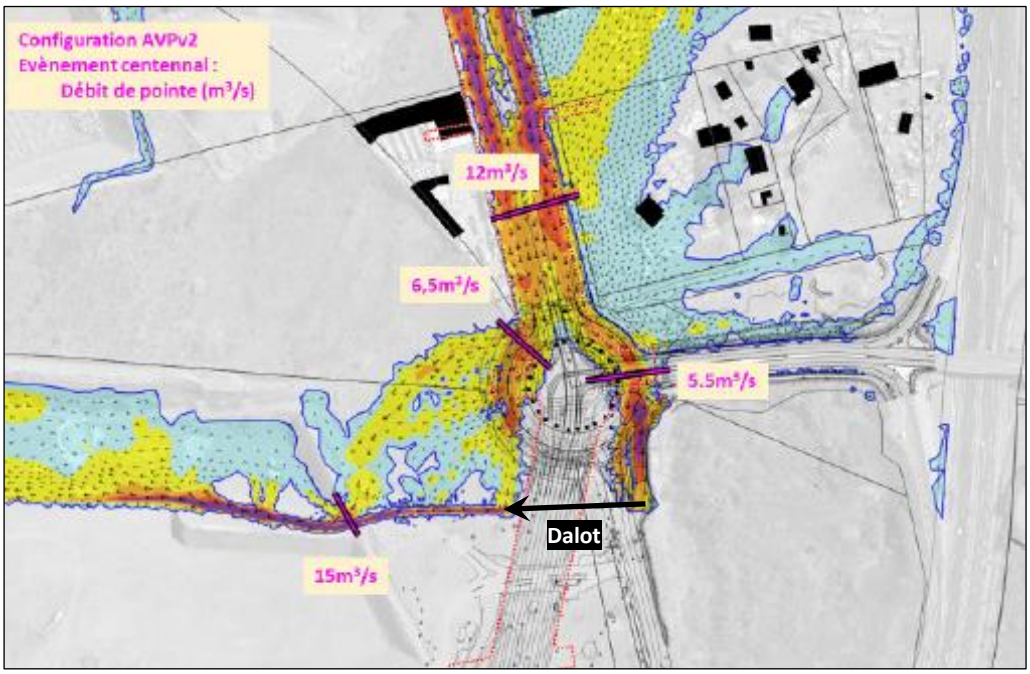
Le débit arrivant au niveau du giratoire est identique à celui obtenu pour la configuration de référence (état actuel).

Au niveau du giratoire, la création de la voie TCSP rehaussée permet de bloquer le transfert des écoulements de l'amont vers l'aval. Les écoulements sont alors répartis des deux côtés du giratoire, de manière quasi-identique.

Les eaux rejoignent les secteurs plus bas en aval des zones de bordures rabaissées, côté montage et côté océan. Les eaux côté montagne sont guidées par le canal en U créé jusqu'à l'ouvrage de franchissement (dalot de 2.00 x 1.00 m à 1 % de pente) de l'Axe Mixte. En aval, les eaux sont dirigées vers les zones basses des carrières, à l'aide d'un fossé naturel, où elles s'accumulent avant de s'infiltrer dans le sol (cf. explications sur les figures ci-après).

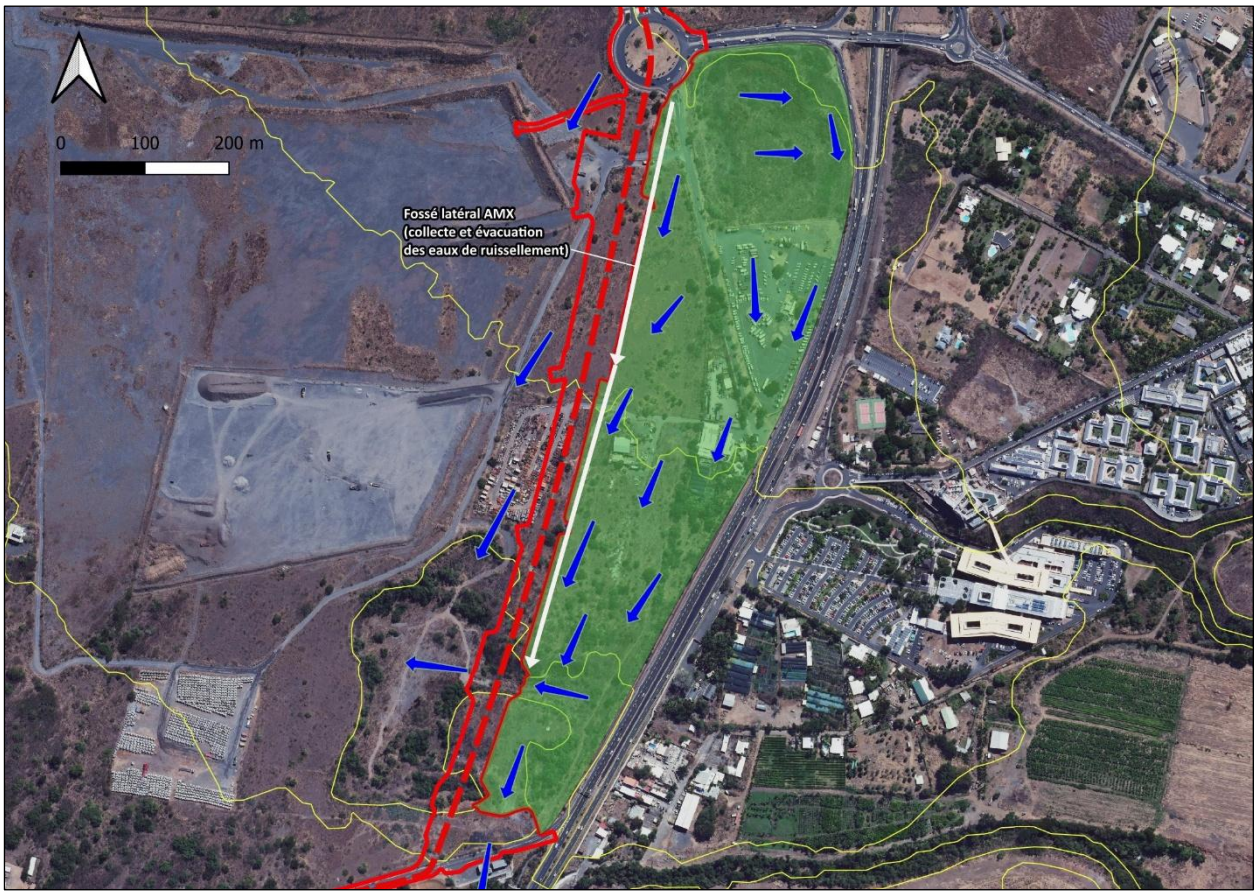
A noter qu'à la jonction entre le dalot et le fossé aval, un ouvrage d'entonnement et un dispositif anti-érosion seront mis en place d'une part pour assurer une bonne transition des écoulements et d'autre part pour ralentir les eaux et éviter toute érosion au sein du fossé.





En aval du giratoire, le secteur 1 n'est plus inondé par les écoulements issus de la Ravine du Piton Défaud et des bassins versants urbains de la ZAC de Cambaie, ce qui permet de répondre aux objectifs fixés pour cet aménagement.

Vis-à-vis des apports d'eau du petit bassin versant jouxtant le secteur 1 du projet, dont une partie est susceptible d'atteindre et de franchir la future voie (celle-ci étant essentiellement calée au TN), un fossé longitudinal sera mis en œuvre côté *est* pour intercepter ces eaux de ruissellement et les acheminer vers la dépression existante située au *sud* du secteur (cf. figure explicative ci-après). A terme, ce fossé limitrophe à l'axe mixte sera repris dans le cadre des aménagements futurs de la ZAC Phaonce.



Seul le tronçon de voirie franchissant cette dépression sera en remblai mais sera muni de deux canalisations DN800 pour assurer la transparence hydraulique du projet. Sa capacité est évaluée à 1,70 m³/s (avec une pente longitudinale de 0,50 %) ce qui permet de faire transiter le débit de période de retour 5 ans de ce bassin versant (sans mise en charge). Pour un débit de période de retour 30 ans (3,30 m³/s), les canalisations sont mises en charge sur une hauteur de 1,20 m. A titre d'information, le remblai de la future voirie à ce niveau atteint un peu plus de 7,50 m (fond des dépressions à une altitude moyenne de 5,80 m NGR), ce qui laisse une revanche significative par rapport à l'altimétrie de la voirie (prévue entre 13,20 et 14,50 m NGR sur ce tronçon).

Pour assurer une bonne transition des écoulements de part et d'autre de ces canalisations, des ouvrages d'entonnement seront mis en place tandis qu'un dispositif anti-érosion sera disposé en sortie d'ouvrages.

A terme, le projet de ZAC Phaonce aura la charge de gérer les eaux de ce bassin versant et de les rejeter vers un exutoire compatible. A noter que des concertations entre les porteurs des projets d'axe mixte et de ZAC Phaonce (Région et TO) ont d'ores et déjà eu lieu et se poursuivent pour coordonner la réalisation des projets respectifs.

Au final, les écoulements et les exutoires actuels ne seront par conséquent pas modifiés pour l'état projet.

COLLECTE DES EAUX PLUVIALES DE LA PLATEFORME

Le projet prévoit la collecte des eaux de la plateforme routière par des ouvrages de collectes à ciel ouvert, les « noues ». Telles qu'envisagées sur les profils en travers type du projet, **les noues bénéficieront d'une largeur en tête de 3 m. L'objectif étant de mettre en œuvre des ouvrages à faible profondeur (0,50 m environ) car dans l'espace public circulé,** les noues présenteront un profil équivalent à celui illustré sur la figure présentée page suivante.

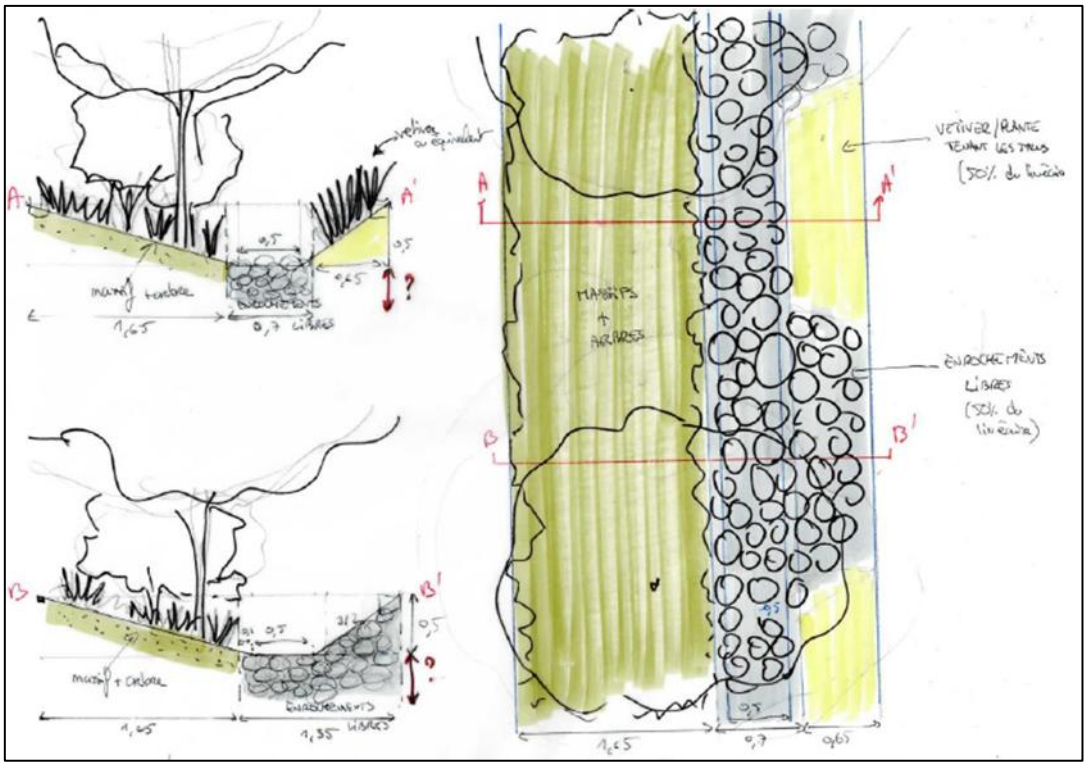


Figure 138 : Coupe-type de la noue recueillant les eaux de ruissellement pluvial

Remarques :

- Des carrefours étant prévus le long du projet, les noues seront interrompues et par conséquent prolongées par des ouvrages enterrés de type buse ou cadres. Des ouvrages d'entonnement, destinés à faciliter la transition entre noue et ouvrage, seront mis en place ;
- Les carrefours de grandes dimensions seront équipés de regards avaloirs afin de recueillir les eaux pluviales qui seront transférées vers les noues.

Pour ralentir les écoulements (par rapport à l'état actuel) et favoriser au maximum l'infiltration, la mise en œuvre régulière de cloisons est prévue dans les noues.

Il s'agira d'ouvrages réalisés en maçonnerie de moellons. Une surverse en crête sera bien entendu maintenue pour assurer le transit du débit au-delà du débit d'infiltration (et éviter ainsi le débordement de la noue).

Le nombre de cloisons mis en place dépend de la pente longitudinale de la noue, qui sera similaire à celle de l'axe routier qu'elle longe. A titre d'explication, un schéma de principe est proposé ci-après..

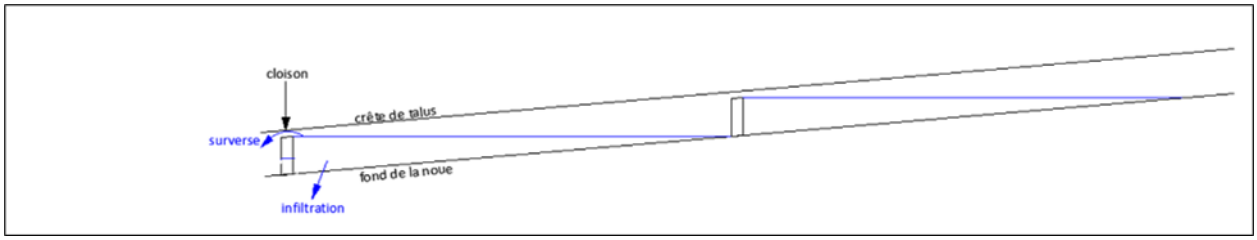


Figure 139 : Profil en long type de la noue

Sur les deux secteurs d'étude, 4 noues sont prévues en parallèle des zones de circulation. Deux configurations d'aménagement de la chaussée sont toutefois à considérer :

- **Configuration n°1, sur le secteur 1 et une partie du secteur 2** (sur 475 m depuis son raccordement sur le secteur 1) : Réalisation d'une 2 x 1 voie pour les véhicules (hors TCSP).

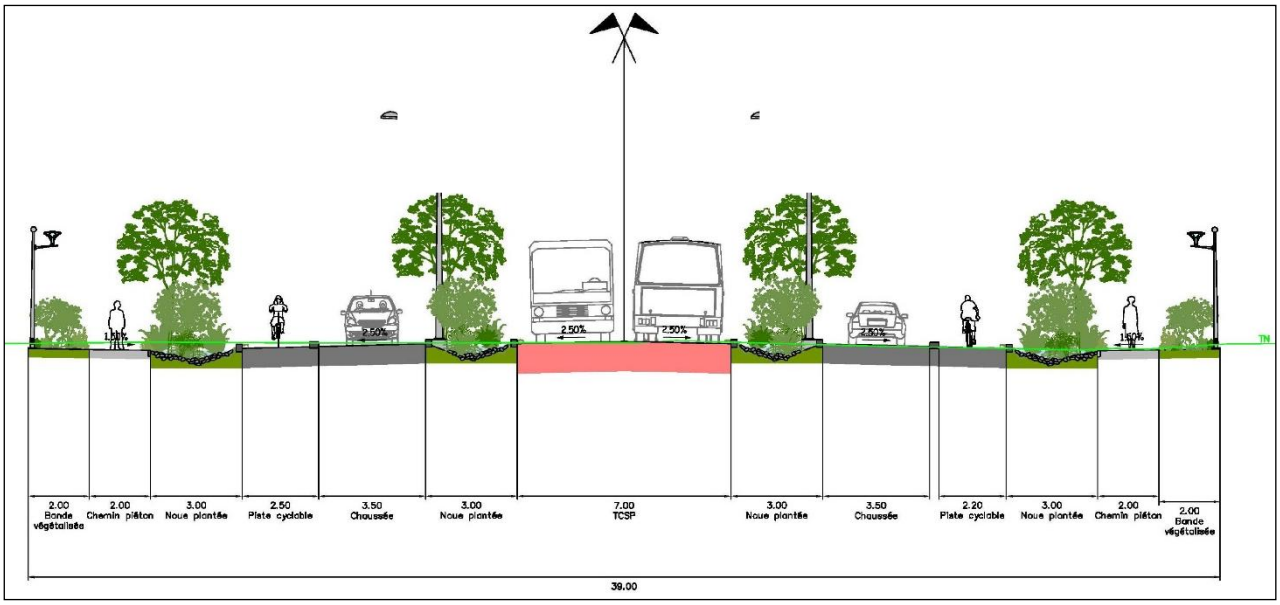


Figure 140 : Profil en travers de l'axe mixte (configuration n°1)

- **Configuration n°2, sur une majeure partie du secteur 2** : Réalisation d'une 2 x 2 voies pour les véhicules (hors TCSP).

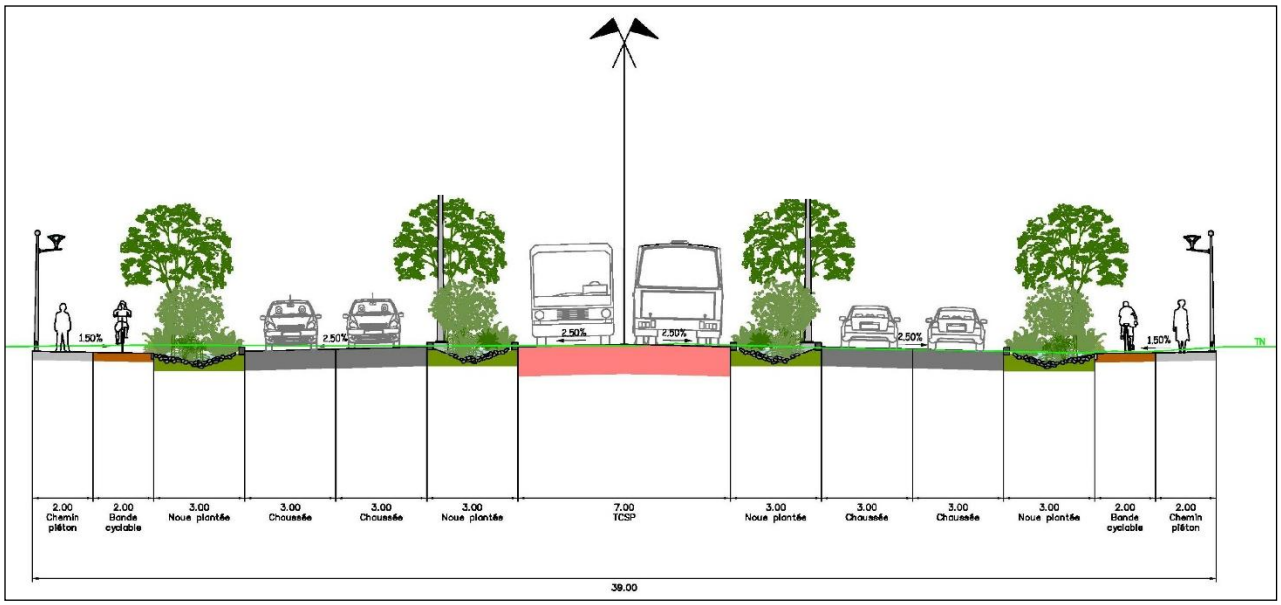


Figure 141 : Profil en travers de l'axe mixte (configuration n°2)

- SECTEUR 1

Sur ce secteur, le projet présente une pente longitudinale descendante constante du *nord* vers le *sud* qui varie entre 1,0 et 4,5 % en moyenne. Il a été décomposé en deux bassins versants (cf. implantation sur la figure ci-après) :

- Un premier bassin versant couvrant un linéaire de 540 m entre le giratoire existant et le 3ème carrefour (en partant du giratoire) ;

- Un second bassin versant d'un linéaire de 380 m partant du carrefour évoqué au point précédent et la bretelle de sortie de la RN 1.

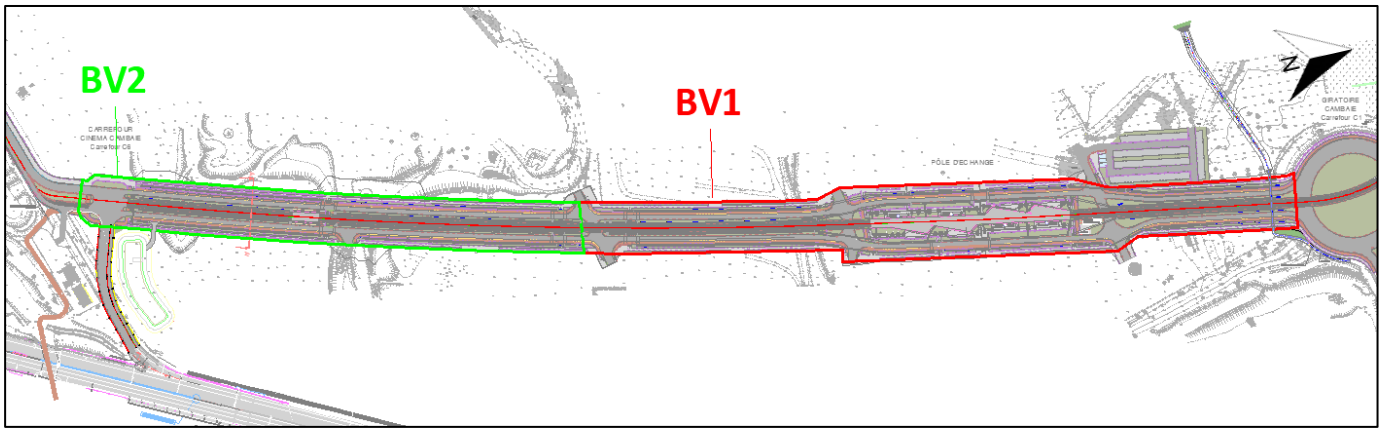


Figure 142 : Bassins versants routiers du secteur n°1

Les débits caractéristiques de ces deux bassins versants (état actuel et état projet) sont synthétisés dans le tableau suivant et ont été déterminés suivant la méthodologie décrite au Guide sur les modalités de gestion des eaux pluviales à La Réunion (DEAL – 2012).

Tableau 39 : Débits caractéristiques sur le secteur n°1

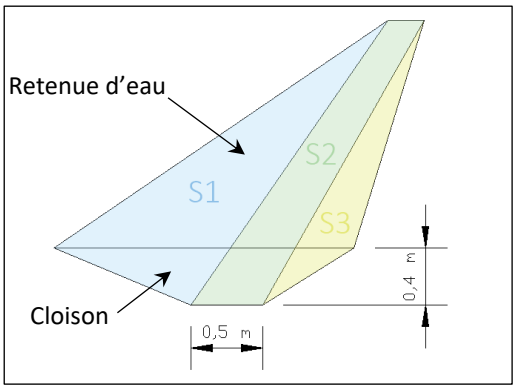
	Q_{2ans} initial (m^3/s)	Q_{2ans} futur (m^3/s)	Q_{30ans} initial (m^3/s)	Q_{30ans} futur (m^3/s)
BV1	0,095	0,270	0,365	0,545
BV2	0,085	0,235	0,320	0,475

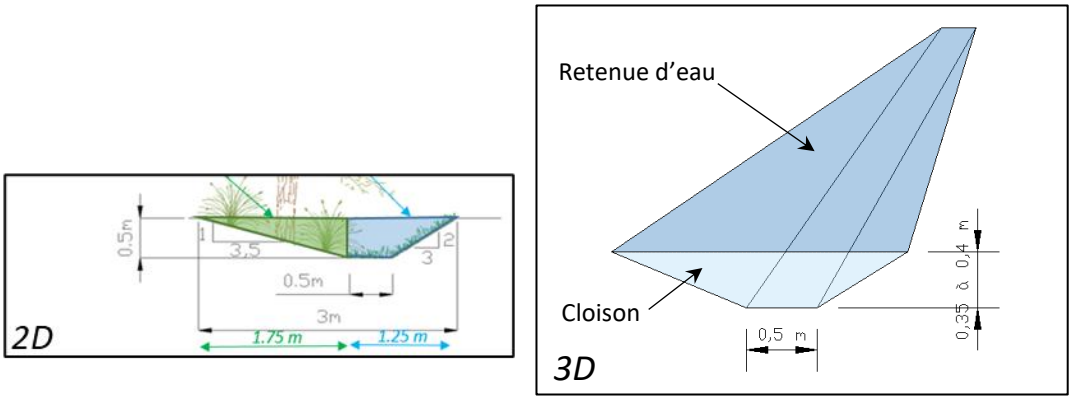
Sur le bassin versant n°1, correspondant au tronçon de voirie Nord, la pente longitudinale des noues est comprise entre **1,7 et 1,9 %** ce qui revient à mettre en œuvre un total de **62 cloisons**. Pour rappel, ce secteur bénéficie d'une bonne capacité d'infiltration qui permet la gestion des eaux pluviales jusqu'à une pluie de période de retour de 5 ans.

Sur le bassin versant n°1, correspondant au tronçon de voirie Nord, la pente longitudinale des noues est comprise entre **1,5 et 4,5 %** ce qui revient à mettre en œuvre 3,5 à 11 cloisons par 100 ml de noue (suivant la pente considérée). En effet, plus la pente longitudinale de la noue est forte, plus il est nécessaire de mettre en place des cloisons pour que celle-ci joue pleinement son rôle de ralentisseur des écoulements et d'infiltration en maximisant la surface d'échange. Pour rappel, ce secteur bénéficie d'une bonne capacité d'infiltration qui permet la gestion des eaux pluviales jusqu'à une pluie de période de retour de 5 ans.

La surface d'échange avec le sous-sol en amont de chacune de ces cloisons (formation d'une petite retenue d'eau – cf. schéma explicatif suivant) atteint 1 850 m² ce qui, considérant la perméabilité du sol (cf. valeurs citées précédemment) et un colmatage possible de 50 %[9], assure un débit d'infiltration de 310 l/s globalement équivalent au débit projet d'occurrence 5 ans.

[9] Référence guide ASTEE, Association Scientifique et Technique pour l'Eau et l'Assainissement





Pour un épisode pluvieux de période de retour 30 ans, le surplus de débit (235 l/s) serait transféré vers le bassin de rétention, situé à l'aval du BV2, via les noues latérales du BV2 dont la capacité permet de contenir cet apport complémentaire.

Rappelons que ce débit résiduel représente 60 % du débit initial Q_{30ans} ce qui est inférieur aux prescriptions du SDEP pour le BV1.

Sur le bassin versant n°2, côté Sud, la capacité d'infiltration étant moins bonne que sur le BV1, un bassin de rétention est envisagé pour réguler les débits. A noter que des cloisons seront tout de même mises en œuvre pour ralentir les écoulements. L'ouvrage de rétention est prévu en aval du BV2 à proximité de la Ravine La Plaine où s'effectue le rejet. Son dimensionnement est conforme aux prescriptions du SDEP de St-Paul et il disposera d'un volume minimal de 270 m^3.

Les caractéristiques de l'ouvrage de régulation des débits de ce bassin sont les suivantes :

- Orifice de fuite (calé en fond de bassin à 7,20 m NGR) → L=0,50m x H=0,20m ;
- Surverse (calée à la cote 7,56 m NGR) → L=4,00m x H=0,34m.

Pour mémoire, le SDEP de St-Paul, qui s'applique au projet et se substitue au guide des EP de la DEAL, classe la zone du projet en réglementation forte ce qui implique de mettre en œuvre un dispositif de rétention assurant un rejet inférieur ou égal à 80 % du débit initial pour une période de retour choisie suivant la norme NF-EN-752. Dans le cas présent, cette période est prise égale à 30 ans. Le projet prévoit néanmoins d'ajouter un orifice supplémentaire pour réguler également le débit de période de retour 2 ans (afin que pour cette période de retour, le débit rejeté soit également équivalent à 80% du débit initial).

La vérification des débits rejetés pour des périodes de retour intermédiaires a toutefois été menée pour chacun des bassins proposés. Les résultats spécifiques du bassin de rétention du secteur 1 sont retranscrits dans le tableau présenté ci-après.

BR du secteur 1				
T (ans)	**V (m³)**	**Q_{rejet} (80 % $Q_{initial}$) – l/s**	**Hauteur d'eau BR (m)**	**Ouvrages de restitution**
2	120	122	0.32	Section 0.50*0.20m
5	175	212	0.41	Section 0.50*0.20m + surverse 4.00*0.05m
10	225	278	0.44	Section 0.50*0.20m + surverse 4.00*0.08m
20	260	392	0.48	Section 0.50*0.20m + surverse 4.00*0.12m
30	270	460	0.50	Section 0.50*0.20m + surverse 4.00*0.14m

Précisons que ce bassin joue également le rôle de dépollution des eaux pluviales (La Ravine La Plaine et l'étang Saint-Paul étant des milieux à vulnérabilité forte).

L'intérêt du passage des EP du BV1 dans ce bassin (plutôt que d'effectuer un rejet direct dans le milieu naturel) est surtout de favoriser leur décantation avant rejet dans la Ravine La Plaine. Un aquatextile est posé dans le bassin pour retenir les hydrocarbures et stimuler la phytoremédiation.

- SECTEUR 2

Compte-tenu du profil en long du secteur 2 de l'axe mixte, présentant plusieurs points hauts et bas, un découpage en 3 bassins versants a été réalisé (cf. plan de situation sur la figure suivante).

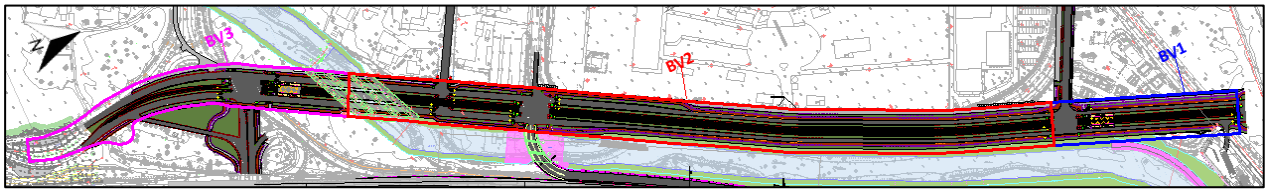


Figure 143 : Bassins versants routiers du secteur n°2

Les débits calculés pour chacun de ces bassins versants (suivant la même méthodologie que précédemment) sont synthétisés dans le tableau suivant :

Tableau 40 : Débits caractéristiques sur le secteur n°2

	Q_{2ans} initial (m³/s)	Q_{2ans} futur (m³/s)	Q_{30ans} initial (m³/s)	Q_{30ans} futur (m³/s)
BV1	0,035	0,097	0,133	0,197
BV2	0,225	0,330	0,555	0,663
BV3	0,075	0,180	0,235	0,346

Comme pour le bassin versant n 2 du secteur 1, la capacité d'infiltration est jugée moyenne si bien que la régulation des débits générés par le projet s'effectuera à l'aide de bassins de rétention. De la même manière, des cloisons seront mises en place pour ralentir les écoulements sur l'ensemble des noues dont la pente excède 1 %.

Les volumes de rétention nécessaires sur chacun des bassins versants ont été définis suivant la méthode des pluies et sont donnés dans le tableau suivant :

Tableau 41 : Volumes de rétention sur le secteur n°2

	Volume de rétention (m³)
BV1	150
BV2	250
BV3	175

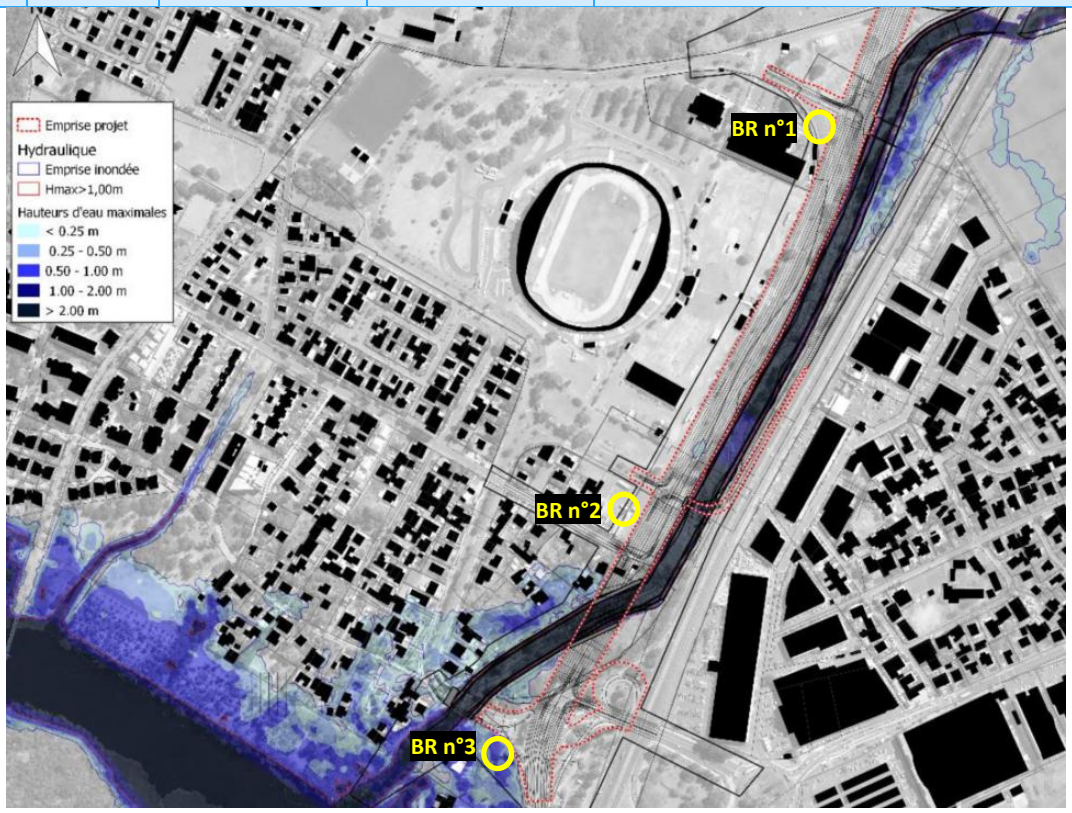
Les caractéristiques des ouvrages de régulation des débits de ces 3 bassins de rétention sont les suivantes :

- BV1 :
  - Orifice de fuite (calé en fond de bassin à 5,57 m NGR) → DN125 ;
  - Surverse (calée à la cote 6,37 m NGR) → L=0,65m x H=0,20m
- BV2 :
  - Orifice de fuite (calé en fond de bassin à 2,55 m NGR) → L=0,40m x H=0,20m ;
  - Surverse (calée à la cote 3,35 m NGR) → L=1,65m x H=0,20m
- BV3 :
  - Orifice de fuite (calé en fond de bassin à 1,90 m NGR) → L=0,17m x H=0,15m ;
  - Surverse (calée à la cote 2,75 m NGR) → L=0,75m x H=0,15m

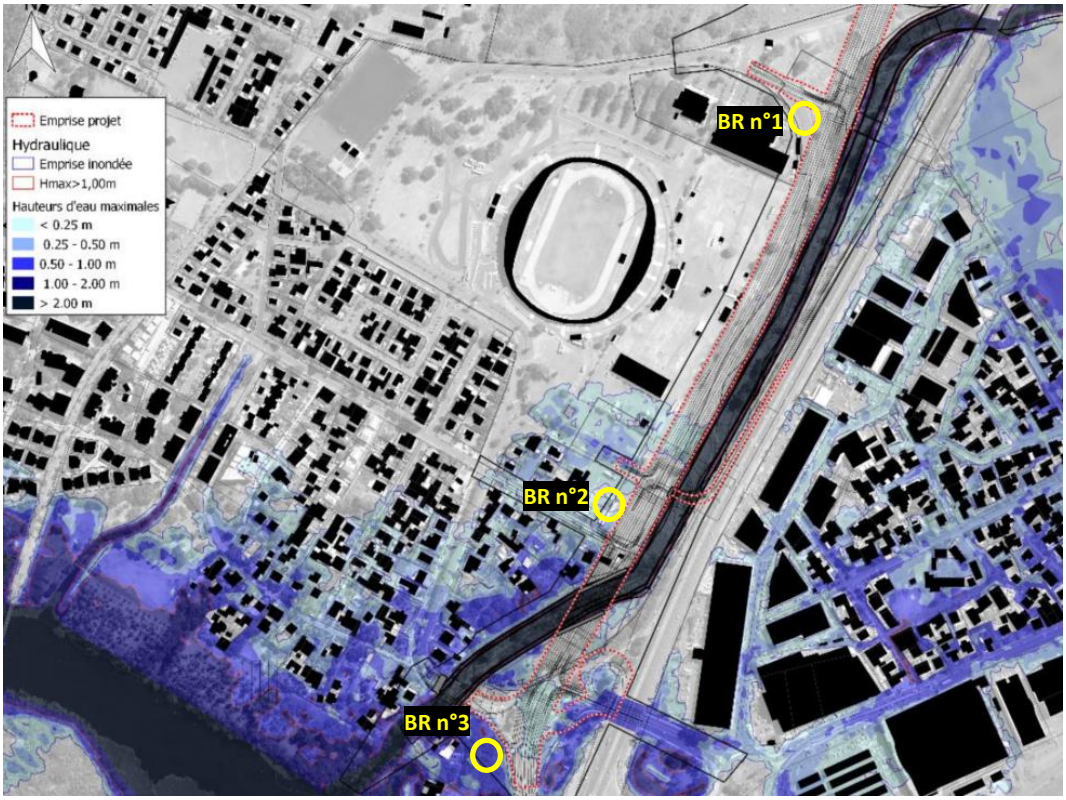
Comme pour le bassin de rétention du secteur 1, la vérification des débits rejetés par ces ouvrages pour des périodes de retour intermédiaires a été réalisée et est synthétisée dans le tableau suivant. A noter toutefois que, compte-tenu de l'inondabilité de certains bassins du secteur 2 à partir de la crue de période de retour 10 ans de la Ravine La Plaine (cf. implantation des futurs bassins sur les cartes des zones inondables état projet ci-après), leurs ouvrages de restitution ont été revus : Q_{30ans} pour le bassin de rétention n°1, Q_{20ans} pour le BR n°2 et Q_{10ans} pour le BR n°3.

BR1 du secteur 2				
T (ans)	**V (m³)**	**Q_{rejet} (80 % $Q_{initial}$) – l/s**	**Hauteur d'eau BR (m)**	**Ouvrages de restitution**
2	150	28	0.80	Section DN125
5	110	49	0.88	Section DN125 + surverse 0.65*0.08m
10	107	64	0.91	Section DN125 + surverse 0.65*0.11m
20	90	91	0.97	Section DN125 + surverse 0.65*0.17m
30	85	107	0.99	Section DN125 + surverse 0.65*0.19m
BR2 du secteur 2				
T (ans)	**V (m³)**	**Q_{rejet} (80 % $Q_{initial}$) – l/s**	**Hauteur d'eau BR (m)**	**Ouvrages de restitution**
2	190	180	0.80	Section 0.40*0.20m
5	210	256	0.90	Section 0.20*0.40m + surverse 1.65*0.10m
10	230	313	0.94	Section 0.20*0.40m + surverse 1.65*0.14m
20	250	395	0.99	Section 0.20*0.40m + surverse 1.65*0.19m

BR3 du secteur 2				
T (ans)	**V (m³)**	**Q_{rejet} (80 % $Q_{initial}$) – l/s**	**Hauteur d'eau BR (m)**	**Ouvrages de restitution**
2	175	59	0.85	Section 0.17*0.15m
5	145	95	0.95	Section 0.17*0.15m + surverse 0.75*0.10m
10	145	121	0.99	Section 0.17*0.15m + surverse 0.75*0.15m



Crue de période de retour 10 ans de la Ravine La Plaine



Crue de période de retour 30 ans de la Ravine La Plaine

TRAITEMENT DE LA POLLUTION CHRONIQUE DES EAUX PLUVIALES

Les pollutions chroniques liés aux infrastructures routières résultent du lessivage des produits accumulés sur la chaussée, tels que : hydrocarbures, huiles, caoutchouc, métaux lourds, etc., mais également des produits issus de l'usure de la chaussée.

Une grande partie de ces polluants se fixe sur les matières en suspension (MES) véhiculées par les eaux de ruissellement pluvial (évaluée à près de 80 %). Par conséquent, favoriser la décantation des MES, en ralentissant les écoulements participe grandement à diminuer la concentration en polluants des eaux pluviales.

Pour quantifier les charges polluantes générées par une infrastructure routière, la méthodologie décrite dans le guide technique du Service Technique des Routes et Autoroutes (SETRA) intitulé, *« Pollution routière – Conception des ouvrages de traitement des eaux »* (2007), est employée et permet d'estimer les charges polluantes annuelles en fonction du trafic moyen journalier (MES, DCO, zinc, cuivre, cadmium et hydrocarbures). Les valeurs sont définies dans le tableau suivant :

	MES (kg)	DCO (kg)	Zn (kg)	CU (kg)	Cd (g)	Hc totaux (g)	HAP* (g)
Charges unitaires annuelles (Cu) à l'hectare imperméabilisé pour un trafic ≤ 1000 véhicules/jour	40	40	0,4	0,02	2	600	0,08

** : hydrocarbure aromatique polycyclique*

La charge annuelle est donnée par l'expression suivante :

Ca= Cu x (T/1000) x S

Avec :

- Ca = charge annuelle en kg (ou en g pour Cd et Hc totaux) ;
- Cu = charge unitaire annuelle en kg/ha pour 1 000 v/j ;
- T = trafic global en v/j ;
- S = surface imperméabilisée en ha.

Considérant un trafic global de 10 000 véhicules par jour sur une surface circulable totale de 3,3 ha, les charges polluantes annuelles sont donc les suivantes :

	MES (kg)	DCO (kg)	Zn (kg)	CU (kg)	Cd (g)	Hc totaux (g)	HAP (g)
Charges annuelles (Ca)	1 320	1 320	13	0,66	66	19 800	2,64

- **<u>Concentration moyenne sur l'année des rejets d'eaux pluviales</u>**

La concentration moyenne sur l'année est calculée de la manière suivante :

Cm = Ca x (1-t) / (9 x S x H)

Avec :

- Cm = concentration moyenne annuelle en mg/l ;
- Ca = charge annuelle en kg ;
- t = taux d'abattement des ouvrages de traitement (0 pour l'état initial) ;
- S = surface imperméabilisée en ha ;
- H = hauteur de pluie moyenne annuelle en m.

La pluviométrie moyenne annuelle sur la zone d'étude est évaluée à 580 mm.

- **<u>Concentration maximale des rejets d'eaux pluviales</u>**

Pour les surfaces concernées par une pollution d'origine routière, les mesures issues des sites expérimentaux ont montré que l'événement de pointe est proportionnel à la charge polluante annuelle, et est directement lié à la hauteur de pluie qui génère cet événement de pointe. La relation s'établit de la manière suivante :

Fr = 2,3 x h

Avec

- Fr = fraction maximale de la charge polluante annuelle mobilisable par un événement de pointe ;
- h = hauteur d'eau, en mètres, de l'événement pluvieux de pointe (limité à 0,15 m).

Ainsi, d'après cette formule, un événement de pointe très intense est susceptible d'entraîner en une seule fois un tiers de la pollution annuelle.

La concentration en polluant des eaux rejetées (Ce, en mg/l) est alors calculée selon la formule :

Ce = Fr x Ca x (1-t) / (10 x S x h)

(Ca est exprimé en kg, S en ha et h en m)

Cette formule a été utilisée pour calculer les concentrations rejetées par les surfaces d'évolution des véhicules, mais elle ne s'applique pas aux autres formes de pollution des eaux pluviales.

- **Synthèse des taux de rejet calculés**

	MES	DCO	Zn	Cu	Cd	Hc totaux	Hap
Concentrations moyennes annuelles (mg/l)	77	77	0,77	0,038	0,004	1,15	0,00015
Concentrations maximales annuelles (mg/l)	92	92	0,92	0,046	0,005	1,38	0,00018

- **Comparaison par rapport aux objectifs de qualité en vigueur**

L'arrêté du 25 janvier 2010, relatif aux méthodes et critères d'évaluation de l'état écologique, de l'état chimique et du potentiel écologique des eaux de surface, pris en application des articles R. 212-10, R. 212-11 et R.212-18 du Code de l'Environnement, ne définit pas de seuils spécifiques pour l'ile de La Réunion, en qui concerne les paramètres MES, DCO, Zn, Cu, Cd et hydrocarbures totaux.

En l'absence de seuils définis localement, il est donc proposé de retenir les seuils suivants, usuellement retenus par la DEAL sur des projets routiers équivalents.

PARAMETRES	SEUILS POSSIBLES COURS D'EAU EN MG/L	SEUILS POSSIBLES EAUX BRUTES EN MG/L	
		Moyenne	Maximum
MES	50	25	-
DCO	30	30	-
Zn	-	1	5
Cu	-	1	-
Cd	-	0,001	0,005
Hc totaux	-	0,5	1
HAP	-	-	0,001

A la lecture de ce tableau, on constate que les rejets ne respecteraient pas les seuils vis-à-vis des matières en suspension, de la DCO, du cadmium et des hydrocarbures totaux. Par conséquent, leur traitement avant rejet apparait nécessaire.

→ Impact potentiel modéré

7.2.3.2 Mesures

7.2.3.2.1 Phase travaux

1. Concernant la plateforme routière et la Zone PPR Oméga

Evitement :

Réduction :

- **Pour lutter contre et traiter la pollution chronique :**

x. Réalisation des bassins tampons et noues dès le début des travaux. Des dispositifs d'assainissement provisoire pourront s'ajouter (bassins de décantation doublés d'un géotextile, à chaque point bas sur chaque aire de chantier permettant aux eaux de ruissellement issues des zones de travaux d'être drainées, traitées et rejetées au milieu naturel). Des merlons en limite d'aire de travail sont installés afin d'isoler les aires de travail et de diriger les eaux vers les systèmes de traitement des eaux de surface. Ces ouvrages de traitement des eaux pluviales sont réalisés dès le début des travaux et entretenus durant toute la durée du chantier. Un cahier d'entretien de ces ouvrages est tenu et mis à disposition des agents en charge de la police de l'eau.

xi. Entretien des engins : L'entretien des engins de travaux sera réalisé en dehors du périmètre du chantier. Une vigilance sera apportée aux fuites d'huiles des engins.

xii. L'usage de substances toxiques ou dangereuses est interdit, sauf en cas de nécessité technique dûment justifiée. Dans ce cas, leur utilisation est strictement encadrée et fait l'objet de mesures de prévention adaptées visant à éviter tout risque de pollution (stockage sécurisé, dispositifs de rétention, gestion des déchets, procédures d'intervention en cas de déversement accidentel). ;

xiii. Stockage des produits dangereux. Les produits toxiques ou dangereux ne seront pas stockés sur la zone d'étude. Une fois utilisés, tous les emballages, déchets, produits souillés ou pollués sont évacués conformément aux indications portées sur les fiches de données de sécurité des produits employés. Le brulage des déchets et interdit.

xiv. Ravitaillement des engins de chantier. Sur les sites d'installation de chantier, le ravitaillement des engins de chantier sera réalisé sur une aire étanche entourée par un caniveau et reliée à un point bas permettant la récupération totale des eaux ou des liquides résiduels. Si le ravitaillement en carburant des engins de chantier est fait directement sur le site, les réservoirs seront remplis avec des pompes à arrêt automatique.

xv. La laitance de nettoyage des engins et outils à béton sera déversée dans des fosses étanches prévues à cet effet. Les produits ainsi accumulés seront transportés vers un lieu de dépôt agréé.

- **Pour lutter contre les pollutions accidentelles**

xvi. Information et formations des entreprises de travaux sur les procédures à suivre en cas de pollution accidentelles, à savoir,

  - *Arrêt immédiat de l'engin d'où provient la fuite ;*
  - *Avertir le plus rapidement possible le service mécanique concerné ; et les services concernés : Région, Police de l'eau, ARS, le TO et la Mairie.*
  - *Une procédure sera établie avant le démarrage des travaux (liste des interlocuteurs, numéros de téléphone,….)*
  - *Si possible, étancher la fuite ;*
  - *Si la fuite persiste, poser un bas de vidange ou un autre contenant pour récupérer les produits polluants continuant à se déverser ;*
  - *Mettre en place des produits absorbants (sciure de bois, boudins, granulés, feuilles absorbantes, etc.) pour récupérer le maximum de produits polluants déversés ;*
  - *Limiter au maximum l'étendue du polluant :*
    - *Cas d'un déversement sur le sol : reconnaître le cheminement du produit et contenir la dispersion du polluant à l'aide de barrage de terre, de boudins, etc. ;*
    - *Cas d'un déversement dans l'eau (huile notamment) : isoler la pollution en surface (dans les zones de faible turbulence) grâce à des boudins ou à des barrages absorbants flottants.*
    - *En cas de déversement de polluants (hydrocarbures) directement dans les eaux de la ravine, il conviendra de compléter les mesures d'urgence définies ci-dessus par :*

- *L'épandage de produits absorbants ;*
- *La mobilisation d'une société spécialisée dans le pompage des eaux de surface souillées.*

xvii. En fonction des caractéristiques de la pollution, des procédés de traitement des eaux et/ou des sols devront être mis en œuvre. Dans le cas de déversement de polluants sur le sol, hydrocarbures notamment, les mesures d'urgence définie précédemment seront complétées des mesures suivantes :

- *Décapage soigneux de la zone polluée avec une pelle jusqu'au sol sain ;*
- *Stockage de la terre polluée à l'écart du milieu sensible, sur aire étanche type polyane ;*
- *Evacuation rapide des sols pollués par une entreprise spécialisée vers un site agréé.*

xviii. Compactage des pistes de chantier lors de leur réalisation ;

Compensation : Sans

2. Concernant le recalibrage de la Ravine la Plaine, les travaux de franchissements de la R. la Plaine et la suppression du radier

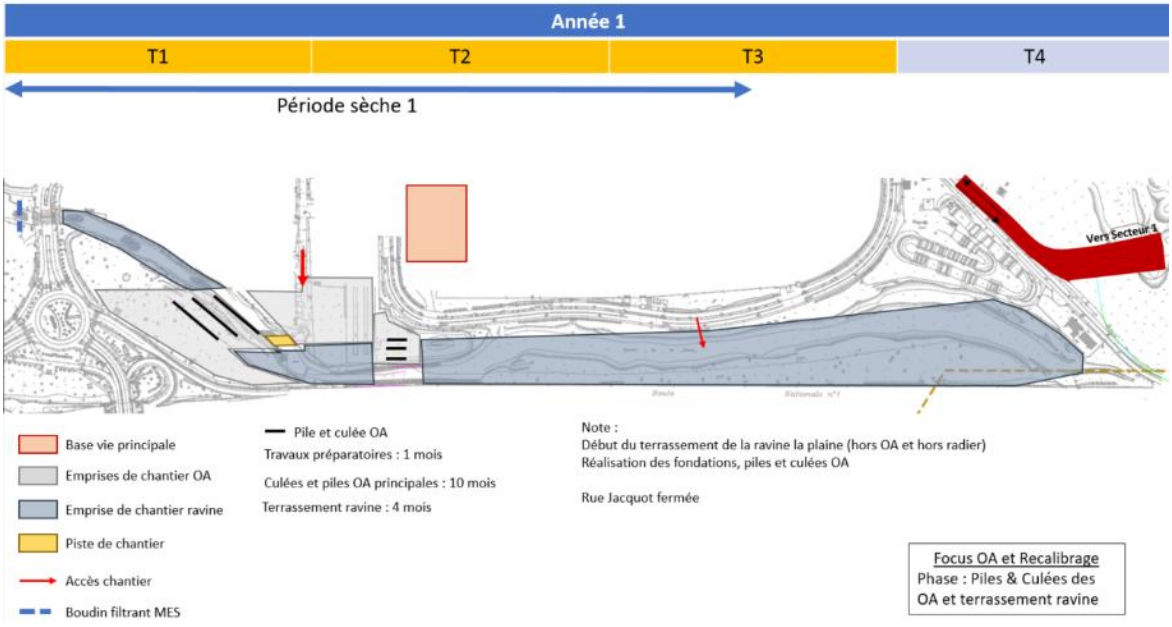
Evitement : sans

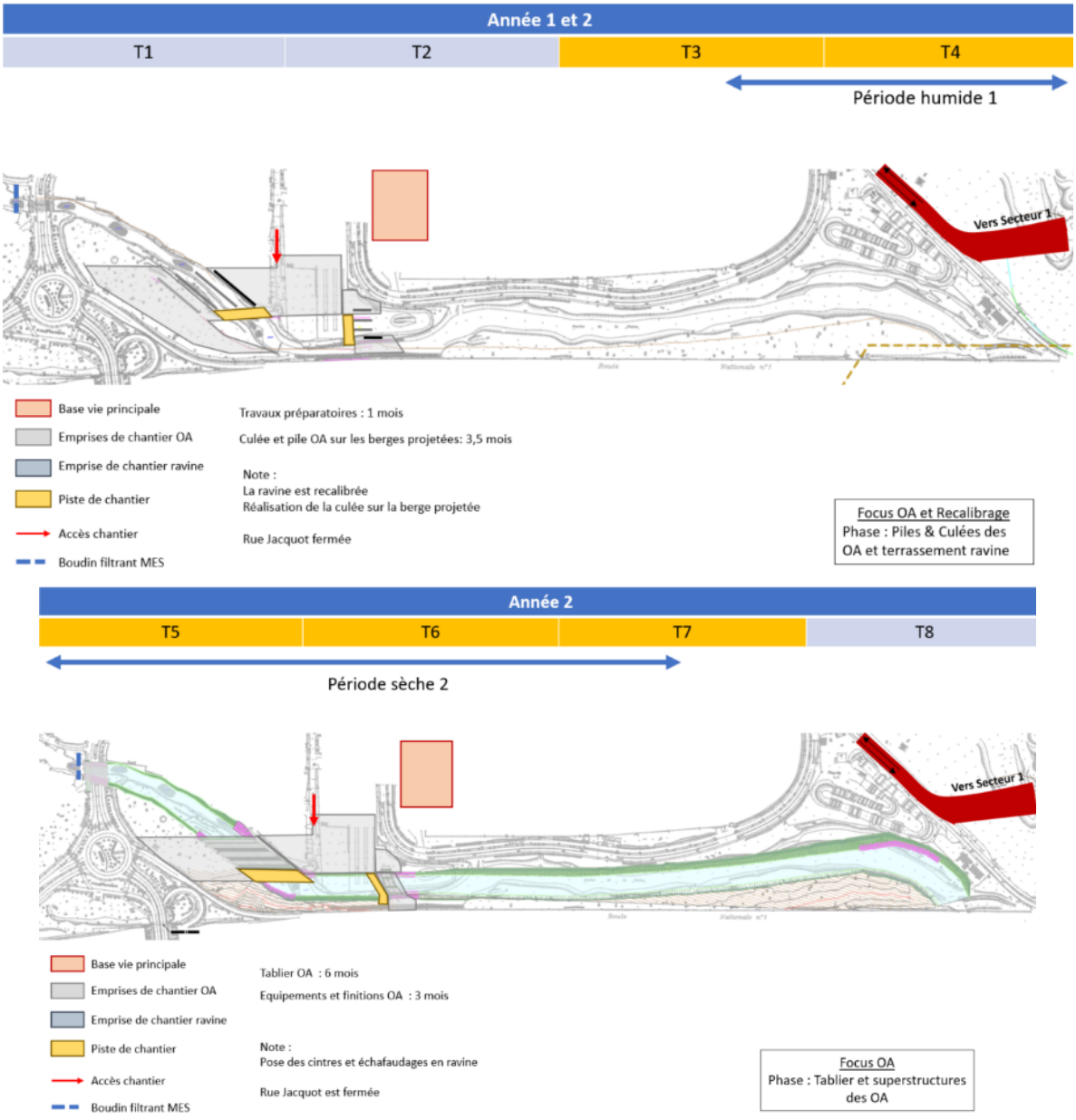
Réduction :

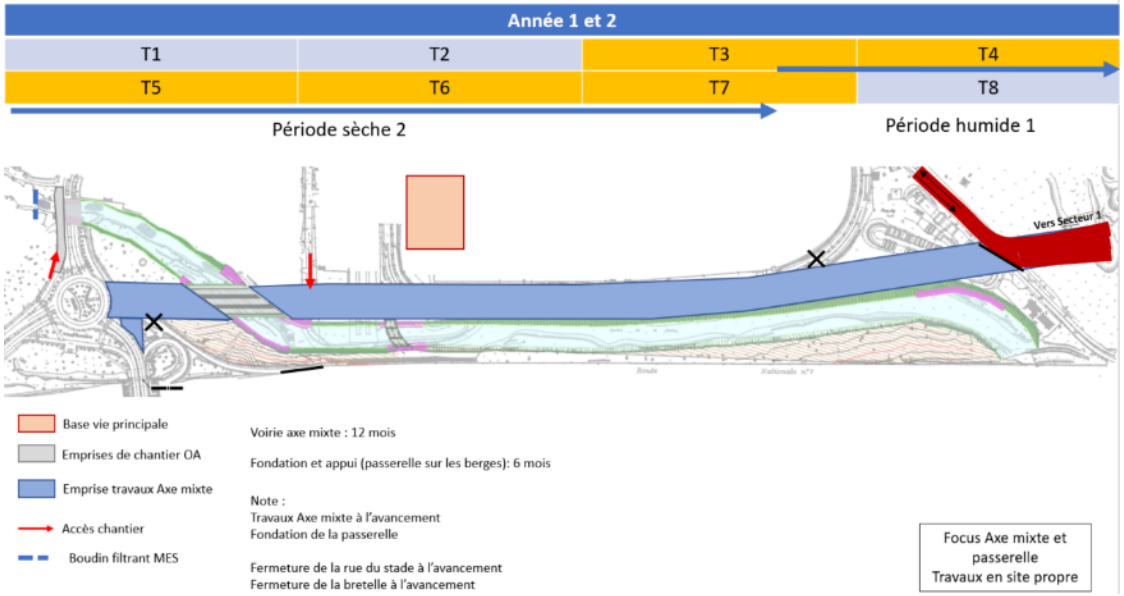
xix. Les travaux sont réalisés majoritairement en période sèche.

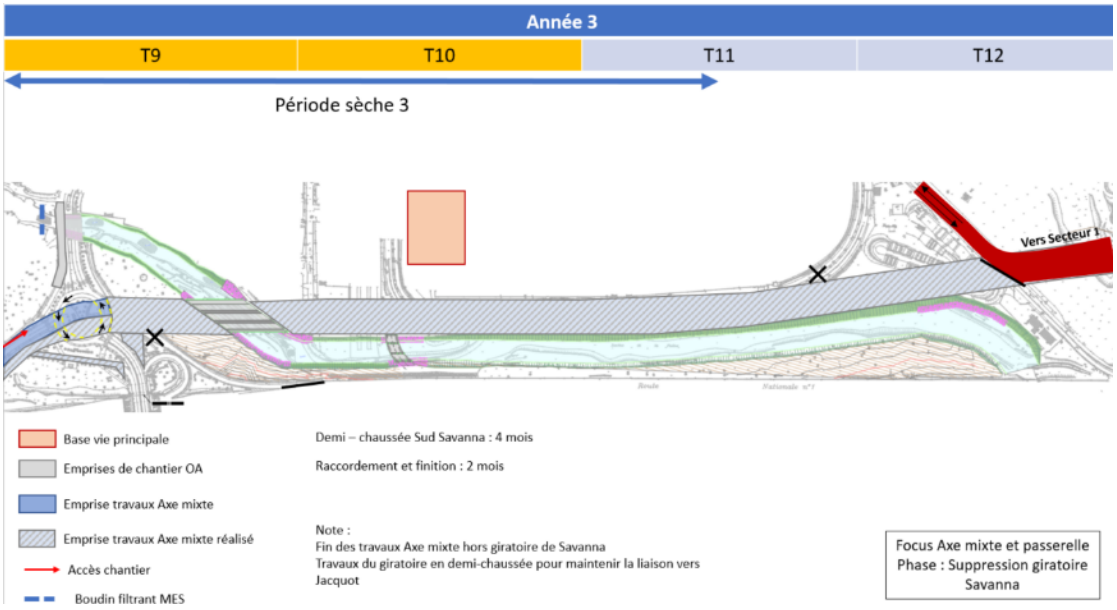
Les travaux préparatoires visent au défrichement des parcelles concernées par le recalibrage. Ils seront réalisés dans la temporalité décrite dans les effets mesures sur le milieu naturel, en période sèche. Les travaux de recalibrage peuvent être réalisés à l'avancée du défrichement. Les piles et culées des ouvrages de franchissement sont situés principalement hors du lit mineur actuel, hormis la culée rive droite de l'ouvrage principal. Les travaux de recalibrage à leurs endroits sont donc réalisés en décalé, post réalisation des ouvrages.

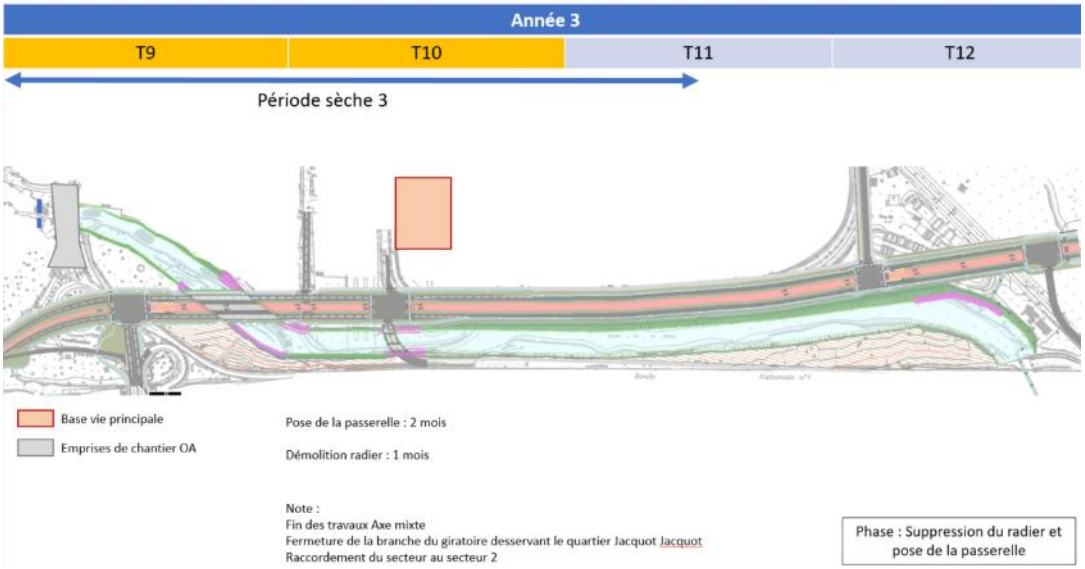
Il est présenté ci-après le mode opératoire phasé des travaux réalisés en cours d'eau. Il s'agit de principe de réalisation qui peuvent être adaptés aux conditions réelles de saisonnalité.




Année 1 et 2
T1
T2
T3
T4
Période humide 1
Vers Secteur 1
Base vie principale
Emprises de chantier OA
Emprise de chantier ravine
Piste de chantier
Accès chantier
Boudin filtrant MES
Travaux préparatoires : 1 mois
Culée et pile OA sur les berges projetées: 3,5 mois
Note :
La ravine est recalibrée
Réalisation de la culée sur la berge projetée
Rue Jacquot fermée
Focus OA et Recalibrage
Phase : Piles & Culées des OA et terrassement ravine
Année 2
T5
T6
T7
T8
Période sèche 2
Vers Secteur 1
Base vie principale
Emprises de chantier OA
Emprise de chantier ravine
Piste de chantier
Accès chantier
Boudin filtrant MES
Tablier OA : 6 mois
Equipements et finitions OA : 3 mois
Note :
Pose des cintres et échafaudages en ravine
Rue Jacquot est fermée
Focus OA
Phase : Tablier et superstructures des OA


Année 1 et 2
T1
T2
T3
T4
T5
T6
T7
T8
Période sèche 2
Période humide 1
Vers Secteur 1
Base vie principale
Emprises de chantier OA
Emprise travaux Axe mixte
Accès chantier
Boudin filtrant MES
Voirie axe mixte : 12 mois
Fondation et appui (passerelle sur les berges): 6 mois
Note :
Travaux Axe mixte à l'avancement
Fondation de la passerelle
Fermeture de la rue du stade à l'avancement
Fermeture de la bretelle à l'avancement
Focus Axe mixte et passerelle
Travaux en site propre


Année 3
T9
T10
T11
T12
Période sèche 3
Vers Secteur 1
Base vie principale
Emprises de chantier OA
Emprise travaux Axe mixte
Emprise travaux Axe mixte réalisé
Accès chantier
Boudin filtrant MES
Demi – chaussée Sud Savanna : 4 mois
Raccordement et finition : 2 mois
Note :
Fin des travaux Axe mixte hors giratoire de Savanna
Travaux du giratoire en demi-chaussée pour maintenir la liaison vers Jacquot
Focus Axe mixte et passerelle
Phase : Suppression giratoire Savanna


Année 3
T9
T10
T11
T12
Période sèche 3
Base vie principale
Emprises de chantier OA
Pose de la passerelle : 2 mois
Démolition radier : 1 mois
Note :
Fin des travaux Axe mixte
Fermeture de la branche du giratoire desservant le quartier Jacquot Jacquot
Raccordement du secteur au secteur 2
Phase : Suppression du radier et pose de la passerelle

En fonction de la présence ou l'absence d'eau, hors crue, dans la Ravine, et afin de réduire au maximum l'incidence des travaux dans celle-ci, des mesures sont prises pour limiter les impacts du projet de recalibrage de la Ravine la Plaine en phase travaux et pour optimiser le rôle de corridor écologique du cours d'eau post travaux.

xx. Mise en place d'un filet anti MES à l'aval du radier

Le projet prévoit l'implantation d'un filet pour retenir les Matières En Suspension MES à l'aval immédiat du radier routier existant sur la ravine la Plaine. En effet, le projet va inévitablement entraîner des apports terrigènes dans le milieu. Pour éviter l'étouffement du milieu, il est donc prévu d'implanter un filet anti MES.

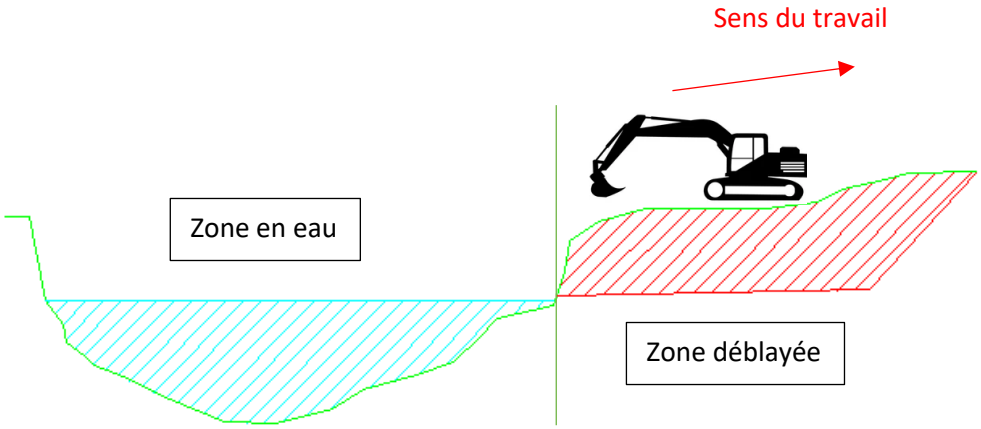
Des merlons seront disposés à l'avancement des travaux pour isoler les phases des travaux les plus sensibles du milieu naturel. On recense notamment les travaux de fondations, des ouvrages d'art, de protections de berges en interface directe avec le terrain naturel, pouvant engendrer des apports terrigènes dans le milieu.

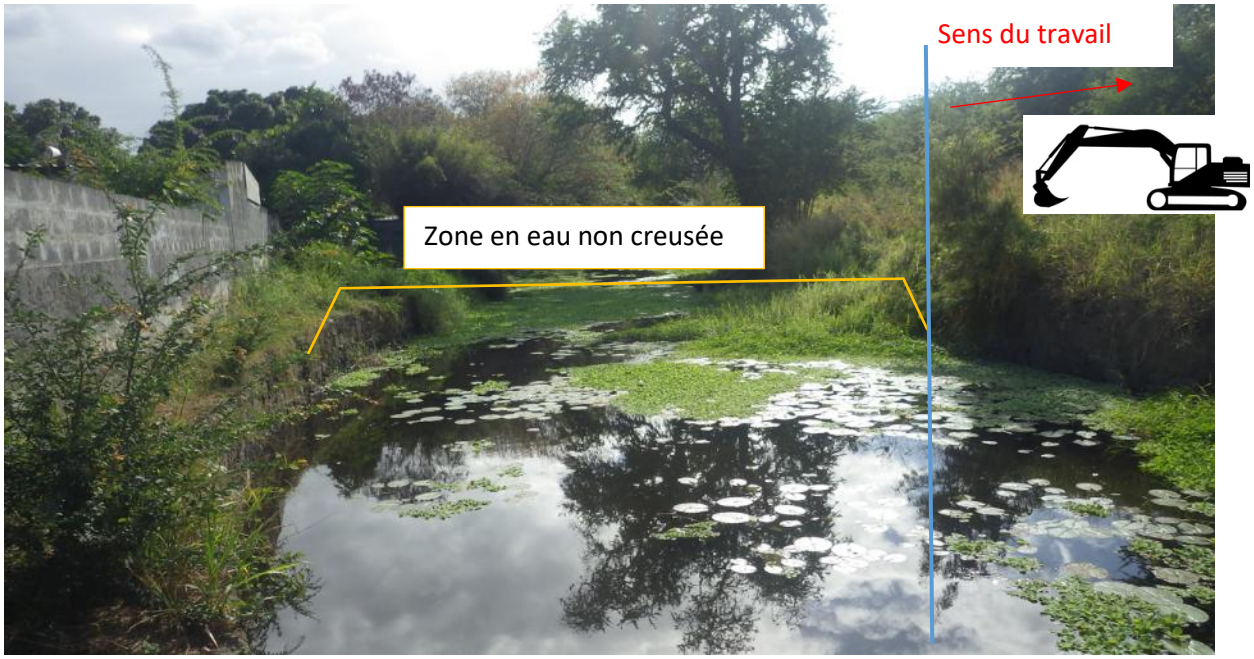
xxi. Elargissement du lit mineur principalement réalisé depuis les berges et profilage du lit de la ravine favorable à la biodiversité

L'objectif est de ne pas intervenir, dans la mesure du possible, dans la zone en eau. Pour ce faire, l'intervention se fait uniquement dans la zone hors d'eau où la zone est décaissée jusqu'à un niveau supérieur de quelques cm au niveau d'eau au moment des travaux. Les méthodologies de terrassement sont définies, afin d'éviter les interfaces avec la zone en eau.

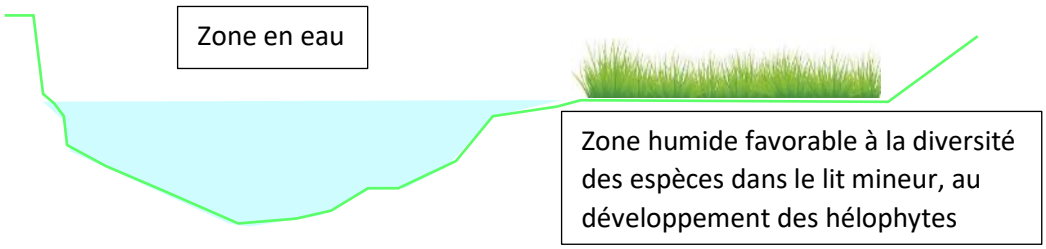
Les machines n'iront pas dans l'eau. Aucun creusement du lit mineur n'est nécessaire. Le travail débutera au plus proche de la berge rive gauche, puis évoluera vers l'extérieur jusqu'à l'obtention du profil recherché. Les engins qui travailleront en proximité immédiate du cours d'eau seront chacun équipé d'un kit antipollution déployable dans le cours d'eau.

Etat initial





Etat travaux



xxii. Pour la réalisation des piles des franchissements situés dans le lit mineur de la Ravine la Plaine et en contact avec le milieu aquatique, l'usage de bétons et de boues bentonitiques dans le lit de la rivière (pour les fondations notamment) peut modifier de manière significative le pH de l'eau, même dans l'aquifère, et tout particulièrement dans le cas de fondations profondes.
La mise en œuvre de ces matériaux sera encadrée par des mesures de confinement afin d'éviter leur dispersion dans le milieu naturel de la RNN. Ainsi un merlon isolera hydrauliquement la zone de travaux des milieux naturels à l'aval et les matériaux mis en œuvre devront être compatibles avec une utilisation en milieu aquatique.

Pendant cette phase, un suivi journalier, en amont et en aval des travaux permettra de détecter toute modification significative du pH de l'eau et de limiter les effets sur la faune aquatique. Le chantier sera suspendu en cas de dépassement d'un pH de 9, et une intervention antipollution d'urgence sera réalisé. Une communication immédiate aura été faite au Maitre d'Ouvrage et à la DEAL.

xxiii. Dans le cadre des travaux jugés sensibles (risque avéré de relargage MES), un suivi de la turbidité sera effectué de façon à s'assurer que les travaux n'entrainent pas une forte élévation de la turbidité et par conséquent afin de s'assurer de l'efficacité de la mesure de réduction
Le suivi sera réalisé ainsi : une mesure en amont des travaux si le milieu est en eau ; une mesure à l'aval immédiat des travaux ; une mesure derrière le rideau anti MES.

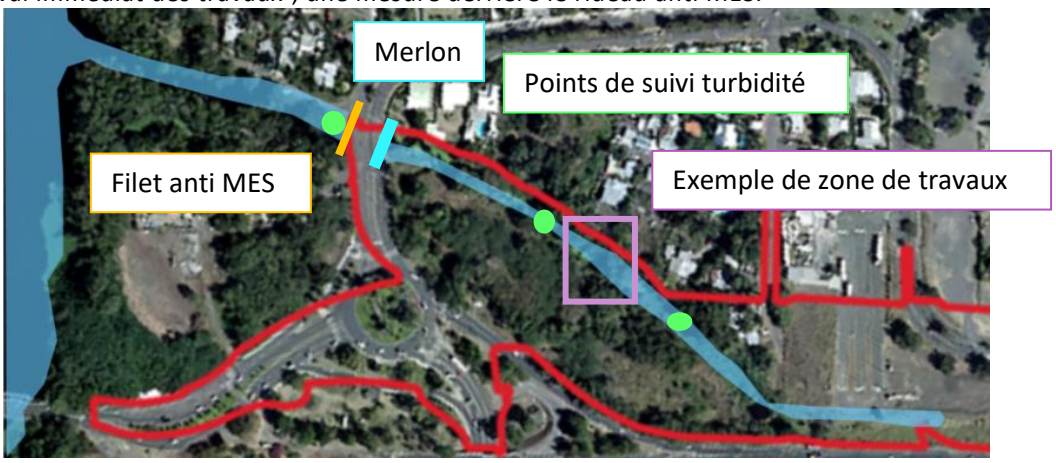


Figure 144 Exemple d'échantillonnage de la turbidité pour une zone de travaux

Suivi/accompagnement : Le chantier fait l'objet d'un suivi environnemental qui sera particulièrement attentif aux travaux réalisés en cours d'eau et aux atteintes sur la qualité des eaux.

→ Impact résiduel modéré

7.2.3.2.2 Phase exploitation

Evitement :

xxiv. Toute utilisation de produits phytosanitaires est proscrite

Réduction :

xxv. Définition des ouvrages de traitement des eaux pluviales Réalisation de 4 bassins de rétention respectivement de 850, 285, 480 et 290 m² qui permettent de respecter le taux d'abattement de pollution de 80 %.

Dans le cas présent, le traitement des eaux pluviales issues du ruissellement sur la chaussée s'effectuera au sein des noues (dont les pentes seront minorées grâce aux cloisons ce qui limitera les vitesses et qui seront en grande partie enherbées) mais aussi et surtout dans les bassins de rétention.

Pour s'assurer d'une qualité de rejet en adéquation avec le milieu récepteur (Ravine La Plaine et Etang de Saint-Paul, milieu à vulnérabilité forte), les bassins de rétention doivent être dimensionnés pour permettre la décantation des eaux drainées en visant - a minima - l'objectif de 80 % de taux d'abattement des MES.

Pour atteindre cet objectif, la surface du bassin doit respecter la formule suivante (issue du guide SETRA) :

$$S = \left(\frac{(0{,}8 \times Qe) - Qs}{Vs \times ln \frac{0{,}8 \times Qe}{Qs}} \right) \times 3600$$

Avec :

- S = surface du bassin en m² ;
- Qe = débit d'entrée en m^3/s ;
- Qs = débit de sortie ;
- Vs = vitesse de sédimentation recherchée en m/h (ici 1,66 m/h au maximum).

Si l'on considère les débits de période de retour 2 ans (entrée et sortie des ouvrages), la superficie des bassins doit donc être a minima de :

- 300 m² pour le bassin versant n°2 du secteur 1 si recueil exclusif du BV2 et de 850 m² avec les apports du BV1 ;
- 110 m² pour le bassin versant n°1 du secteur 2 ;
- 480 m² pour le bassin versant n°2 du secteur 2 ;
- 210 m² pour le bassin versant n°3 du secteur 2.

Dans le cas présent, les surfaces moyennes des 4 bassins de rétention sont respectivement de 850, 285, 480 et 290 m² ce qui permet de respecter le taux d'abattement de 80 %.

Conformément au guide du SETRA, les valeurs de rejet seraient ainsi les suivantes :

	MES	DCO	Zn	Cu	Cd	Hc totaux	HAP
Rendement du dispositif de « traitement » (%)	80	70 à 75	75 à 80	75 à 80	75 à 80	60	60
Concentrations moyennes annuelles (mg/l)	15,3	23	0,19	0,01	0,001	0,46	< 0,001
Seuils maximaux	*25 à 50*	*30*	*1*	*1*	*0,001*	*0,5*	-
Concentrations maximales annuelles (mg/l)	18,4	28	0,23	0,012	0,0012	0,55	< 0,001
Seuils maximaux	-	-	*5*	-	*0,005*	*1*	*0,001*

Ce tableau met en évidence que les ouvrages proposés respectent les seuils maximaux pour l'ensemble des paramètres.

Les figures présentées ci-après et pages suivantes illustrent les 4 bassins de rétention/décantation envisagés respectant à la fois le SDEP et la qualité des eaux du milieu récepteur.

Remarque :

Pour assurer leur entretien, tous les bassins seront munis d'une voie de circulation de 3,00 mètres de largeur autour des ouvrages. Ils seront par ailleurs fermés par une clôture pour des raisons de sécurité.

Une rampe de 3 mètres de large permettra d'accéder au fond des bassins pour les futures opérations d'entretien.

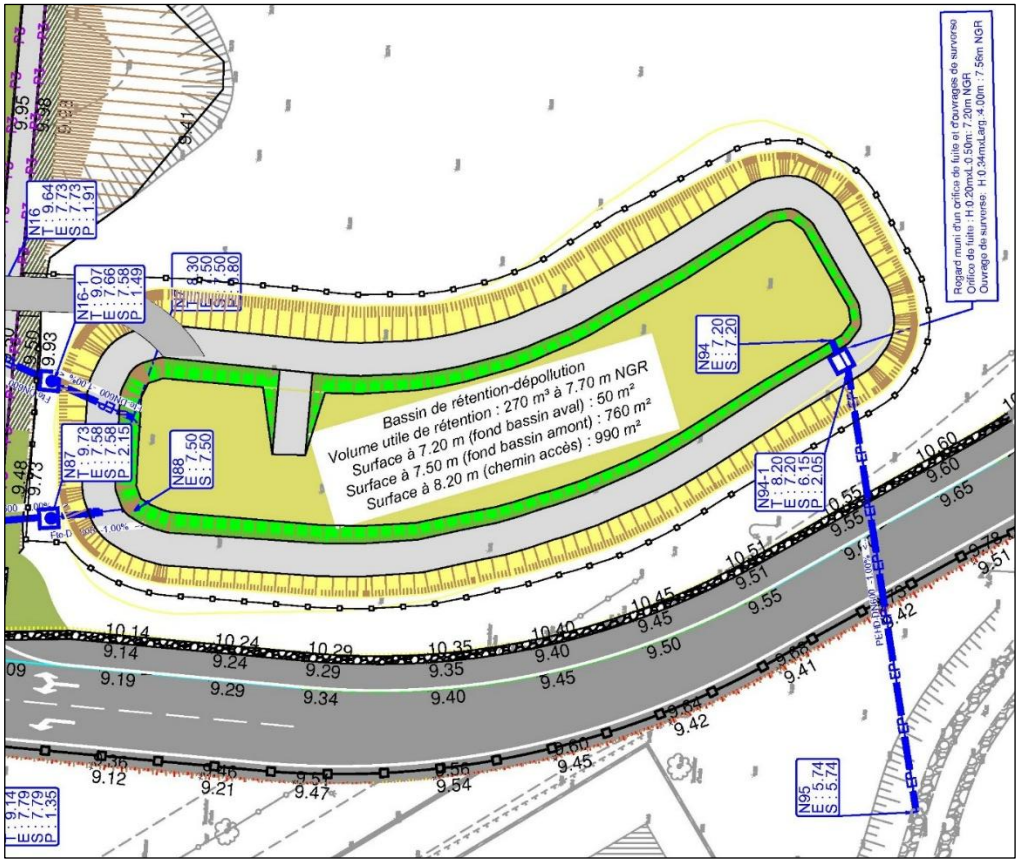
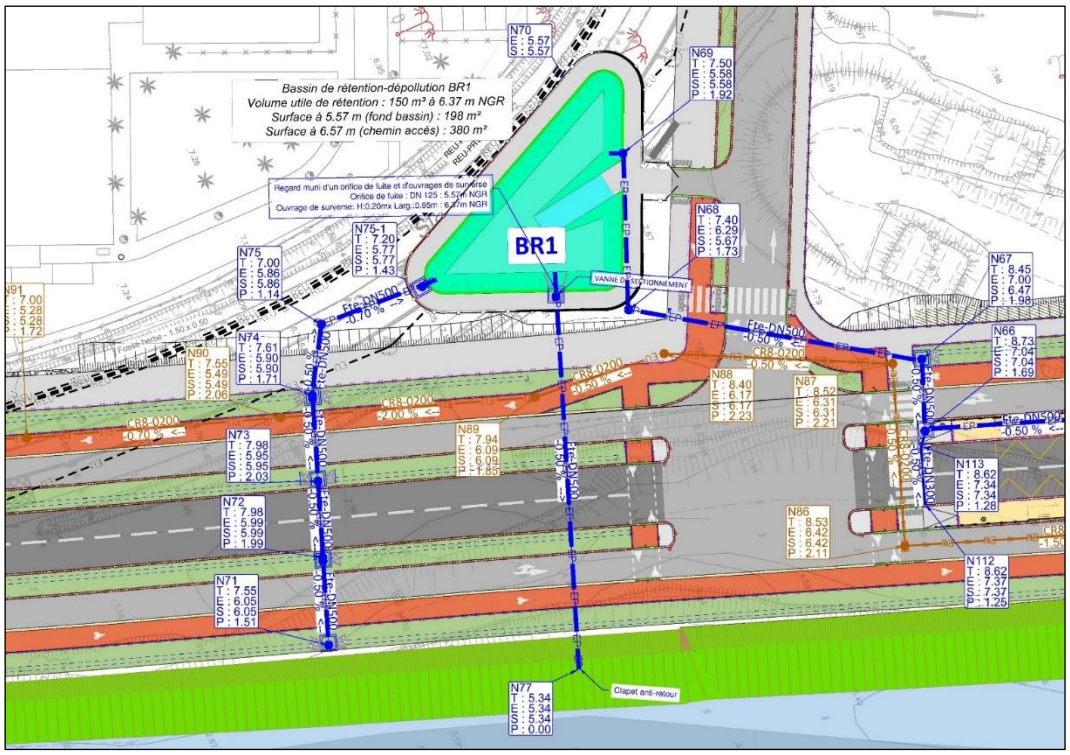


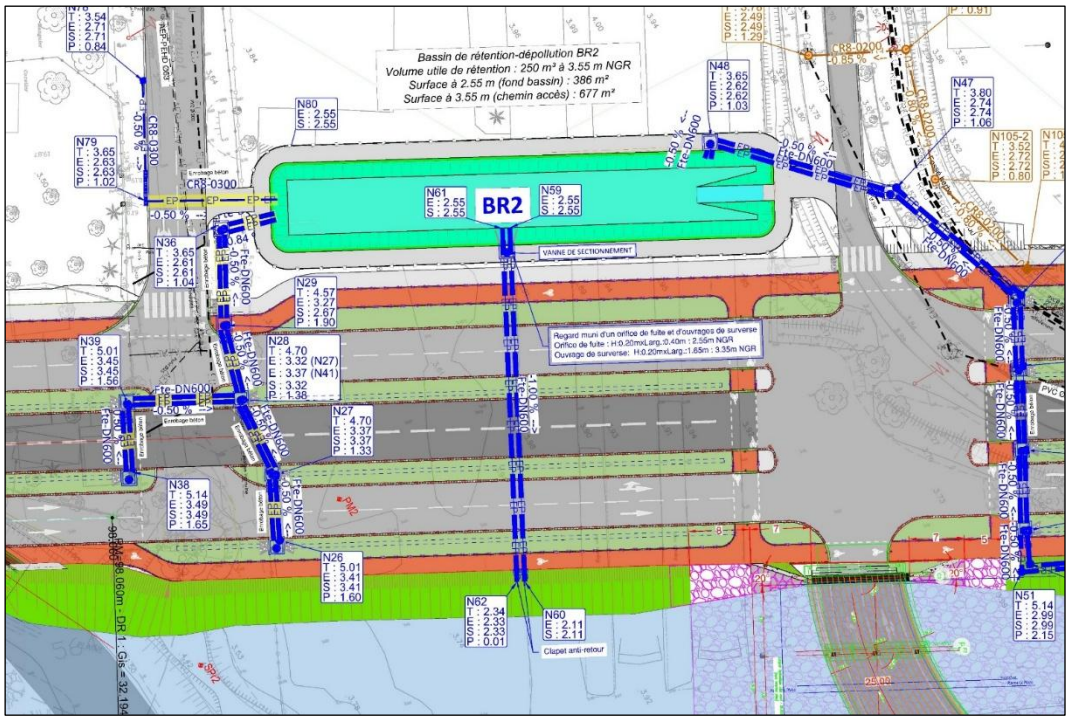
Figure 145 : Implantation du bassin de rétention du secteur 1

Ce bassin présente les caractéristiques suivantes :

- Volume de stockage (régulation des EP) de 270 m³ ;
- Surface moyenne de 600 m² ;
- Profondeur maximale du bassin : 1,00 m ;
- Cote de fond de bassin : 7,20 m NGR ;

Pente des talus : 3H/2V.


Bassin de rétention-dépolution BR1
Volume utile de rétention : 150 m³ à 6.37 m NGR
Surface à 5.57 m (fond bassin) : 198 m²
Surface à 6.57 m (chemin accès) : 380 m²
BR1
N70
E : 5.57
S : 5.57
N69
T : 7.50
E : 5.58
S : 5.58
P : 1.92
N68
T : 7.40
E : 6.29
S : 5.67
P : 1.73
N67
T : 8.45
E : 7.00
S : 6.47
P : 1.98
N66
T : 8.73
E : 7.04
S : 7.04
P : 1.69
N75-1
T : 7.20
E : 5.77
S : 5.77
P : 1.43
N75
T : 7.00
E : 5.86
S : 5.86
P : 1.14
N74
T : 7.61
E : 5.90
S : 5.90
P : 1.71
N90
T : 7.55
E : 5.49
S : 5.49
P : 2.06
N73
T : 7.98
E : 5.95
S : 5.95
P : 2.03
N72
T : 7.98
E : 5.99
S : 5.99
P : 1.99
N71
T : 7.55
E : 6.05
S : 6.05
P : 1.51
N89
T : 7.94
E : 6.09
S : 6.09
P : 1.85
N88
T : 8.40
E : 6.17
S : 6.17
P : 2.23
N87
T : 8.52
E : 6.31
S : 6.31
P : 2.21
N86
T : 8.53
E : 6.42
S : 6.42
P : 2.11
N113
T : 8.62
E : 7.34
S : 7.34
P : 1.28
N112
T : 8.62
E : 7.37
S : 7.37
P : 1.25
N77
T : 5.34
E : 5.34
S : 5.34
P : 0.00
Clapet anti-retour
VANNE DE SECTIONNEMENT
CRB-0200
-0.70 %
CRB-0200
-2.00 %
CRB-0200
-0.50 %
CRB-0200
-0.50 %
Fte-DN500
-0.50 %
Fte-DN500
-0.50 %
Fte-DN500



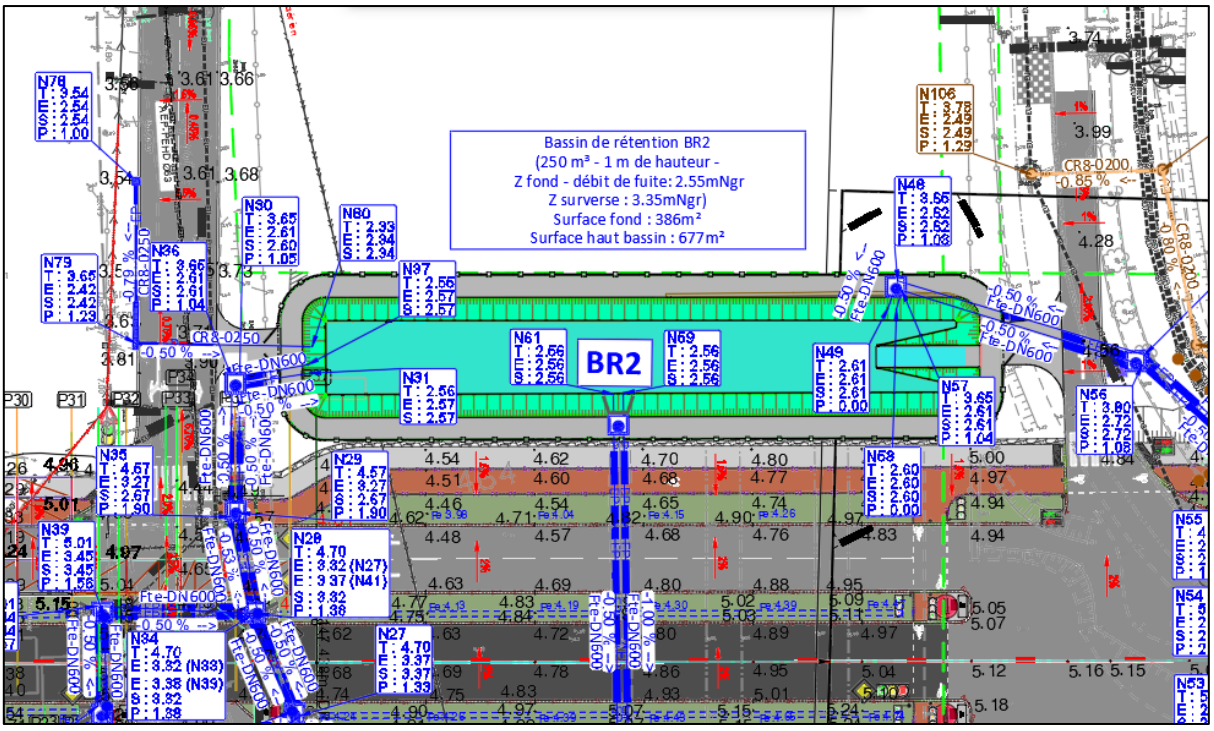


Figure 147 : Implantation du bassin de rétention n°2 du secteur 2

Ce bassin présente les caractéristiques suivantes :

- Volume de stockage (régulation des EP) de 250 m³ ;
- Surface moyenne de 530² ;
- Profondeur utile du bassin : 1,00 m ;
- Cote de fond de bassin : 2,55 m NGR ;
- Pente des talus : 3H/2V.

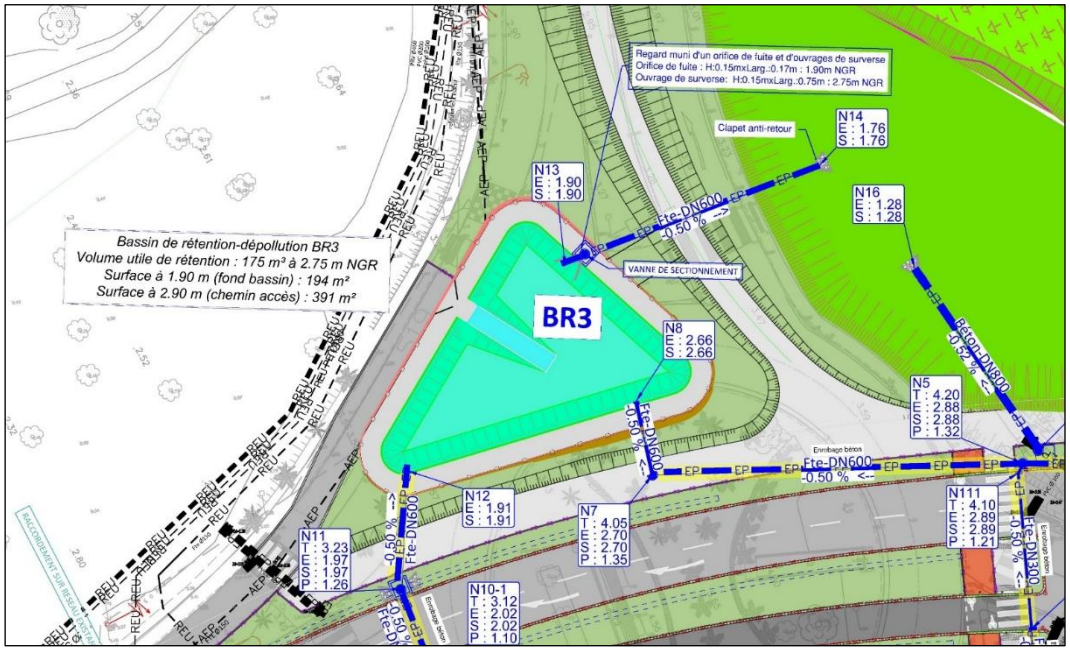


Figure 148 : Implantation du bassin de rétention n°3 du secteur 2

Ce bassin présente les caractéristiques suivantes :

- Volume de stockage (régulation des EP) de 175 m³ ;
- Surface moyenne de 290 m² ;
- Profondeur du bassin : 1,00 m ;
- Cote de fond de bassin : 1,90 m NGR ;
- Pente des talus : 3H/2V.

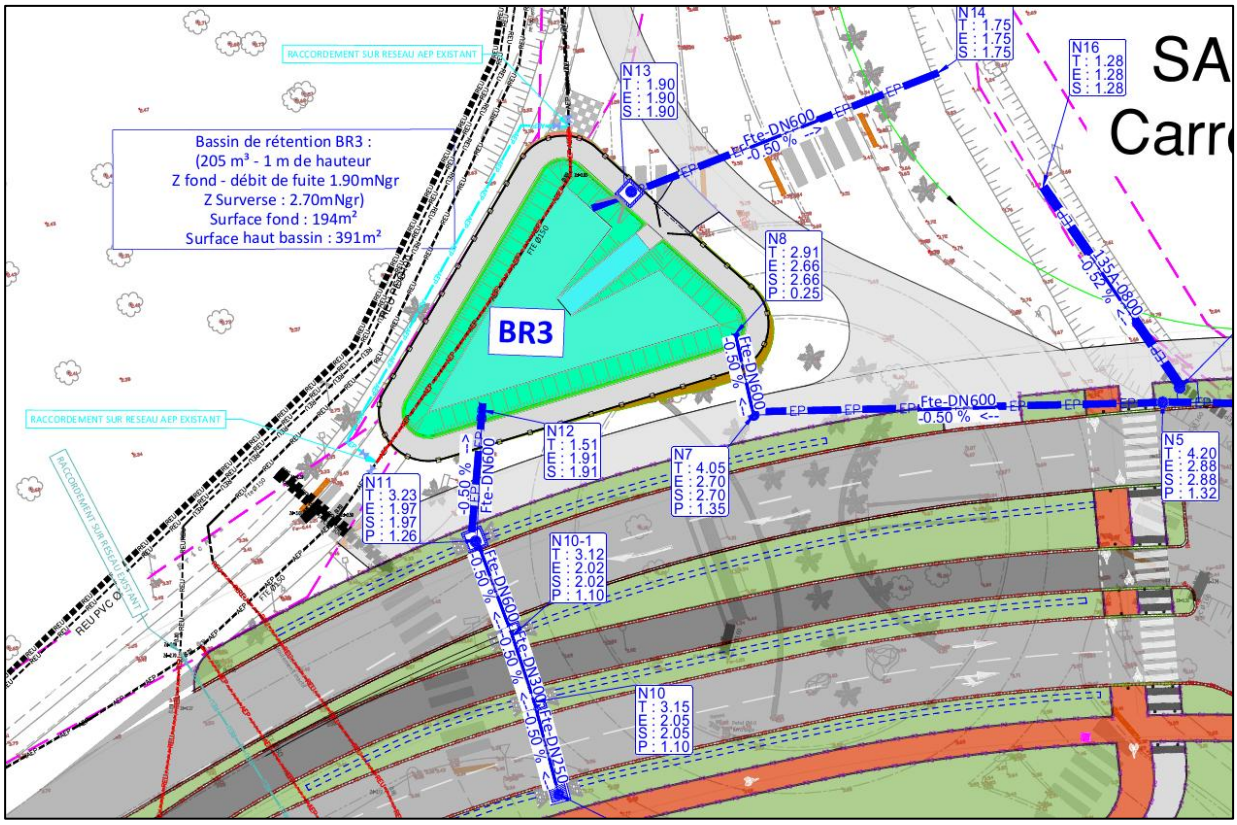


Figure 149 : Implantation du bassin de rétention du BV3 du secteur 2

Ce bassin présente les caractéristiques suivantes :

- Volume de stockage de 205 m³ ;
- Surface moyenne de 290 m² ;
- Profondeur du bassin : 1,00 m ;
- Cote de fond de bassin : 1,90 m NGR ;
- Pente des talus : 3H/2V ;
- Ouvrages de fuite/surverse, constitué d'un regard de 1,50x1,50 m comprenant 2 ouvrages de régulation des débits et un ouvrage de surverse :
  - Ouvrage de régulation n°1 (DN180) calé à 1,90 m NGR et dimensionné pour un débit de rejet de 60 l/s (80 % de $Q_{2ansinitial}$) ;
  - Ouvrage de régulation n°2 (L = 1,70 m / H = 0,15 m) calé à 2,70 m NGR et dimensionné pour rejeter un débit de 130 l/s (80 % de $Q_{30ansinitial}$, incluant le débit passant par l'orifice de fuite) ;
  - Ouvrage de surverse (grille en tête de regard) calé à 2,85 m NGR.

Cas de la bretelle de sortie de la Rn1

Les eaux de ruissellement pluvial de cette bretelle, qui relie la RN 1 à l'axe mixte et franchit la Ravine La Plaine, ne peuvent être raccordées au réseau de l'axe mixte. Ses eaux devront par conséquent être rejetées directement en ravine. Dans la mesure où ces eaux vont également se charger en polluants, il est proposé de les faire transiter dans un décanteur lamellaire (enterré sous la bretelle) avant rejet.

Ce type de dispositif permet d'intercepter les polluants flottants et décantables et notamment les matières en suspension (jusqu'à 80 % des MES).

La superficie collectée (hors apports éventuels issus de la RN 1) est de 2 650 m². Son débit de dimensionnement est fixé à 18 l/s, ce qui correspond à une pluie de période de retour 2 mois (interception du premier flux le plus pollué).

La figure suivante localise son implantation envisagée.

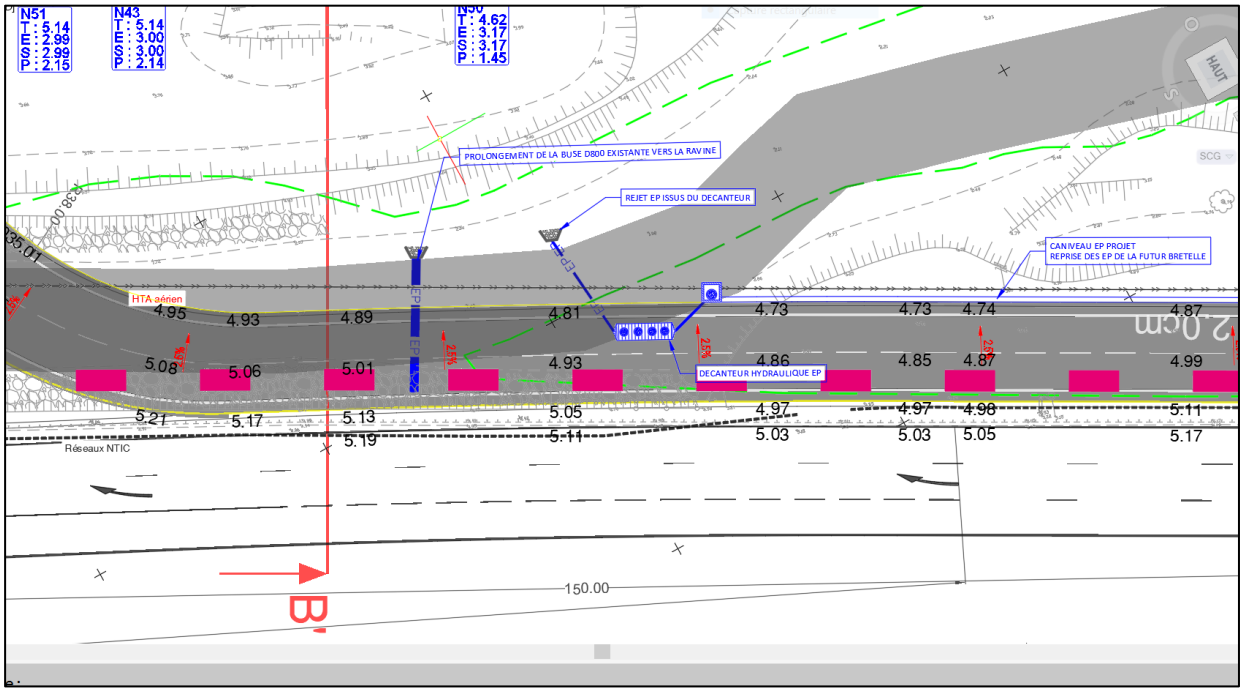


Figure 150 : Implantation du décanteur-lamellaire sur la bretelle de sortie de la RN 1

Traitement de la pollution accidentelle des eaux pluviales

Le risque de pollution accidentelle du milieu naturel peut être qualifié en considérant la gravité et l'occurrence d'un accident automobile impliquant un véhicule transportant des matières polluantes sur l'axe mixte, lors d'un épisode pluvieux favorisant le ruissellement de la pollution vers les noues drainantes et le milieu naturel.

Sur le tronçon de voirie étudié, l'axe mixte, ce risque peut être qualifié d'improbable, étant donné l'environnement dans lequel s'insérera la voie (future ZAC Phaonce, à vocation résidentielle, peu ou pas de passage de TMD) mais également en raison des faibles vitesses de circulation attendues (vitesse maximale autorisée de 50 km/h et vraisemblablement plus faible du fait de la présence régulière de carrefours, passages piétons et plateaux surélevés).

Il n'en demeure pas moins que ce risque ne peut être totalement écarté.

Pour éviter cela, il est mis en place :

xxvi. il est mis en place des vannes de fermeture manuelle disposées en aval de chaque bassin versant à chaque extrémité de noue et de chaque bassin de rétention. L'objectif est que l'exploitant puisse être averti le plus rapidement possible par les services de secours intervenant sur la zone afin qu'un opérateur ferme la vanne concernée ;

xxvii. Prise en charge de la pollution : Une fois la pollution cantonnée, le gestionnaire des espaces noues et bassins pompe dès que possible les eaux souillées contenues dans l'ouvrage (afin de les traiter) avant de procéder à un nettoyage complet de l'ouvrage ayant subi cette pollution : Elimination des végétaux souillés, en particulier les herbacées ; Curage de l'ouvrage (noue et/ou bassin de rétention) et évacuation des matériaux extraits (pour traitement) ; Mise en place d'une nouvelle couche de matériaux et de végétaux.

Compensation/suivi :

xxviii. Le gestionnaire des voies assure le suivi des dispositifs de gestion de l'eau

→ Impact résiduel faible

7.2.4 Le risque inondation

Rappel de l'enjeu : Les problématiques d'inondation observées sur la zone d'étude concernent deux sources principales : La ravine Piton Defaud et la Ravine la Plaine et l'etang de Saint Paul.

L'emprise du projet est concernée par l'aléa faible, moyen et fort. La partie qui concerne la ravine la Plaine est concernée par l'aléa fort.

Piton Defaud : A l'état initial, au droit du rondpoint de Cambaie, une partie des eaux de débordement de la ravine Piton Defaud s'écoule sur l'axe mixte et doivent être gérée pour permettre son prolongement en projet.

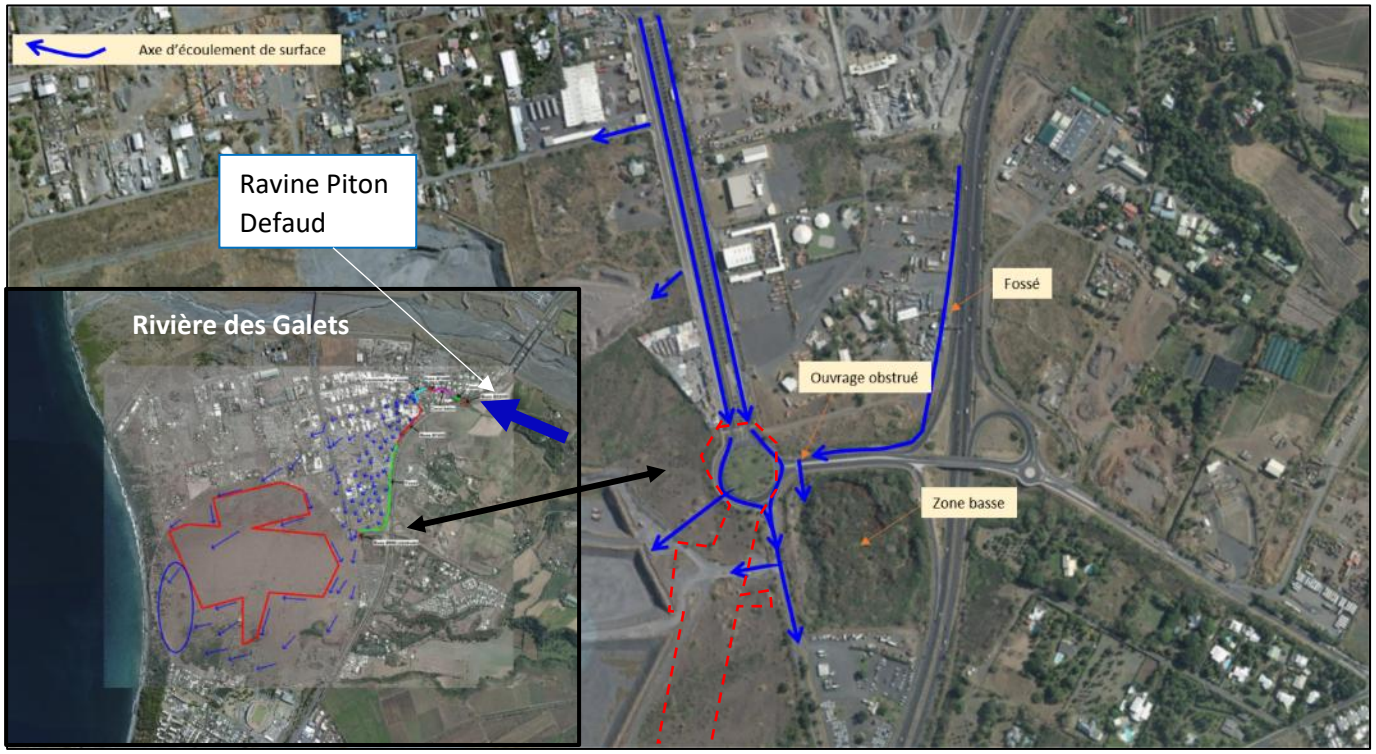


Figure 151 : schématisation des écoulements sur le secteur aval de la Ravine Piton Defaud

Ravine la Plaine : La Ravine La Plaine qui draine un bassin versant de près de 18 km² s'ouvre nettement à son débouché dans la plaine de Saint-Paul. Des débordements sont observés. Les premiers débordements touchent les terres agricoles dans les zones urbaines. Deux principaux quartiers sont ainsi concernés : Savanna en rive gauche (débordements en partie liés à la capacité insuffisante de l'ouvrage de la RN1) et Jacquot en rive droite (situé entre la ravine et l'océan).

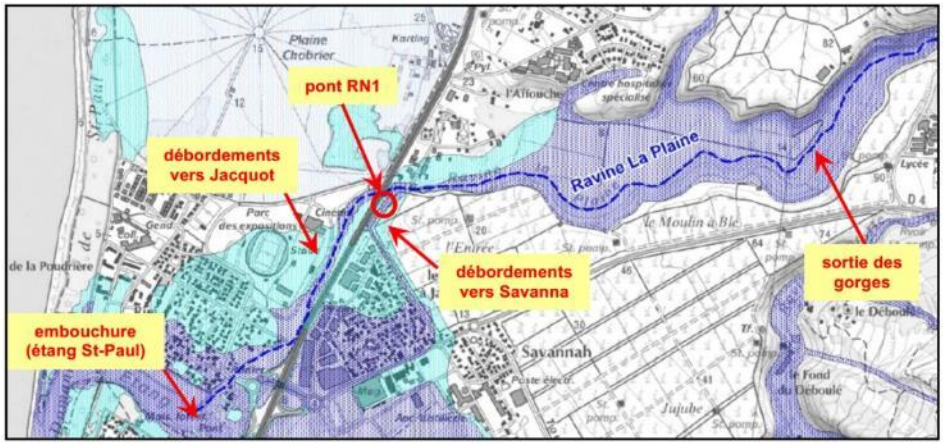


Figure 152 – Secteur d'étude vis-à-vis des zones inondables issues du PPRi (secteur de la Ravine La Plaine)

Les modélisations de l'état initial décrivent que la capacité hydraulique actuelle de la Ravine La Plaine est inférieure à la crue décennale sur son tronçon compris entre la RN 1 et l'étang Saint-Paul et que des débordements vers le quartier Jacquot sont ainsi relevés dans le secteur du stade dès la crue décennale. Les hauteurs d'eau sont généralement proches de 1 m pour la crue décennale mais s'élèvent pour les crues plus importantes jusqu'à atteindre près de 2 m sur une majeure partie du quartier.

→ Enjeu fort

7.2.4.1 Effets

7.2.4.1.1 Phase travaux

- Effets liés aux installations de chantier

Les installations de chantier seront disposées hors du lit mineur de la ravine la Plaine et hors aléa fort du PPRn.

Figure 153 Intention de situation des bases vie

- Effets des travaux situés hors du lit mineur de la Ravine La Plaine

Le Maitre d'Ouvrage prévoit la réalisation des travaux hydrauliques de déconnection du bassin versant de la Ravine Piton Defaud dès le début des travaux. Il permet ainsi la réalisation des travaux de voirie hors zone d'aléas.

- Effets des travaux en cours d'eau

Tous les travaux en cours d'eau nécessiteront la présence d'engins (pelles, camions, toupie, moyens de levages entre autres) et d'aménagements (coffrages, échafaudages entre autres) dans le lit mineur de la ravine le Plaine, constituant :

- des obstacles à l'écoulement des crues ayant pour effet la modification des conditions d'écoulement : rehausse de la ligne d'eau, augmentation des vitesses,
- des matériels potentiellement mobilisables pouvant impacter les aménagements aval sur la ravine : Radier routier, Etang de Saint Paul,

- Effets liés aux pistes d'accès

Les pistes d'accès au lit de la ravine la Plaine seront réalisées en rive droite et dans le lit mineur de la Ravine la Plaine.

Les aménagements des pistes modifieront la section hydraulique du cours d'eau :

- par rehausse du fond du lit de hauteur 15 cm maximum (géotextile + couche de tout venant) ; et
- par remblai contre la berge rive droite empiétant sur le lit mineur d'au maximum 10 m (dans le sens transversal). Dans ce cas, la piste sera protégée par des enrochements libres (600/1000 mm) coté ravine afin d'éviter son érosion pour les crues modérées.

Ces pistes seront fusibles en cas de crue (crue faible pour la piste en fond de lit et crue forte pour la piste d'accès en berge, afin de permettre l'évacuation des engins pour les petites crues).

Ces modifications de la section hydraulique auront une incidence négligeable sur les conditions d'écoulement et notamment sur la ligne d'eau. Elles n'entraineront pas d'aggravation du risque inondation.

- Effets liés au recalibrage

Les travaux de recalibrage visent à l'augmentation de la section transversale du cours d'eau et visent à l'amélioration de ses conditions d'écoulements.

Les déblais constituent néanmoins un risque d'obstruction des conditions d'écoulements s'ils sont stockés dans le lit mineur. Rappelons que 29 000 m^3 sont déblayés du lit mineur de la Ravine La Plaine.

→ Effets potentiel forts, direct et temporaire

7.2.4.1.2 Phase d'exploitation

- **Bassin versant R. Piton Defaud :**

Le projet propose une praticabilité des voiries du projet vis-à-vis de la problématique inondation (par débordement et par ruissellement pluvial). L'axe mixte existant (partie *nord*), situé en amont, n'est pas concerné par des aménagements : la voirie actuelle y est conservée. Il n'est donc pas possible de proposer une amélioration de la praticabilité de ce secteur par la mise en œuvre d'aménagements sur les secteurs en aval (1 et 2).

Le projet doit toutefois permettre de proposer la non-submersion des voiries des secteurs 1 et 2. Pour cela, des modalités d'aménagement du secteur du Giratoire de Cambaie ont été définies pour permettre de dévier les écoulements en dehors des voiries. L'aménagement le plus pertinent à mettre en œuvre a été étudié et le scenario retenu intègre les aménagements suivants :

- Rehausse de la voie centrale du TCSP, afin de réduire la canalisation des écoulements dans la partie centrale de l'Axe Mixte,
- Création d'une pente de la voirie vers l'extérieur du rond-point combinée à des bordures de trottoirs abaissées, afin de favoriser l'évacuation des eaux de part et d'autre de l'Axe Mixte (côté *ouest* et *sud-est*),
- Création d'un fossé coté montagne pour récupérer et tamponner les eaux arrivant côté montagne avant de les rediriger vers le côté mer,
- Mise en place d'un dalot sous l'Axe Mixte, permettant d'évacuer les eaux coté montagne vers les anciennes carrières Oméga.

Le débit arrivant au niveau du giratoire est identique à celui obtenu pour la configuration de référence (état actuel).

Au niveau du giratoire, la création de la voie TCSP rehaussée permet de bloquer le transfert des écoulements de l'amont vers l'aval. Les écoulements sont alors répartis des deux côtés du giratoire, de manière quasi-identique.

Les eaux rejoignent les secteurs plus bas en aval des zones de bordures rabaissées, côté montage et côté océan. Les eaux côté montagne sont guidées par le fossé crée jusqu'à l'ouvrage de franchissement (dalot) de l'Axe Mixte. En aval, les eaux sont dirigées vers les zones basses des carrières où elles s'accumulent avant de s'infiltrer dans le sol.

En aval du giratoire, le secteur 1 n'est plus inondé par les écoulements arrivant de l'amont, ce qui permet de répondre aux objectifs fixés pour cet aménagement.

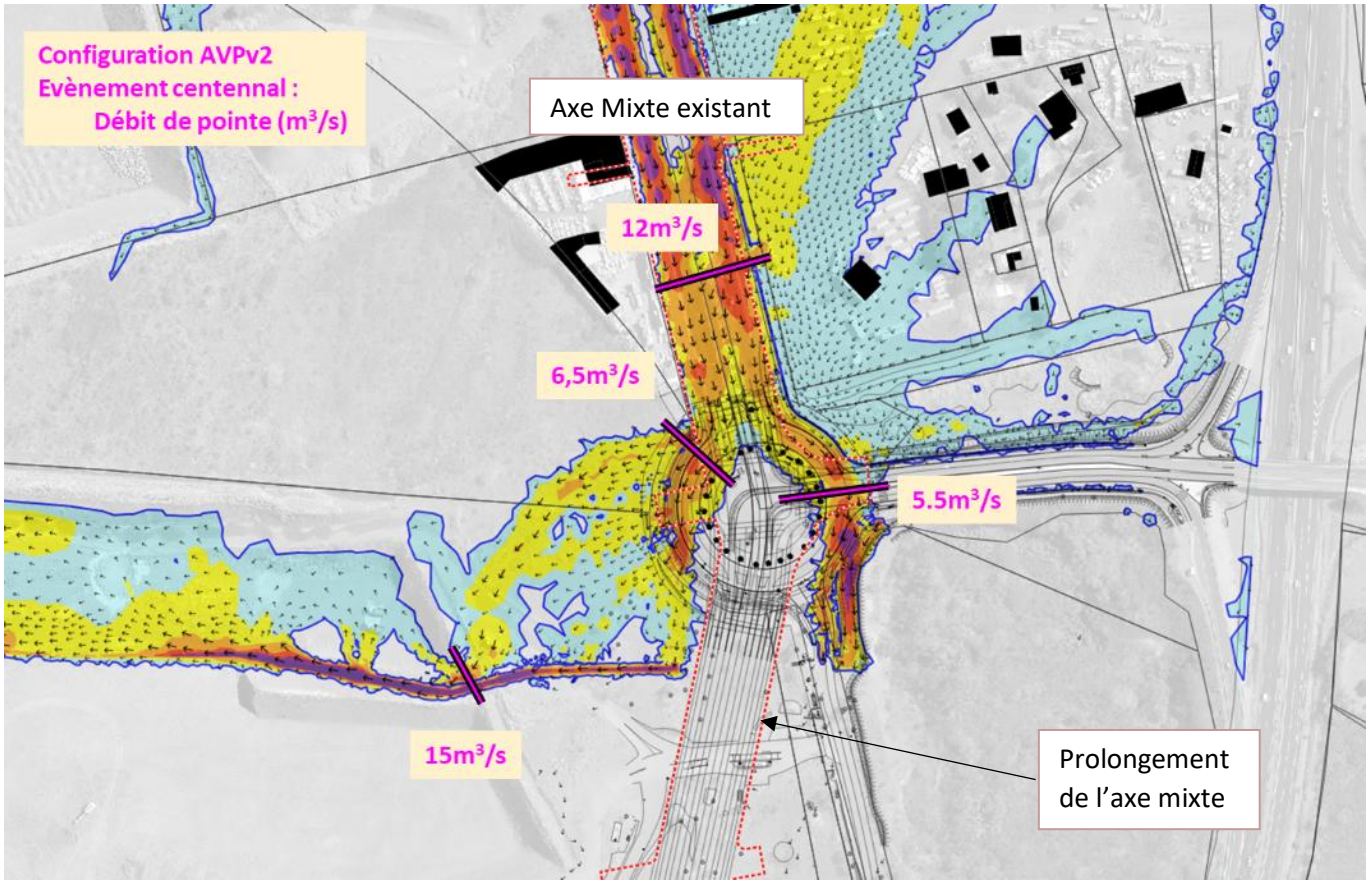


Figure 154 : Configuration PROJET SCENARIO 4– Evènement centennal – Débits maximaux calculés

Le projet constitue une amélioration des conditions d'écoulement sur le secteur et permet une praticabilité de l'Axe Mixte sur le secteur 1 totale pour la crue centennale.

- **Bassin versant R. la Plaine :**

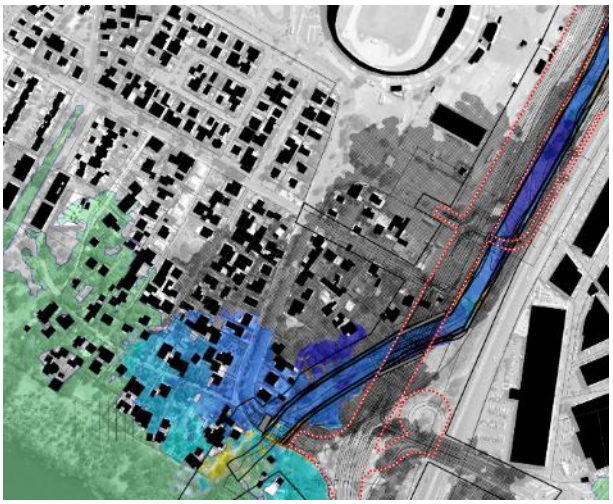
Le secteur 2 est concerné par des débordements de la Ravine la Plaine. Le projet axe mixte s'accompagne d'un recalibrage de la ravine la Plaine qui permet d'une part de ménager suffisamment de place entre le stade et la Rn1 pour aménager l'axe mixte et son large profil en travers avec des sites propres aux piétons, aux cycles et aux transports en commun, et d'autre part de participer au traitement des inondations de la ravine la plaine. Ainsi, le recalibrage du lit de la Ravine La Plaine débute en aval immédiat du pont de la RN 1 (20 m précisément pour s'affranchir d'une ligne HTB souterraine longeant cette voie) pour s'achever au droit du radier actuel (qui sera remplacé par une passerelle pour piétons/cycles). Le linéaire total atteint 1020 m.

Ainsi le lit de la ravine sera recalibré pour lui permettre d'évacuer une crue de période de retour 10 ans et son axe sera légèrement redressé pour cheminer entre les voies de circulation (RN 1 et futur axe mixte). La simulation hydraulique a modélisé les effets du projet sur des épisodes de crues de période 10 ans, 30 ans et 100 ans. La simulation intègre le recalibrage de la ravine la Plaine, les effets liés aux aménagements des franchissements et de suppression du radier.

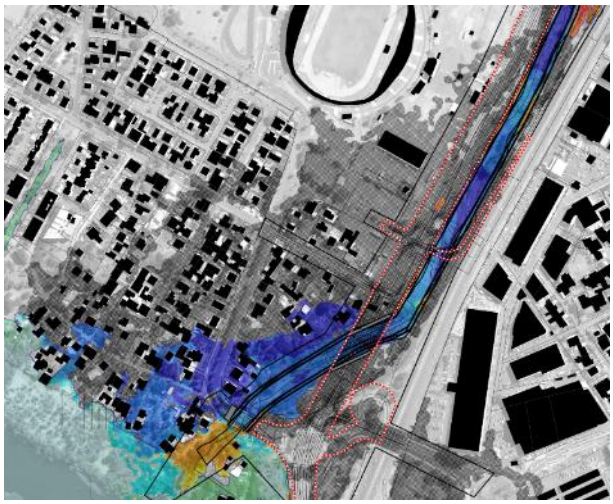
Pour les deux types de crues décennales étudiées (crue générale du bassin versant de l'Etang-Saint-Paul et crue du bassin versant de la ravine La Plaine), les évolutions du comportement hydraulique générées par le projet d'Axe Mixte retenu en AVP v2 sont les suivantes :

- Suppression des débordements observés sur la partie nord du quartier Jacquot (rive droite en amont et en aval du radier actuel) et forte diminution des hauteurs d'eau maximales sur la partie sud de ce quartier. **Cette évolution constitue un gain très fort en termes de réduction de la vulnérabilité des enjeux : le gain concerne en effet des enjeux forts du territoire (zone d'habitat dense) et fréquemment inondé.**

➔ **Le projet apporte donc une très forte amélioration de la situation actuelle pour les habitants du Quartier Jacquot.**



Impacts sur les niveaux d'eau maximaux - Q10 Etang

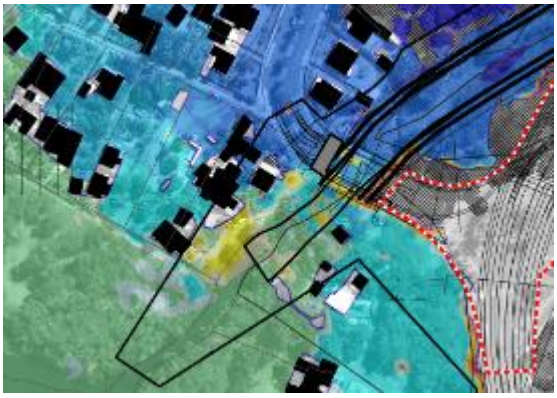


Impacts sur les niveaux d'eau maximaux - Q10 Ravine La Plaine

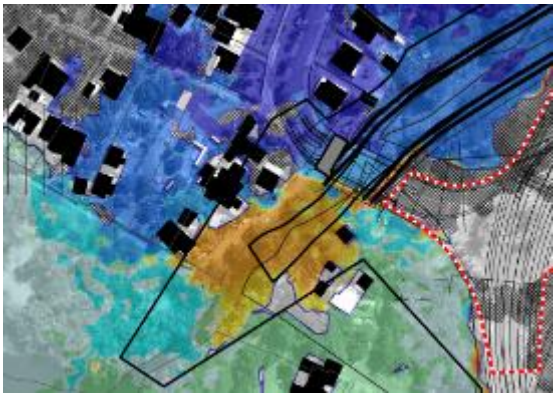
- En aval du franchissement de la passerelle piétonne (secteur non modifié par le projet d'Axe Mixte), du fait de la diminution des débordements générés par la reprise du lit mineur de la ravine, un débit plus important est canalisé dans le lit mineur de la ravine La Plaine au niveau de son débouché dans l'Etang Saint-Paul. Cette augmentation du débit génère don une rehausse des niveaux d'eau maximaux sur ce secteur.
  - L'emprise des augmentations est limitée uniquement au lit mineur de la ravine pour la crue décennale « Etang ».
  - Cette emprise « déborde » sur les berges de la ravine pour la crue « Ravine La Plaine ». Pour cet évènement, les impacts maximaux sont de +15cm dans le lit mineur de la Ravine (hauteur d'eau de 2,30m). Ces impacts sont cantonnés aux berges du lit mineur de la ravine. Ils deviennent nuls au niveau des façades des bâtiments les plus proches de la ravine et un abaissement des niveaux d'eau maximaux est observé en arrière de ces bâtiments.

  En réalité, les murs de clôture existants sur ces parcelles font office de seuils et vont créer une barrière physique qui limitera spatialement les effets de la rehausse aux secteurs en amont. Les parcelles situées en arrière des murs seront donc concernées par une diminution des niveaux d'eau maximaux (et donc les bâtiments situés sur ces parcelles).

⇨ **Le projet ne crée pas d'aggravation du risque pour les enjeux sur ce secteur.**



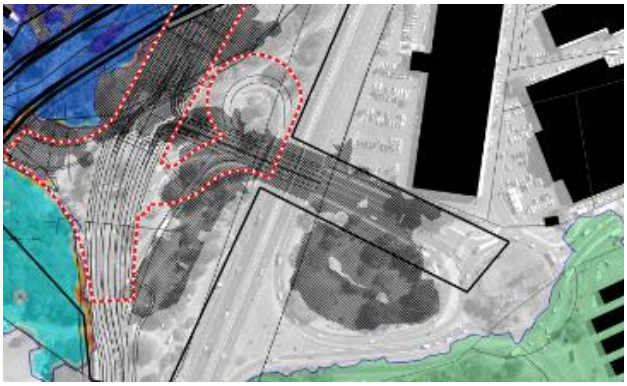
Impacts sur les niveaux d'eau maximaux - Q10 - Etang



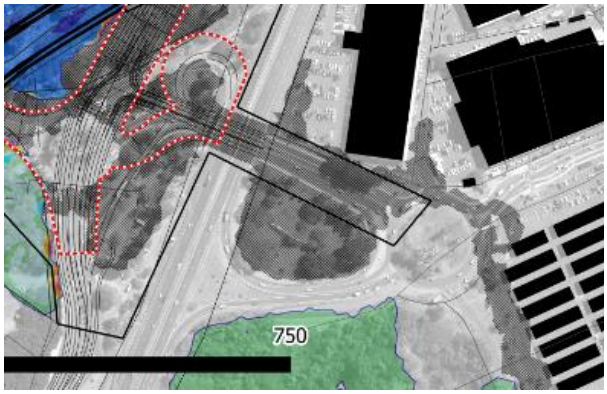
Impacts sur les niveaux d'eau maximaux - Q10 La Plaine

- Pour la configuration actuelle, des débordements sont observées pour les deux types de crues décennales étudiées sur les voiries passant sous la RN1 (entre le Quartier Jacquot et Savanna). Le projet d'Axe Mixte permet de supprimer totalement l'inondation de ces voiries pour les crues fréquentes.

⇨ **Le projet permet de proposer une amélioration très forte de la praticabilité des voiries de la zone, ce qui constitue une très forte amélioration de la vulnérabilité globale de la zone.**



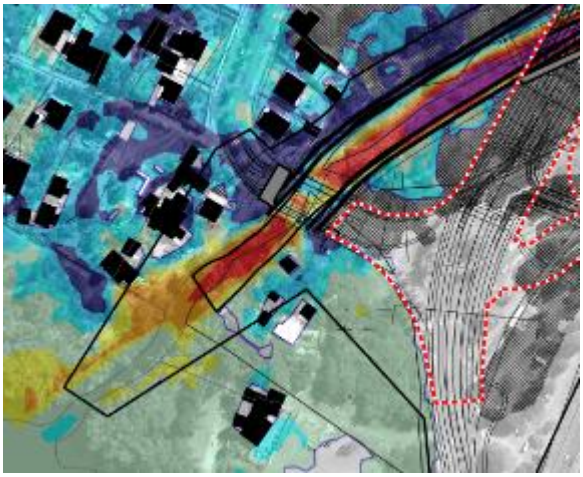
Impacts sur les niveaux d'eau maximaux - Q10 - Etang



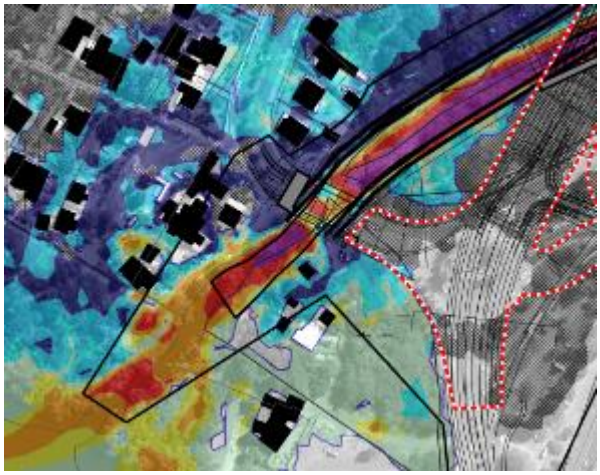
Impacts sur les niveaux d'eau maximaux - Q10 La Plaine

- Le projet se traduit par une augmentation du débit dans le lit mineur de la Ravine La Plaine, et donc par une augmentation des vitesses des écoulements. Cette augmentation reste « cantonnée » au lit mineur sur l'ensemble du linéaire, à l'exception de la partie aval de la ravine (non modifiée par le projet), où l'on observe de légères augmentations des vitesses sur les berges de la ravine. Comme évoqué précédemment, la présence de murs et murets en limite des parcelles va créer une limite de remontée des impacts sur les vitesses.

  Aucun bâtiment n'est donc concerné par une augmentation significative des vitesses maximales des écoulements. Des effets d'accélération très localisés, au niveau des « coins » de bâtiments en rive droite sont observés pour la crue de la Ravine La Plaine, sans préjudice sur le niveau de vulnérabilité de ces bâtiments.



Impacts sur les vitesses maximales- Q10 - Etang



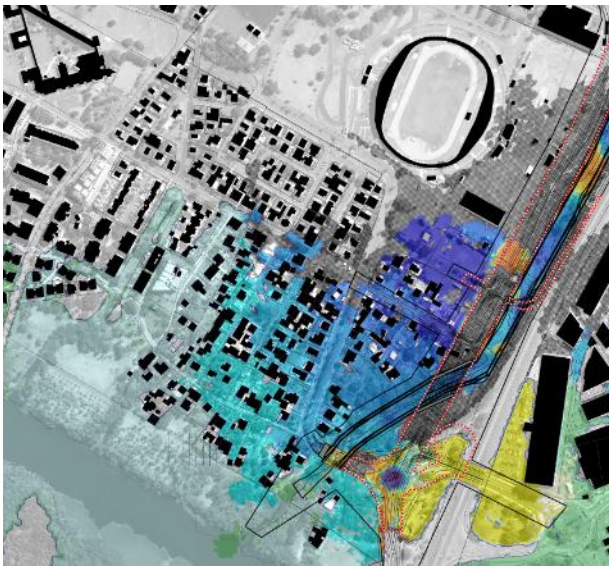
Impacts sur les vitesses maximales - Q10 La Plaine

- Crue trentennale

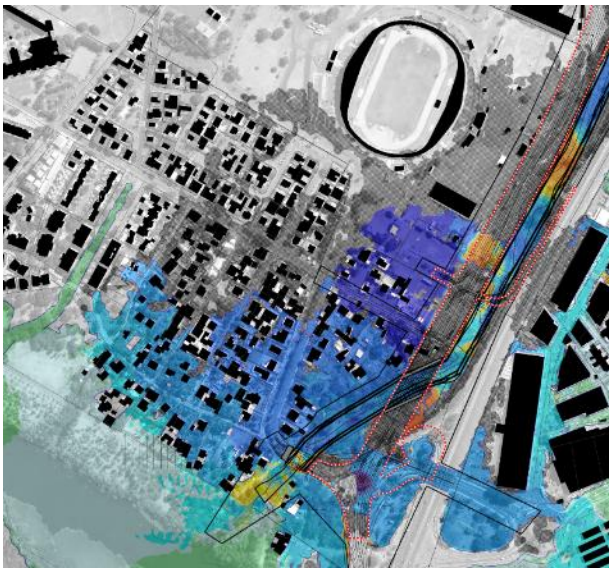
Pour les deux types de crues trentennale étudiées (crue générale du bassin versant de l'Etang-Saint-Paul et crue du bassin versant de la ravine La Plaine), les évolutions du comportement hydraulique généré par le projet d'Axe Mixte retenu en AVP v2 sont les suivantes :

- Le projet permet de mettre hors d'eau les secteurs *nord* du Quartier Jacquot et de réduire les hauteurs d'eau maximales pour les secteurs *sud* de ce quartier. **Cette évolution constitue un gain très fort en termes de réduction de la vulnérabilité des enjeux : le gain concerne en effet des enjeux forts du territoire (zone d'habitat dense) pour des crues « moyennes » (au sens du risque inondation).**

⇨ **Le projet apporte donc une très forte amélioration de la situation actuelle pour les habitants du Quartier Jacquot**.



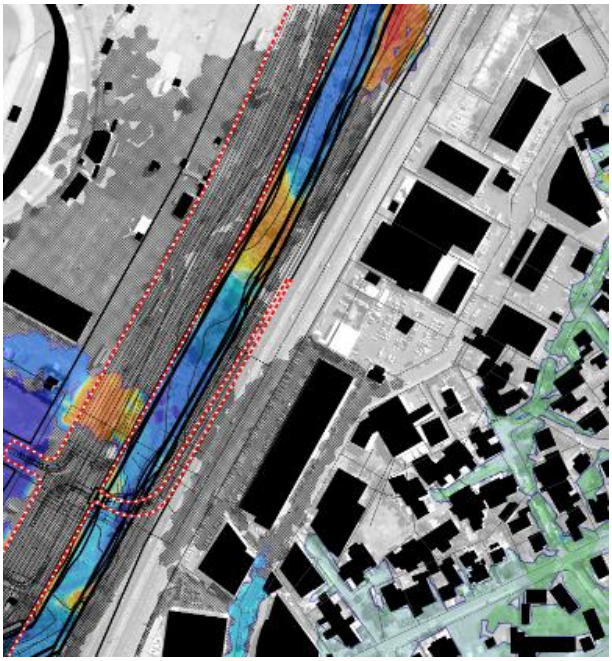
Impacts sur les niveaux d'eau maximaux – Q30 - Etang



Impacts sur les niveaux d'eau maximaux – Q30 La Plaine

- Dans la configuration actuelle du territoire, la RN1 est surversée pour la crue trentennale du bassin versant de l'Etang de Saint-Paul. Le projet d'Axe Mixte permet de supprimer l'inondation de cet axe de circulation important pour cette crue.

⇨ **Le projet apporte donc une très forte amélioration des conditions de praticabilité de la RN1**.



Q30 Etang

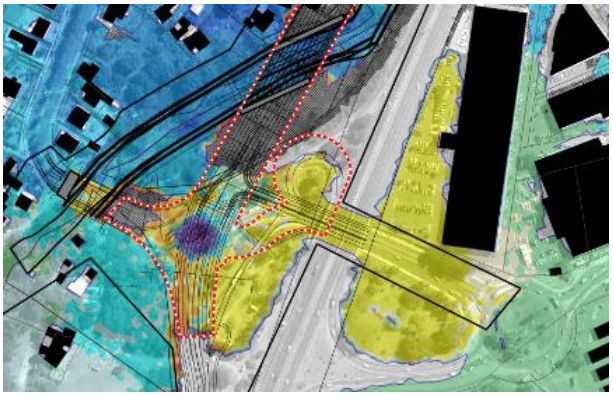
- Au niveau de la rive gauche de la Ravine La Plaine, on observe un fonctionnement différencié selon le type de crue étudiée :
  - Pour la crue globale (Etang), le projet génère une augmentation très faible des hauteurs d'eau maximales observées sur le parking *ouest* du bâtiment de Mr Bricolage. Cette augmentation est de +2,5cm pour une hauteur d'inondation sur le parking de près de 25cm. Pour cette crue, le point bas au niveau du passage de la voirie sous la RN1 est sujet à une rehausse des niveaux d'eau maximaux de +3,5cm pour une hauteur d'eau maximale de plus de 1,0m sur ce secteur.

⇨ Ces impacts sont du même ordre de grandeur que celui de la précision de l'outil de modélisation.

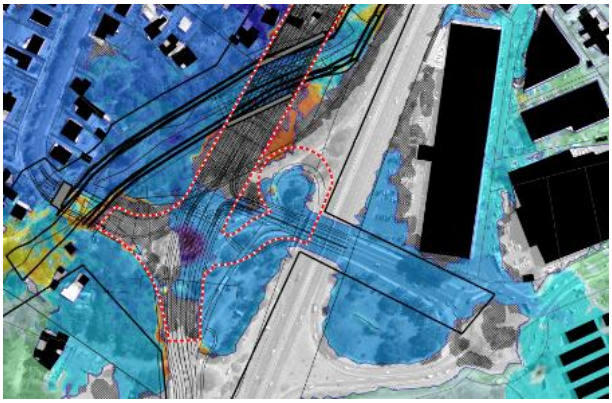
⇨ Ces impacts ne se traduisent ni par une évolution de l'inondabilité des bâtiments concernés (ils restent non inondés, bien que situés en zone inondable), ni par une modification de la praticabilité des voiries et des parkings.

⇨ **Ces impacts ne génèrent donc pas une aggravation du risque au regard de la nature des enjeux concernés.**

⇨ pour la crue trentennale du bassin versant de la ravine (La Plaine), le projet se traduit par un abaissement des niveaux d'eau maximaux sur cette zone (parking et point bas sous la RN1). **Le projet d'Axe Mixte se traduit par une réduction de la vulnérabilité de ce secteur pour cette crue.**



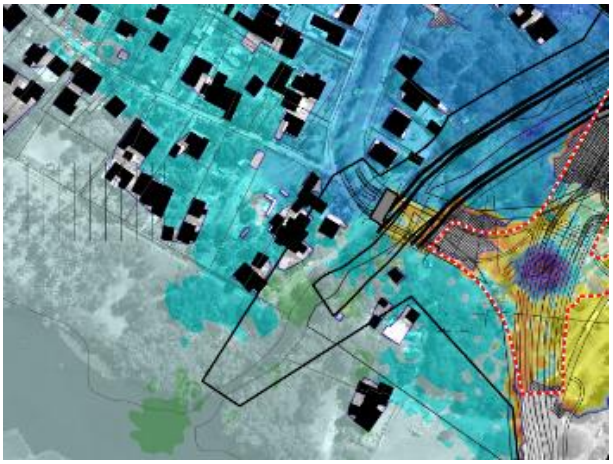
Impacts sur les niveaux *d'eau maximaux – Q30 - Etang*



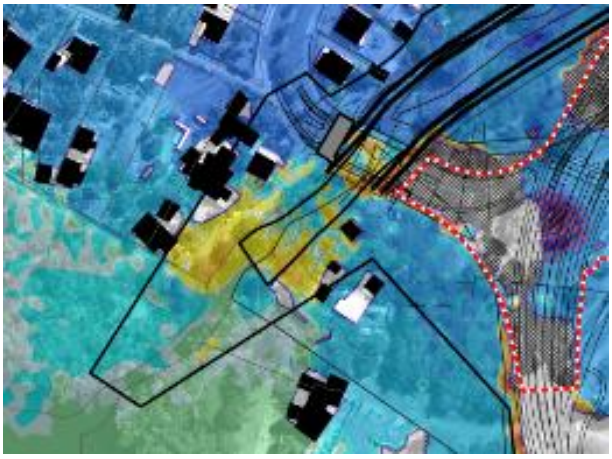
Impacts sur les niveaux d'eau maximaux – Q30 La Plaine

- Pour la partie aval de la ravine, aucun impact sur les niveaux d'eau maximaux n'est observé pour la crue trentennale globale (Etang)
- Pour la crue de la ravine, on observe de légères augmentations des niveaux d'eau limités au lit mineur de la ravine et à ces berges.
- Pour cette crue, les impacts obtenus sur ce secteur sont moins importants que ceux obtenus pour les crues décennales modélisées (cf. paragraphe précédent).

⇨ **Ainsi, il est acté que pour les crues trentennales, le projet d'Axe Mixte ne crée pas d'aggravation du risque pour les enjeux sur ce secteur.**

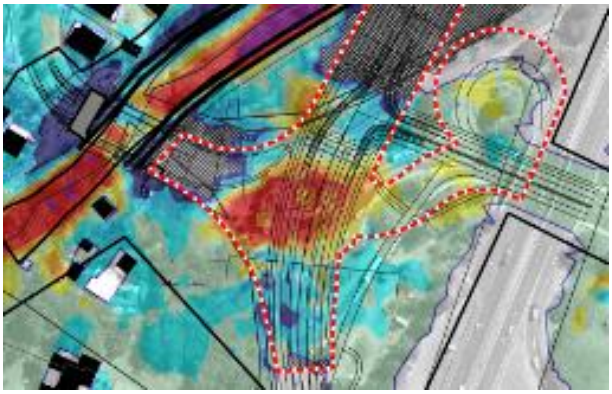


Impacts sur les niveaux *d'eau maximaux – Q30 - Etang*

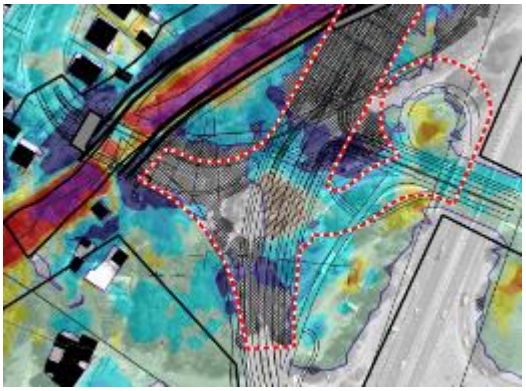


Impacts sur les niveaux d'eau maximaux – Q30 La Plaine

- Le projet génère des impacts sur les vitesses maximales des écoulements :
  - Dans le lit mineur de la ravine,
  - Au niveau du secteur du rond-point au niveau du radier actuel pour la crue de l'Etang (et pas pour la crue de la ravine La Plaine). **Cette zone fait partie du projet et ne constitue donc pas une aggravation du risque pour les tiers du projet.**
  - **Les vitesses observées sur cette partie du projet sont inférieures à 1,0m/s, elles ne créent donc pas de risque pour la structure du projet.**



Impacts sur les vitesses maximales – Q30 - Etang

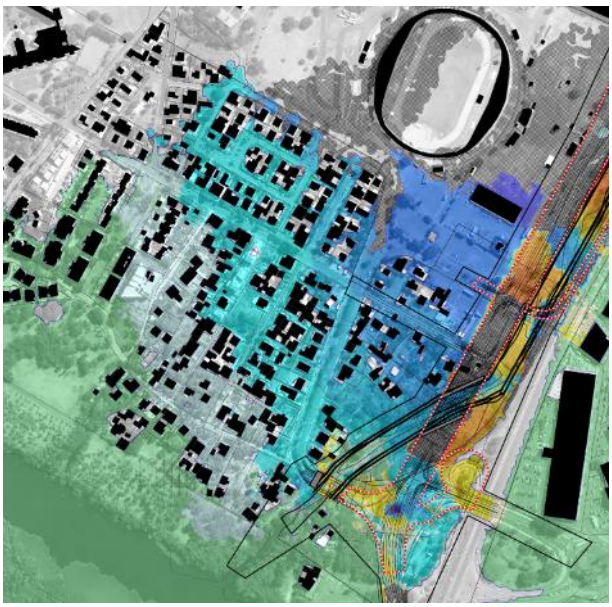


Impacts sur les vitesses maximales – Q30 La Plaine

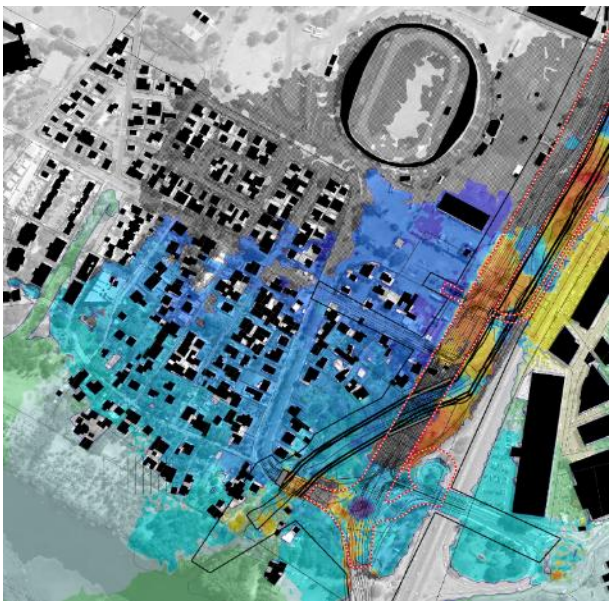
⇨ **Pour les crues trentennales étudiées, le projet ne génère pas d'aggravation du risque pour les tiers et est conforme à la Loi sur l'Eau sur cette thématique.**

- Q100 Etang/Ravine
  - Sur le Quartier Jacquot, le projet d'Axe Mixte génère, comme pour les crues plus faibles, une très forte réduction de l'inondation de la zone. Une partie de ce quartier est même sorti de la zone inondée par les aménagements retenus.

⇨ **Le projet apporte un gain très fort en termes de réduction de la vulnérabilité des enjeux : le gain concerne en effet des enjeux forts du territoire (zone d'habitat dense) pour des crues « moyennes » (au sens du risque inondation).**



Impacts sur les niveaux d'eau maximaux – Q100 - Etang

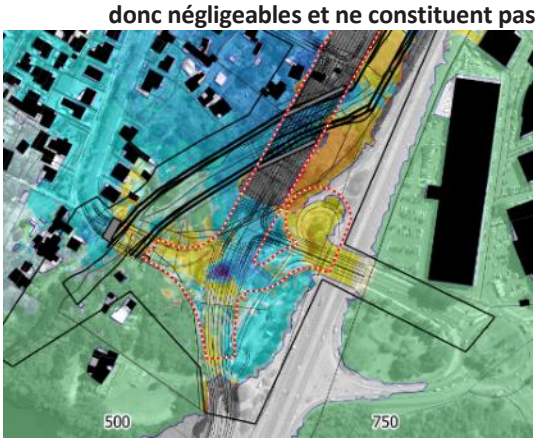


Impacts sur les niveaux d'eau maximaux – Q100 – La Plaine

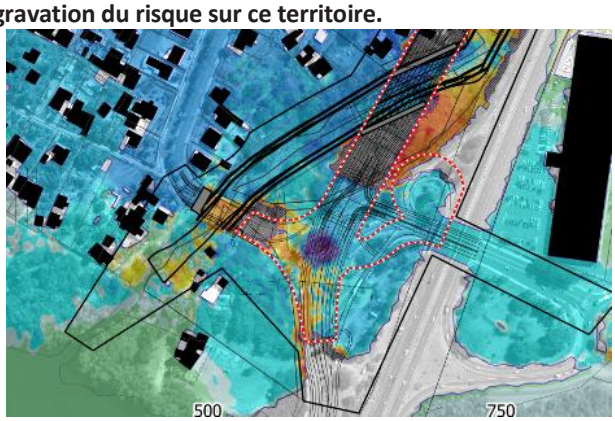
- Concernant la rive gauche de la ravine, pour les crues centennales modélisées, les aménagements du projet retenu se traduisent par des niveaux d'eau maximaux identiques (crue de l'Etang) ou par un abaissement des niveaux d'eau sur les parkings (crue de la Ravine La Plaine) par rapport à la situation actuelle.
- Pour la crue de l'Etang, on observe également quelques zones concernées par des augmentations des niveaux d'eau maximaux d'intensité réduite (de l'ordre de grandeur de la précision de l'outil de modélisation) et d'emprises spatiales très faibles. C'est le cas par exemple pour les parcelles en rive droite en amont du radier. La présence de murets de clôture vient également limiter les emprises des zones

réellement impactées sur ces parcelles. **Ainsi, ces impacts peuvent être qualifiés de négligeables et ne traduisent pas une aggravation du risque pour les enjeux du secteur.**

- L'augmentation du niveau d'eau faible (+3cm) observée au niveau du point-bas sous la RN1 (hauteur d'eau maximale de plus de 1,70m) ne modifie pas les conditions de praticabilité de la voirie. **Ces impacts sont donc négligeables et ne constituent pas une aggravation du risque sur ce territoire.**



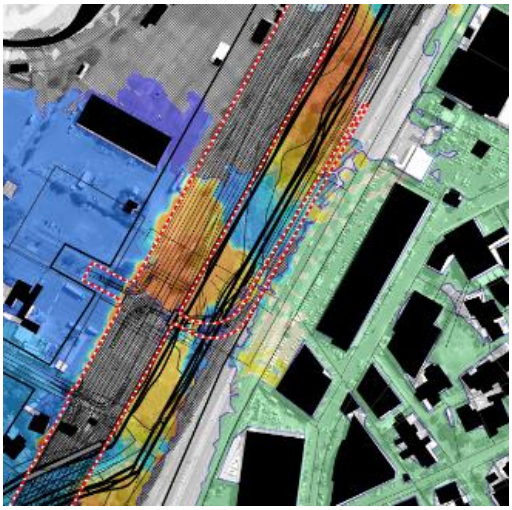
Impacts sur les niveaux d'eau maximaux – Q100 - Etang



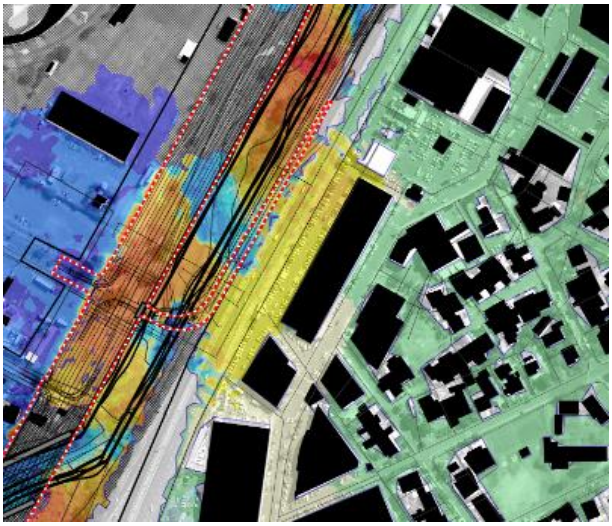
Impacts sur les niveaux d'eau maximaux – Q100 – La Plaine

- En rive gauche, on observe une rehausse faible des niveaux d'eau maximaux (+3cm pour une hauteur d'eau sur le parking de 55cm). Cette rehausse est faible et du même ordre de grandeur que la précision du modèle. Elle n'est obtenue que pour la crue de la Ravine de La Plaine et pas pour la crue de l'Etang.

⇨ **Ces impacts sont qualifiés de négligeables et ne constituent pas une aggravation du risque pour les tiers.**



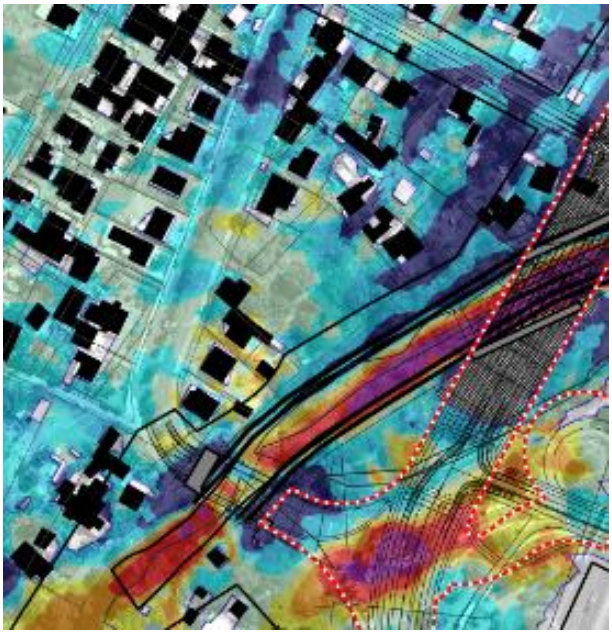
Impacts sur les niveaux d'eau maximaux – Q100 - Etang



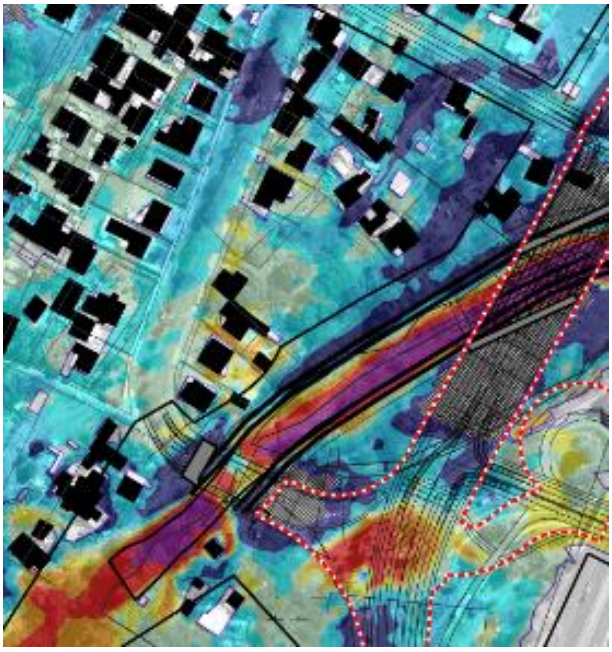
Impacts sur les niveaux d'eau maximaux – Q100 – La Plaine

- Pour les crues centennales modélisées, les impacts obtenus sur les vitesses maximales concernent le lit mineur de la ravine La Plaine. En aval de celle-ci, des évolutions locales sont observées (en augmentation et en diminution). Celles-ci sont essentiellement localisées dans les zones entre les bâtiments**. De manière globale (échelle parcellaire et au-delà) , une tendance très forte à une diminution des vitesses maximales est observée**.

⇨ **Du fait de la nature très ponctuelle des impacts calculés (1 maille de calcul), de la faible intensité des impacts modélisés et de la présence de murets, il peut être conclu sur l'impact négligeable du projet sur les vitesses maximales observées au niveau des bâtiments de cette zone.**



Impacts sur les vitesses maximales – Q100 - Etang



Impacts sur les vitesses maximales – Q100 – La Plaine

L'étude hydraulique est annexée au présent rapport.

- Effets liés aux ouvrages de franchissement de la Ravine la Plaine

Il y a trois ouvrages de franchissement de la ravine la Plaine et des culées (partie située sur la rive destinée à supporter le poids du tablier) sont implantées de part et d'autre des ouvrages d'art.

Les incidences des culées et des protections de berges sur l'hydraulique seront locales :

- une augmentation locale des vitesses d'écoulement, le béton étant plus lisse que les berges naturelles;
- des affouillements localisés en pied de culées et protections.

→ Effets positifs, permanent

7.2.4.2 Mesures

7.2.4.2.1 Phase travaux

Evitement :

xxix. Les travaux en zone rouge au PPR seront réalisés autant que possible pendant la période sèche

Réduction

xxx. Une procédure de gestion de crue sera prévue au début du chantier. Etant donnée l'implantation de la zone de travaux, il sera nécessaire de prévoir une surveillance météorologique pouvant impacter le débit de la ravine La Plaine et de ses affluents. La consultation des bulletins prévisionnels et la mise en place d'alertes sur des stations existantes à l'amont semblent adaptée et suffisante pour se prémunir de ce risque (station Vigicrue Bernica-Tan Rouge notamment).
Pour un chantier de ce type, le niveau de protection peut être fixé volontairement bas.
La période de retour T = 2 ans est proposée comme référence pour le calcul de cette crue de chantier.
Aucun stockage pérenne de matériaux ou d'engin ne sera réalisé en zone rouge du PPRI

xxxi. Formation du personnel présent sur les risques et sur le système d'alerte des secours en cas d'incident ;

xxxii. En cas d'annonce d'avis de forte pluie ou d'alerte cyclonique, des actions seront entreprises immédiatement :

- Assurer la mise hors d'eau de tous les matériels susceptibles d'être emportés en cas de submersion des zones d'intervention. Une zone de stationnement temporaire aura été prévue à cet effet ;
- En cas d'avis de fortes pluies, l'évacuation des engins doit se faire avec un délai d'une journée et d'une demi-journée en cas d'alerte orange cyclonique ;
- Arrêt des activités en zones soumise à aléa à partir de l'alerte orange cyclonique.

xxxiii. Mise en place de dispositifs permettant de protéger les aménagements non évacuables (échafaudage par exemple) : Mise en place d'IPN (ou équivalent) en amont permettant de retenir les flottants et de réduire les vitesses au droit des équipements.

xxxiv. Sur la réalisation des pistes et des culées, elles seront réalisées en période sèche. Les pistes devront assurer une transparence hydraulique ; Elles seront fusibles en cas de crue (crue faible pour la piste en fond de lit et crue forte pour la piste d'accès en berge, afin de permettre l'évacuation des engins pour les petites crues).

→ Impact résiduel faible

7.2.4.2.2 Phase d'exploitation

Le projet constitue en soi une mesure en faveur de la réduction du risque inondation. Plusieurs mesures de réalisation des ouvrages sont par ailleurs mises en œuvre pour assurer la stabilité des ouvrages. Elles sont décrites ci-après.

Evitement : La recherche du meilleur scenario (cf. chapitre de présentation du projet et des raisons du choix) est une mesure d'évitement des scenarii les moins favorables à l'enjeu risque inondation.

Mesures de réduction des risques :

La pérennité des ouvrages de franchissement est garantie par les mesures constructives décrites ci-après :

- Le calage altimétrique de la sous-face des tabliers est basé sur les niveaux des plus hautes eaux estimés dans les études hydrauliques du projet.

  En tenant compte de l'épaisseur de la couche de roulement (étanchéité et enrobé), de la pente longitudinale, du profil en travers, du biais et de la courbure des ouvrages, le calage retenu permet de respecter les conditions hydrauliques suivants :

  - OA Principal :gabarit de la crue de référence centennale (Q100) avec un tirant d'air minimal de l'ordre de 0.30m
  - OA Bretelle : gabarit de la crue de référence décennale (Q10) avec un tirant d'air minimal de l'ordre de 0.15m
  - Passerelle : gabarit de la crue de référence centennale (Q100) avec un tirant d'air minimal de l'ordre de 0.50m

La zone d'implantation du projet est particulièrement sensible aux inondations, le dimensionnement des ouvrages hydrauliques a pour objectif de permettre dans la mesure du possible le passage d'une crue centennale. Or l'analyse des nivellements de raccordement et des niveaux de crue nous indique que cet objectif n'est pas du tout envisageable pour l'ouvrage bretelle. Ainsi conformément aux résultats de l'étude hydraulique, le gabarit hydraulique du franchissement de la bretelle de sortie de la RN1 sur la Ravine La Plaine est dimensionné pour une crue 10 ans.

- La géométrie retenue en surface des ouvrages intègre des pentes longitudinales et des dévers permettant l'évacuation des eaux pluviales.
- Les ouvrages sont équipés de système d'étanchéité destiné à protéger les surfaces horizontales en béton des tabliers.

- Les hypothèses de dimensionnement structurel des ouvrages d'art sont basées sur une durée de vie de 100ans.
- La classe d'environnement (ou catégorie de corrosivité) prescrite des parties métalliques aériennes des ouvrages est adaptée au contexte local. Il s'agit de la classe C5 selon la norme NF EN ISO 12944-2, catégorie la plus conservatrice de la norme pour tenir compte de l'atmosphère tropicale de la Réunion.
- Les classes d'exposition prescrites pour les matériaux béton sont adaptés au contexte local. Il s'agit des classes XC de protection contre la carbonatation et XS de protection contre les chlorures présents notamment dans l'air salin.
- Les ouvrages sont fondés à l'aide de système de fondations profondes adaptés au contexte géotechnique local du projet défini dans les études géotechniques et ayant fait l'objet de plusieurs campagnes d'essais de reconnaissance et de caractérisation des sols.

Compensation : sans objet

→ Impact résiduel positif

Qualité des eaux/sols	Impact du projet		Impact après mesures
Fort	Phase Travaux	Fort	Faible
	Phase exploitation	Positif	Positif

7.3 LES EFFETS ET MESURES SUR LE MILIEU NATUREL

7.3.1 Les zones de protection ou d'inventaire

7.3.1.1 Effets

Aucun espace règlementaire ou document d'inventaire concernant les milieux naturels ne régissent la zone d'emprise du projet. Cependant, la présence de la Réserve Naturelle Régionale de l'étang de Saint Paul se situe à proximité immédiate du projet. En effet, l'aire d'étude rapprochée intercepte la zone de protection modérée de la RN à l'extrémité Nord. De plus, le projet prévoit de franchir trois fois la ravine de la Plaine qui est connectée à l'étang de Saint-Paul, son exutoire.

→ Impact brut négatif, indirect, permanent et moyen

7.3.1.2 Mesures

Les mesures ERC projetées dans le cadre de l'intégration du projet sur l'enjeu milieu naturel bénéficient à la Réserve Naturelle de Saint Paul.

→L'impact résiduel est faible et permanent

7.3.2 Sur les habitats et la flore

7.3.2.1 Effets

Les effets suppressifs de la phase travaux perdurent en exploitation.

Impact de l'Axe Mixte en phase chantier et en phase d'exploitation

L'emprise du projet étant déjà en partie aménagée, l'impact de destruction sur les habitats et la flore reste localisée.

Des travaux de débroussaillage, terrassement et de remodelage des voies sont prévus et localisés sur des zones d'enjeu de conservation pour la flore et les habitats recensés.

Les **habitats naturels** qui seront directement détruits par l'emprise du projet sont :

- 87.191 - Savanes herbacées (12 600 m² impactés) ;
- 59.211 - Végétation marécageuse de basse altitude (3 420m² impactés).

Les **habitats secondaires** qui seront directement détruits par l'emprise du projet sont :

- 87.193 Fourrés secondaires de diverses espèces exotiques à tendance semi xérophile (72 380m² impactés)
- 87.191 x 87.193 Savanes herbacées en cours d'embroussaillement (21 670m² impactés)

Il n'est attendu aucun effet sur l'habitat « 59.211.3 Végétations hélophytique à *Typha domingensis* » et « 59.211.6 Prairie marécageuse à *Setaria geminata* » du fait de leur localisation éloignée des emprises du projet (Sud-Ouest de l'autre côté de la route).

Concernant la flore remarquable inventoriée, *Zornia Gibbosa*, espèce protégée sera impactée (32 stations au total) par l'emprise directe du projet. Les autres espèces végétales indigènes impactées par l'emprise de l'axe mixte sont communes et présente donc un enjeu moyen (*Typha domingensis, Persicaria senegalensis*).

Concernant les habitats naturels, l'impact brut peut être considéré comme **négatif, direct, permanent et fort** pour l'habitat naturel végétations marécageuses de basse altitude et **négatif, direct, permanent et moyen** pour les savanes herbacées qui restent communes.

Concernant les habitats secondaires, l'impact brut est considéré comme **négatif, direct, permanent et faible.**

Concernant la flore, l'impact brut sur *Zornia Gibbosa* est considéré comme **négatif, directe, permanent et fort.**

Impact du recalibrage de la ravine La Plaine sur les habitats et la flore

De nombreux habitats naturels, déterminant ZNIEFF de type 1 ou de type 2 sont présent sur le secteur 2 au niveau de la ravine des Plaine qui est connectée est à l'étang de Saint-Paul à son exutoire. Pour rappel, l'étang Saint-Paul, en périphérie et connexion avec la zone d'étude par continuité écologique aquatique, est une zone humide unique au monde et exceptionnelle au niveau d'une île comme la Réunion (classé site RAMSAR et Réserve Naturelle).

Le recalibrage de la ravine va avoir pour effet la destruction d'habitats marécageux situés le long de la ravine, notamment les roselières et les prairies humides.

De plus, les inventaires complémentaires réalisés en 2025 (cf. rapport de synthèse des inventaires complémentaires en annexe du présent rapport) ont révélé la présence d'une espèce floristique dans le lit et en bordure de la Ravine La Plaine. En effet, on y observe une végétation hélophytique à *Phragmites mauritianus* (enjeu très fort), une végétation aquatique à *Ipomoea aquatica et Ludwigia stolonifera* (enjeu moyen), ainsi que des prairies humides à *Cenchrus purpureus* (enjeu faible). La moitié nord, asséchée, est dominée par des formations exotiques secondaires (jachère à *Urochloa maxima*, fourrés à *Prosopis juliflora*, à *Leucaena leucocephala*, ainsi que des boisements à *Pithecellobium dulce*). Ces habitats secondaires exotiques sont fortement dégradés et de faible enjeu écologique.

L'évaluation de l'impact du recalibrage de la ravine La Plaine ne prend pas directement en considération la Réserve naturelle nationale de l'Etang de Saint-Paul puisque l'emprise du projet ne chevauche à aucun moment cette

réserve. Seul la remise en suspension de sédiment pourrait avoir un impact sur la réserve par continuité écologique aquatique (pour lequel l'impact est évalué dans la partie ci-après).

L'impact brut sur la ravine la Plaine est négatif, direct et indirect, permanent et fort.

Impact de la remise en suspension de sédiments causée par les travaux de la Ravine la Plaine sur les espèces floristiques et habitats en aval

Les travaux de recalibrage vont créer une remise en suspension des sédiments. Cette turbidité, si elle n'est pas contrôlée, pourrait avoir un impact sur les roselières et les prairies humides en aval du projet et notamment *Nesea triflora, Setaria geminata, Typha domingensis et Paspalum vaginatum*. En effet, l'étang Saint-Paul est en connexion avec la zone d'étude par continuité écologique aquatique, c'est-à-dire par la Ravine La Plaine.

Impact brut négatif, indirect, temporaire et moyen.

Impact des déchets et des pollutions accidentelles sur les habitats et la flore en phase travaux

Ce risque existe en phase chantier par la fréquentation importante de l'aie d'étude par les entreprises et leur personnel et par l'apport et l'utilisation de divers matériaux emballés, conditionnés ou polluants issus des engins de chantier par exemple.

L'impact brut est négatif, direct et indirect, temporaire et fort.

Impact de la prolifération des espèces végétales invasives en phase travaux

Il existe un risque de prolifération de plusieurs espèces invasives, au sein ou à proximité des zones de travaux, du fait de leur prolifération normale mais très rapide et préoccupante pour les milieux naturels alentour.

Ce risque concerne à la fois le site des travaux, les zones de stockage provisoire des déchets verts et les milieux traversés lors de leur évacuation. Ce point est renforcé par le fait que la zone d'étude est constituée en grande partie d'espèces exotiques dont certaines sont connues pour être envahissantes avec notamment le Cassi (*Leucaena leucocephala*), le faux poivrier (*Schinus terebinthifolia*) et le Bois de caraïbe (*Tecoma stans*). Leur prolifération peut provenir de la dissémination de graines des espèces invasives présentes sur le site avant et pendant les travaux ; des boutures présentes dans les déchets végétaux lors de leur stockage au sol ; de l'ouverture des milieux remaniés générant un développement plus rapide des espèces invasives.

Impact brut négatif, permanent, direct et indirect et fort

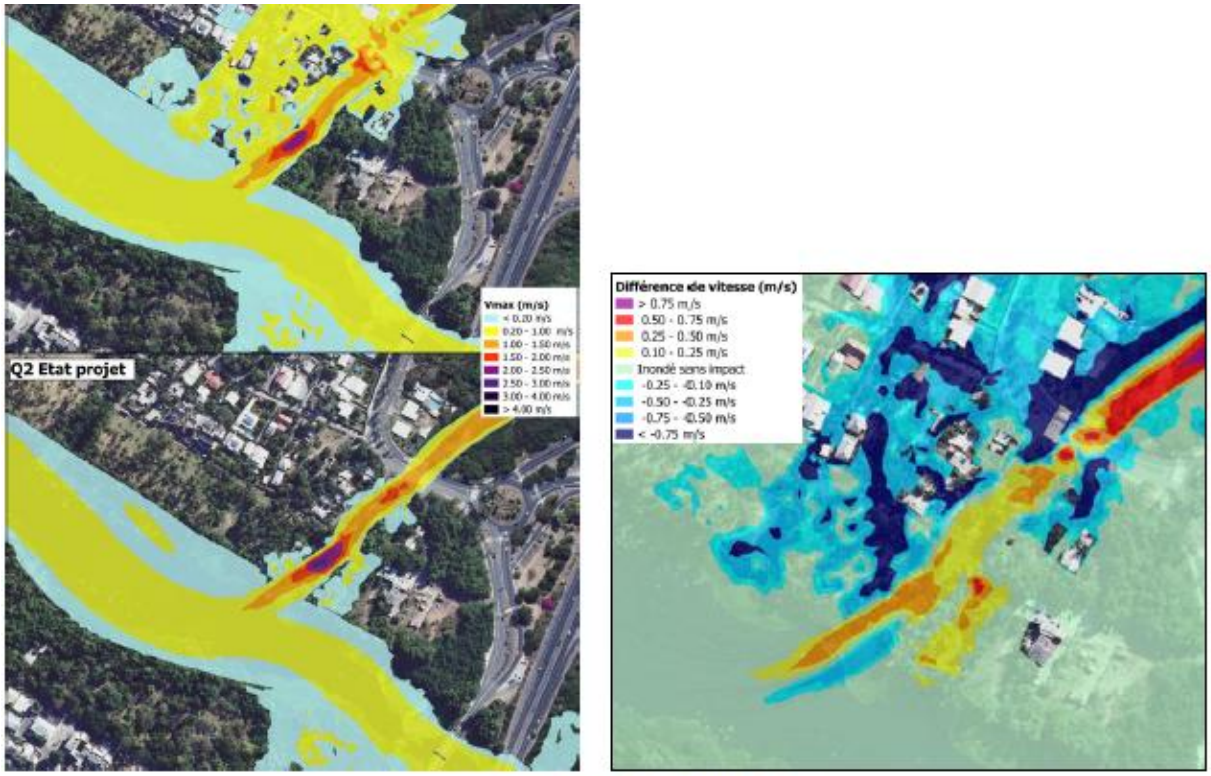
Impact hydraulique du recalibrage de la Ravine La Plaine :

Pour mémoire, le projet vise à redresser l'axe du lit mineur de la Ravine de La Plaine et à le recalibrer entre ses franchissements par la RN 1 en amont et l'avenue du stade en aval, soit un linéaire de 1 km.

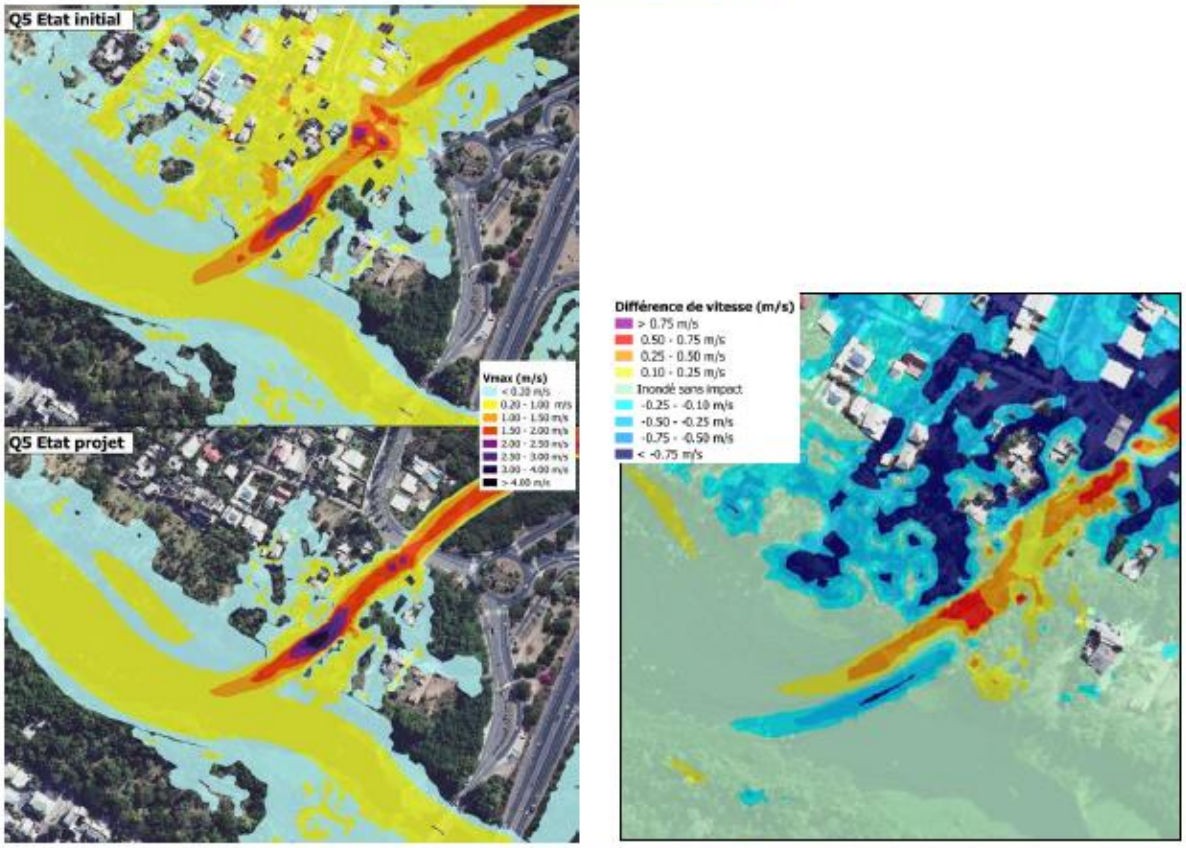
L'objectif de ces travaux est d'une part de permettre la réalisation de l'axe mixte et d'autre part de réduire le risque de débordement de la ravine (qui affecte notamment le quartier Jacquot). Compte-tenu de l'emprise foncière disponible, le recalibrage permettra de contenir une crue de période de retour 10 ans. Les berges de la ravine feront ainsi l'objet d'un traitement paysager de sorte à créer une ripisylve sachant que les berges actuelles sont quasi dénuées de végétation.

L'incidence de ce projet sur les conditions actuelles d'écoulement de la ravine a été appréciée à l'aide d'un modèle mathématique en 2D (Télémac). Les calculs ont été réalisés pour plusieurs débits de crue (2, 5, 10, 30 et 100 ans) et deux états (actuel et projet).

Les résultats de calculs ont été traduits sous la forme de cartes d'évolution des hauteurs d'eau et de vitesses. Ces cartes sont fournies ci-après.



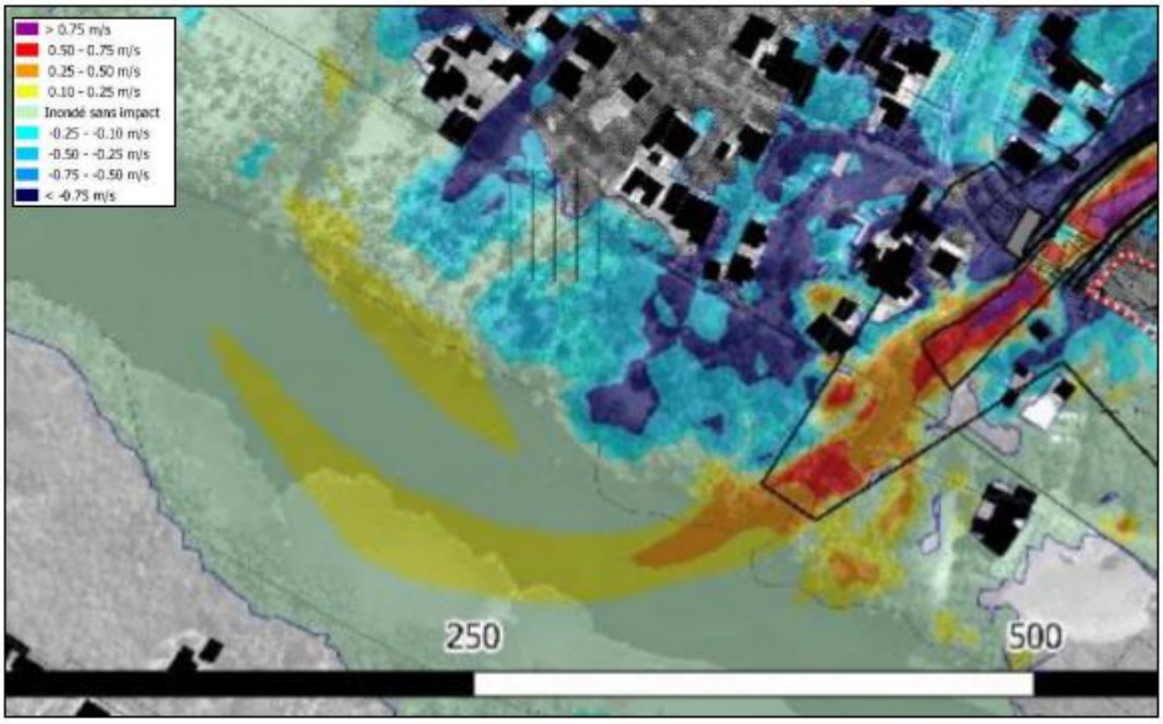
Crue de période de retour 2 ans



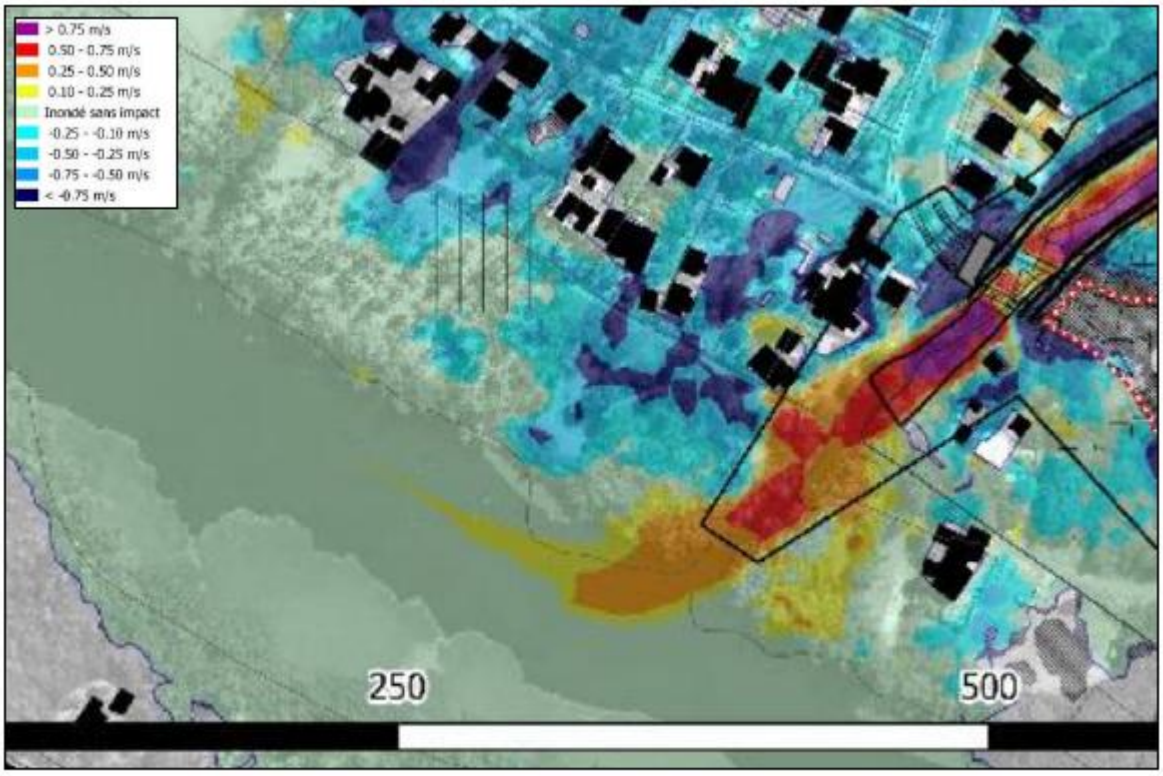
Crue de période de retour 5 ans

Pour les crues dites « courantes » (périodes de retour 2 et 5 ans), les vitesses d'écoulement apparaissent légèrement accentuées en aval du radier existant à l'état projet : < 0,50 m/s. On note toutefois que cela reste circonscrit au lit

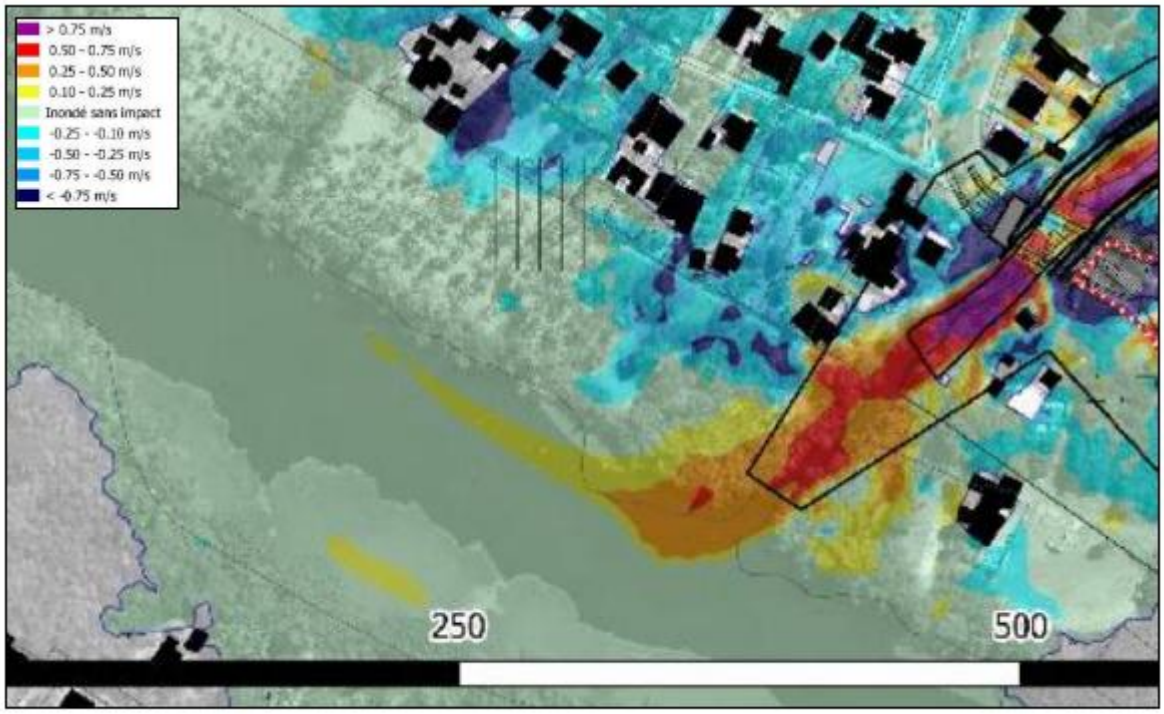
mineur de la ravine et au droit de son embouchure dans l'étang. Comme le montrent les figures précédentes, l'étang et ses berges ne sont en revanche pas impactés.



Incidence du projet sur les vitesses de la crue de période de retour 10 ans



Incidence du projet sur les vitesses de la crue de période de retour 30 ans



Incidence du projet sur les vitesses de la crue de période de retour 100 ans

Pour la crue de période de retour 10 ans (crue de dimensionnement du lit mineur de la Ravine La Plaine), l'évolution des vitesses maximales reste mesurée et principalement localisée autour de l'embouchure. Bien qu'une augmentation de la vitesse soit relevée à proximité de la rive opposée (comprise entre 0.10 et 0.25 m/s), elle n'est pas de nature à déstabiliser la berge existante étant donné que la vitesse calculée reste compatible avec la résistance assurée par une berge végétalisée (< 2 m/s).

Quant aux crues plus rares (30 et 100 ans), on constate à nouveau que les variations de vitesses restent cantonnées à l'embouchure de la ravine dans l'étang. Par conséquent, ce dernier ne subira pas de désordres du fait de la réalisation du projet de recalibrage du lit de la Ravine La Plaine.

Quoiqu'il en soit, il est envisagé, par précaution, de mener une surveillance visuelle des berges de l'étang à l'issue des travaux et sur une période minimale de 5 ans dans le but d'identifier toute évolution de ses berges potentiellement liée aux apports en crue de la Ravine La Plaine.

Enfin, le bassin versant de la Ravine La Plaine n'est pas pris en considération dans les calculs hydrauliques car les bassins versants routiers de l'axe mixte et de la ravine sont déconnectés.

7.3.2.2 Mesures

Evitement :

xxxv. **Balisage des espèces floristiques à enjeu en amont de la phase chantier** (Mesure décrite ME02 dans le rapport Biotope annexée). L'objectif est d'éviter la destruction des plants floristiques à enjeu, notamment *Typha domingensis Persicaria senegalensis*.
Modalité de mise en œuvre : passage d'un écologue expert qui balisera par du ruban les zones a ne pas détruire. L'expert sera accompagné du responsable du chantier et une formation auprès du personnel en charge des travaux sera réalisée.

Réduction :

xxxvi. **Mesure de biosécurité en phase chantier** (Mesure décrite MR01 dans le rapport Biotope annexé). L'objectif est de réduire la dispersion d'espèces exotiques envahissantes associée aux opérations de défrichements et de travaux sur le site (action préventive). Les communautés biologiques visées sont faune et flore exotiques et indigènes. La localisation concerne l'emprise chantier et aire d'étude rapprochée

Modalités de mise en œuvre Les actions suivantes permettront de limiter le risque de dispersion des EEE :

- Les travaux de défrichement seront réalisés par étape : les déchets verts seront disposés par tas sur les parcelles défrichées et sur du géotextile en vue de diminuer la dispersion des graines.
- Un broyage à l'aide d'un godet broyeur-cribleur sera réalisé (permet de traiter les végétaux verts et des portions de sol en même temps) 24 à 48h après andainage sur les parcelles.
- Les déchets verts grossiers et non passés au broyeur-cribleur seront acheminés vers un centre de traitement adéquat.
- Nettoyage préalable et au fil du chantier des aires dédiées au stockage des déblais et autres installations de chantier.
- Une aire dédiée au lavage des roues des véhicules de transport sera mise en place afin de limiter l'exportation d'EEE hors du site.
- Tout stockage temporaire sera effectué sur géotextile pour limiter la dispersion de diaspores d'EEE.
- Inspection des intrants, et notamment des intrants minéraux et végétaux (présence éventuelle de parasites, mauvaises herbes, pontes de reptiles ou insectes exotiques, etc.)
- Gestion des déblais / remblais afin de limiter au maximum les mouvements de terre, notamment en ce qui concerne la terre végétale (horizons supérieurs contenant la majorité des semences viables d'EEE)
- Suivi à pied d'œuvre du chantier par l'ingénieur écologue sous l'angle de la biosécurité (foyers d'invasion, risques et mesures associées)

D'autre part, une gestion des déchets organiques et poubelles adaptée sera mise en place en phase travaux en vue de limiter l'attractivité envers les rats, chats et chiens.

xxxvii. **Gestion des pollutions accidentelles et qualité de l'eau durant la phase travaux** (Mesure décrite MR06 dans le rapport Biotope annexé). Au regard des travaux prévus au sein de la Ravine, il ressort la nécessité de définir différentes mesures garantissant la conservation de la qualité de l'eau dans la zone d'influence des travaux. Cela doit donc se traduire par :

- La maîtrise de la dégradation des eaux aquatiques par la mise/remise en suspension de sédiments.
- La maîtrise des pollutions chimiques, notamment dans le cadre des bétonnages en milieu marin.
- La limitation des effets de conditions météos particulières (fortes pluies et vent) sur la qualité de l'eau en protégeant au maximum le chantier lors de ces évènements.

Les communautés biologiques visées sont les habitats, flore et faune au sein ou en aval des travaux prévus au sein de la ravine La Plaine.

En termes de modalités de mise en œuvre, il convient de mettre en place un ensemble de mesures permettant la conservation de la qualité de l'eau au sein de la ravine La Plaine :

Aménager la zone de chantier pour la gestion des rejets. Il s'agit de mettre en place l'ensemble des mesures garantissant le rejet d'une eau de bonne qualité : Mise en place des installations de chantier, avec organisation et stockage adapté de l'ensemble du matériel (limitation des ruissellements ou des embâcles…) ; Stockage des produits polluants sur une aire dédiée et protégée ; Stationnement adapté et entretien régulier de l'ensemble des engins (avec assainissement/rétention des rejets lors du lavage des véhicules…).

Limiter les risques de pollution accidentelle. Un ensemble de mesures est à mettre en place pour la gestion de ce risque : Définition d'un plan d'intervention pour la gestion des pollutions accidentelles terrestres et aquatiques ; Définition et sécurisation des zones de ravitaillement et entretien des engins et matériel de chantier (zone imperméable, dispositifs de rétention et assainissement, kit anti-pollution…) ; Définition des procédures pour la manipulation et l'utilisation des produits polluants.

Limiter les rejets directs de certaines opérations dans le milieu aquatique. Pour limiter les pollutions de remise en suspension des sédiments dans les eaux aquatiques en phase travaux, différents dispositifs existent et peuvent être mis en place notamment un merlon ou un filet anti-MES.

Le dimensionnement et conception d'un filet anti MES permet de délimiter la ravine en 2 parties. Les longueur et largeur devront tenir compte de la dimension de la pièce d'eau. Le procédé permettant la flottaison de la partie supérieure du filet devra être conçue de telle sorte à garantir une parfaite ligne de flottaison (exemple : distance réduite entre les flotteurs), les bidims gorgés d'eau et de MES ayant naturellement tendance à couler.

Suivi de la mesure Dans le cadre des travaux jugés sensibles (risque avéré de relargage MES), tout au long des travaux, un suivi de la turbidité en aval immédiat de la zone de travaux au niveau de l'exutoire sera effectué de façon à s'assurer que les travaux n'entrainent pas une forte élévation de la turbidité et par conséquent afin de s'assurer de l'efficacité de la mesure de réduction (filet anti-MES). Ce suivi s'ajoute au suivi environnemental classique de chantier (surveillance visuelle pendant les travaux au droit des zones à enjeux environnemental). Il n'est pas défini de seuil de vigilance au regard de la nature des travaux prévus pour ce marché.

xxxviii. **Renaturation de la partie avale de la ravine La Plaine** (Mesure décrite MR07 dans le rapport Biotope annexé).

L'objectif est

- de recréer des habitats favorables à la faune aquatique (invertébrés et oiseaux d'eau) de par la récréation d'une mosaïque d'habitats hygrophiles : végétation de sub-mangrove sur berge et végétation hélophytique sur terrasse ;
- de garantir la mise en place d'un corridor biologique à proximité de la réserve Naturelle Nationale de l'Etang de Saint Paul permettant le déplacement des espèces animales et végétales caractéristiques de ce milieu d'intérêt ;
- de limiter le développement d'espèces exotiques envahissante de par la végétalisation des berges et du fond du lit.

Communautés biologiques visées : Végétations aquatiques et hygophiles : sub-mangrove, roselières et prairies humides ; Faune aquatiques (invertébrés benthiques, oiseaux d'eau et poissons)

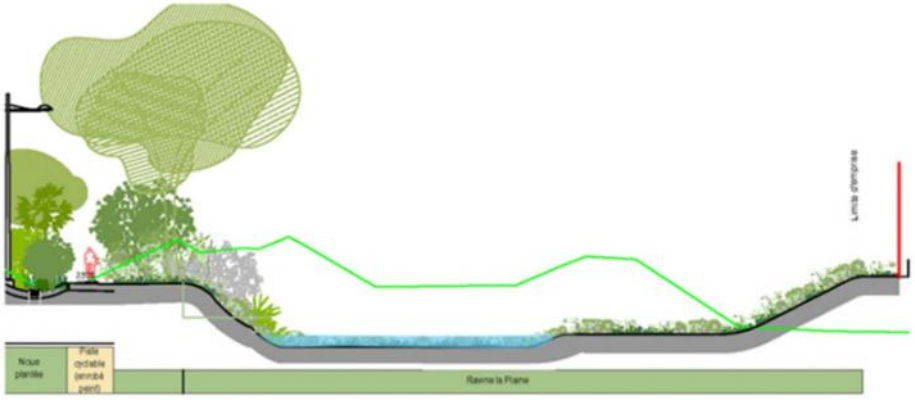
Localisation : Aval de la ravine La Plaine (zone A)

Modalités de mise en œuvre. Sur le secteur A, les berges et le fond du lit de la ravine La Plaine seront reprofilées afin de créer des terrasses inondées en été et exondées en hiver.

Sur les berges côté Axe Mixte, les plantations arborées et arbustives seront réalisées à partir d'espèces indigènes hygrophiles de sub-mangrove telles que *Heritiera littoralis*, *Hibiscus (=Tilliparti) tiliaceus, Thespesia populnea, Thespesia populneoides.*

Elles seront complétées par des espèces herbacées en pied de berge et sur les terrasses telles que *Ludwigia octovalvis, Paspalum (=Setaria) geminatum, Paspalum vaginatum, Typha domingensis, Cyperus articulatus*.

Ces plantations seront aménagées sur un profil de ravine alternant zones en eau et zones émergées, tel que présenté sur le profil ci-dessous :



Le suivi écologique sera réalisé en phase travaux et un suivi phytosociologique des zones de transplantation et un suivi des oiseaux d'eau sera réalisé sur 5 années après intervention

S'agissant des modalités de collectes de graines, à ce stade du projet, il n'est pas possible de préciser de manière exhaustive la méthodologie opérationnelle (au-delà des espèces cibles, de leur localisation géographique d'ensemble proche du site d'aménagement et où les espèces cibles sont présentes, ou encore le nombre d'individus à raison de 200 par espèces arbustives et dont les protégées font l'objet d'un CERFA dédié pour la collecte).

En effet, ces interventions étant prévues en phase d'aménagement paysager, soit en fin de calendrier du projet et, autrement dit dans plusieurs années à date, elles seront donc précisées le moment venu. Par ailleurs, et comme déjà stipulé dans les dossiers, la mise en œuvre de la mesure a fait l'objet d'une consultation préalable du CBNM, et sera anticipée et coordonnée par la maîtrise d'œuvre, le paysagiste et la coordination environnementale de chantier (MA01), et fera l'objet d'échanges et validations avec la DEAL et le CBNM avant réalisation.

L'action de récolte de semences concerne des individus existants situés hors emprise du projet, qui ne sont donc pas impactés par aucun des travaux ni par l'emprise définitive de projet. Ces prélèvements seront réalisés à proximité du site, notamment aux alentours de la RNESP (mais hors d'elle) et en rive droite de la ravine de l'étang notamment, afin de garantir une cohérence écologique et génétique des plantations à réaliser ensuite dans la zone d'application de la mesure. Si nécessaire, ces actions pourront faire l'objet d'un CERFA spécifique ultérieurement, lorsque les modalités précises seront objectivement connues.

En termes de surfaces, la renaturation couvre les surfaces suivantes :

- 5 800m² de berges plantées

- 660m² de zone de compensation de phragmite

- 2 900 m² de berges avec semis de prairie uniquement

Un plan de localisation de la mesure est fourni ci-dessous.

Extrait de la légende de plantation (plan 03.2A) :

LEGENDE PLANTATION

Grand arbre d'alignement

AM	Arbre à miel	(Inga laurina)
BE	Benjoin	(Terminalia bentzoe)
MA	Mantaly	(Terminalia mantaly)
NE	Neem	(Azadirachta indica)
BBr	Bois blanc rouge	(Poupartia borbonica)
BEp	Bois d'éponge	(Polyscias cutispongia)
BR	Bois rouge	(Elaeodendron orientale)
PJ	Pomme jacot	(Mimusops coriacea)
TK	Takamaka bord de mer	(Calophyllum inophyllum)

Arbre projet à petit développement

AO	Arbre orchidée	(Bauhinia variegata)
BAr	Bois d'arnette	(Dodonaea viscosa var angustifolia)
BCd	Bois de chandelle	(Dracaena reflexa)
BCh	Bois de chenille	(Volkameria heterophylla)
BDe	Bois de demoiselle	(Doratoxylon apetalum var. apetalum)
BGa	Bois de gaulette	(Doratoxylon apetalum var. apetalum)
BH	Bois d'huile	(Erythroxylum hypericifolium)
BJc	Bois de joli cœur	(Pittosporum tenacia))
BJu	Bois de judas	(Cossinia pinnata)
BNe	Bois de nèfle à petites feuilles	(Eugenia buxifolia)
BOn	Bois d'olive noir	(Olea europaea subsp. Cuspidata)
BPu	Bois puant	(Foetidia mauritiana)
BSb	Bois de senteur blanc	(Ruizia cordata)
RB	Rince-bouteille	(Callistemon citrinus)
FR	Frangipanier	(Plumeria alba / rubra)
SE	Sébestier	(Cordia sebestana)
TG	Tanguin	(Stillingia lineata)
VE	Veloutier bord de mer	(Heliotropium foertherianum)

Grand arbre isolé pour surlageur

AP	Arbre à pluie	(Samanea saman)
BD	Badamier	(Terminalia catappa)
BB	Baobab	(Adansonia digitata)
BE	Benjoin	(Terminalia bentzoe)
BR	Bois rouge	(Elaeodendron orientale)
BV	Bonnet d'évêque	(Barringtonia asiatica)
FL	Flamboyant	(Delonix regia)
FLj	Flamboyant jaune	(Peltophorum pterocarpum)
NE	Neem	(Azadirachta indica)
TM	Tamarin des bas	(Tamarindus indica)

Palmier projet

DN	Dattier nain	(Phoenix roebelenii)
LT	Latanier rouge	(Latania lontaroides)
PBe	Palmier à bétel	(Areca catechu)
PBa	Palmier bambou	(Rhapis excelsa)
PBo	Palmier Bombonne	(Hyophorbe lagenicaulis)
PR	Palmier de la reine	(Syagrus romanzoffiana)
PM	Palmier de Madagascar	(Dypsis madagascariensis)
PMc	Palmier Mac Arthur	(Ptychosperma macarthurii)
PQp	Palmier queue de poisson	(Caryota mitis)

Palmier isolé pour surlargeur

PB	Palmier de Bismarck	(Bismarckia nobilis)
PT	Palmier triangle	(Dypsis decaryi)

Latanier existant à conserver

Latanier existant à transplanter

Arbre existant à conserver

Arbre existant à supprimer

xxxix. **Déplacement des horizons superficiels du sol (Zornia Gibbosa)** (Mesure décrite MR08 dans le rapport Biotope annexé). L'objectif est :

- d'assurer la conservation du pool génétique des stations de *Zornia gibbosa* impactées par le projet (espèce annuelle non transplantable).
- de favoriser la recolonisation par Zornia des zones drainantes bien exposées ;
- de créer des corridors de dissémination pour cette espèce et communautés végétales associées

Les communautés biologiques visées sont les stations de *Zornia gibbosa*, tonsures des savanes et communautés végétales associées

Localisation des zones de prélèvement : station de Zornia gibbosa (fortes densités) impactées par le projet

Localisation des zones de translocation : zones drainantes destinées à être restaurées en savane herbacée (délaissés)

Modalités de mise en œuvre : Le principe consiste à décaper les 10-20 premiers cm de de sol sur les stations de Zornia gibbosa (et savanes associées), contenant les semences des espèces indigènes et protégée, puis de la stocker provisoirement à proximité afin de la régaler sur des zones favorables (zones drainantes bien exposées) en fin de chantier (phase de remise en état).

Etapes de réalisation :

1. Piquetage préalable des stations à forte densité de *Zornia gibbosa*, notamment au sein des savanes en bon état de conservation impactées par le projet (éviter les zones de friches contenant de nombreuses espèces exotiques) ;
2. Décapage à la lame (pelle mécanique à godet lisse) les premiers horizons de sol contenant les semences, sur 10-20 cm de profondeur ;
3. Stockage provisoire des couches décapées à proximité de la zone sur géotextile en les séparant et les isolant des autres stocks de déblais. Les terres ne devront pas être mélangées pour éviter la pollution par des espèces végétales exotiques envahissantes.
4. Régalage du substrat sur 10 à 20 cm d'épaisseur sur des zones favorables (sol drainant, bien exposé à destination herbacée) : délaissés destinés à être conservés en prairie / savanes. Ce régalage sera opéré en fin de terrassement lorsque la côte finale sera atteinte ;
5. Compactage léger des terres ainsi régalées afin d'assurer une cohérence des matériaux à la sous-couche drainante et favoriser le rejet des espèces pionnières indigènes.
6. Ensemencement de ces surfaces à l'aide *d'Heteropogon contortus et Cynodon dactylon* en faibles densités afin de favoriser la création de tonsures (zones pionnières) ;
7. Débroussaillage régulier à 5-10 cm du sol avec élimination systématique des ligneux exotiques et exportation des produits de la fauche afin d'augmenter les chances de résilience de la formation et maintenir des fasciés hétérogènes (tonsures alternant avec zone herbacée plus dense).

Phase du projet Phase préparatoire (piquetage préalable) jusqu'à la remise en état (régalage sur zone de destination et réensemencement). Le phasage de la mesure est précisé dans le calendrier prévisionnel présenté au paragraphe dédié Calendrier et temporalité de réalisation des travaux

Suivis de la mesure Suivi écologique en phase travaux

Suivi phytosociologique des zones de transplantation sur 5 années après intervention.

La période propice au décapage sera à l'ouverture des emprises, hors saison d'émergence de *Zornia gibbosa*, à savoir durant la phase de dormance végétative correspondant à l'hiver austral. Les zones de stockage seront matérialisées pour éviter tout risque de détérioration. Les terres seront entreposées sous une première bâche géotextile puis une seconde bâche imperméable pendant toute la durée du stockage.

Les zones de stockage de *Zornia gibbosa* sont figurées sur la carte suivante :

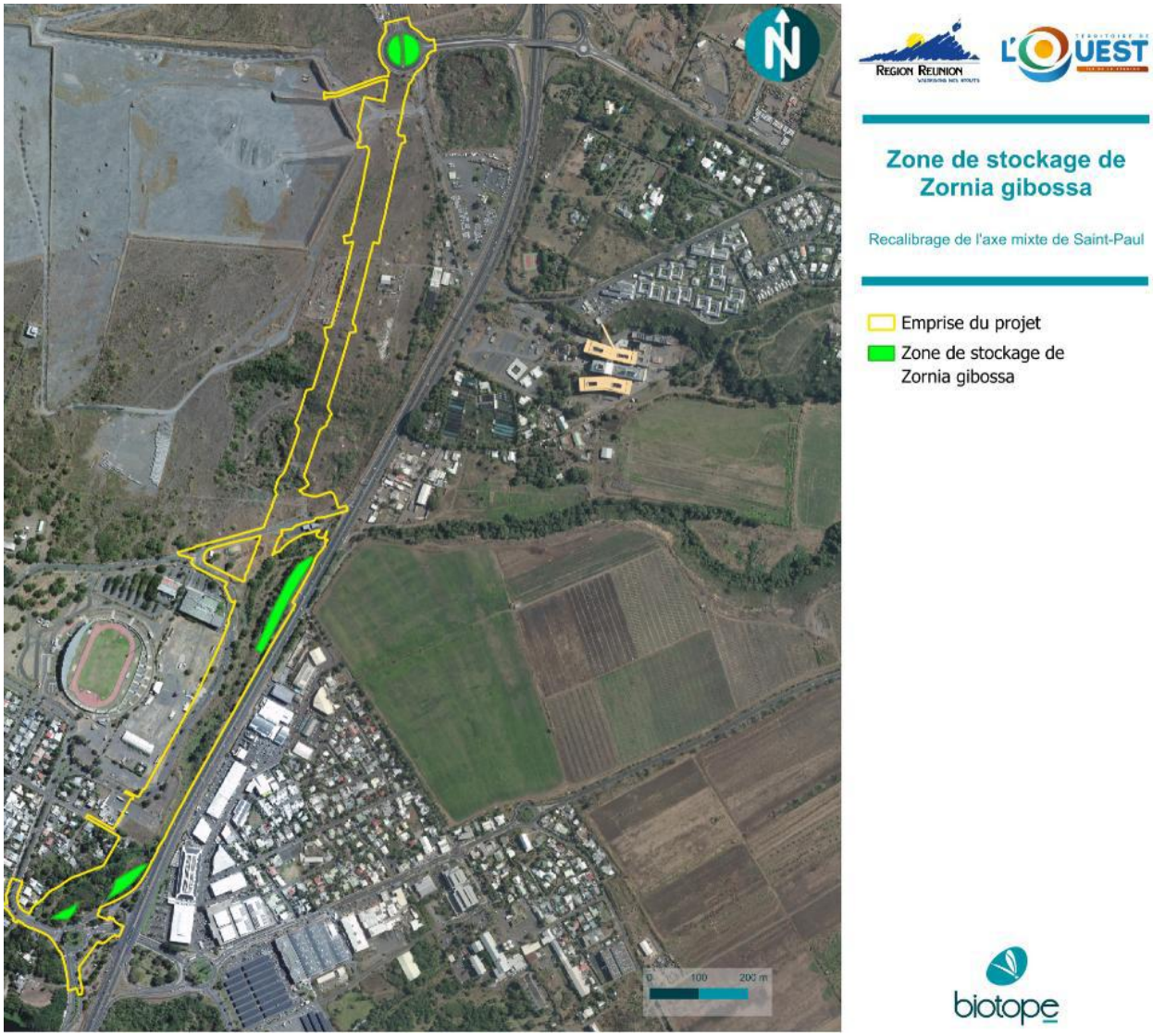


Figure 155. Zones de stockage de Zornia gibbosa.

Il est précisé que le phasage et les zones de stockage sont indicatives à ce stade. Elles dépendront en effet du phasage de travaux retenu ainsi que des emprises chantier disponibles. Les horizons de sols seront réutilisés localement, notamment sur les berges de la ravine la Plaine rive gauche et sur les espaces réaménagés du rond-point de Cambaie, afin de favoriser la reconstitution de la végétation locale.

xl. **Limiter la propagation des espèces exotiques envahissantes** (Mesure décrite MR10 dans le rapport Biotope annexé). Afin d'éviter le recouvrement du tracé par les Espèces Exotiques Envahissantes et limiter l'érosion de surface après travaux, il est envisagé de procéder à un réensemencement avec une espèce couvrante, type *Heteropogon contortus* (Z'herbe polisson) des surfaces travaillées après la fin des travaux sur le prolongement de l'Axe Mixte.

L'itinéraire technique de cette graminée indigène, particulièrement adaptée aux conditions bioclimatiques du site d'étude, est maintenant bien maitrisée à La Réunion. Elle peut notamment être ensemencée sous forme d'hydro-seeding à réaliser en début d'été. D'autres espèces indigènes type légumineuses (*Tephrosia purpurea* notamment) pourront également utilement être incorporées au mélange grainier utilisé.

Modalités de mise en œuvre. En fonction de la fin des travaux, la période de remise en état et de plantation sera à effectuer en début d'été austral, avant la période des pluies afin de garantir une meilleure reprise.

Au niveau des zones enherbées ou bénéficiant de plantations, le suivi et l'entretien des végétaux autour du projet sera effectué à raison de 2 passages par an pendant 2 an, prévoyant regarnissage et arrosage éventuel.

Sur la zone qui sera hydroseedée, une lutte EEE sera réalisée à raison de 4 passages par an pendant 2 ans. Les périodes les plus propices ainsi que la liste d'espèces qui fera l'objet de lutte seront définis en début de marché.

La durée de mise en œuvre minimale est de 10 ans. Cette action sera accompagnée par le suivi écologique prévu dans la mesure MS01. Le gestionnaire assurera par ailleurs l'entretien à long terme des emprises, permettant de prolonger cette action au-delà de cette durée.

Dans les secteurs susceptibles d'être rétrocédés à d'autres gestionnaires, les conventions associées intégreront la nécessité de maintenir ces actions dans la durée.

Accompagne/suivi :

xli. **Coordination environnementale de chantier** (Mesure décrite MA01 dans le rapport Biotope annexé). Cette mesure vise à réduire le risque d'atteinte à l'environnement en phase travaux en vérifiant l'applicabilité des mesures environnementales préconisées dans l'étude d'impact. La mesure concerne l'emprise du projet et sa zone d'influence.
L'ingénieur-écologue en charge de l'assistance environnementale et du suivi écologique de chantier interviendra en amont et pendant le chantier :
Phase préliminaire
- Suivi des espèces végétales et animales sur le terrain (mise à jour de l'état de référence et notamment de la localisation des éléments à enjeux), en appui à l'ingénieur environnement du chantier (si une personne est nommée sur le chantier en question).
- Rédaction du cahier des prescriptions écologiques, à destination des entreprises en charge des travaux.

Phase préparatoire du chantier.
- Sensibilisation des entreprises aux enjeux écologiques. Cette sensibilisation se fera dans le cadre de la formation / accueil général des entreprises,
- Localisation des zones sensibles du point de vue écologique, situées à proximité de la zone de chantier et à baliser,
- Élaboration d'un programme d'exécution sur le volet biodiversité,
- Analyse des plans fournis par les entreprises en fonction des contraintes écologiques et appui de l'ingénieur environnement pour la validation des plans.

Phase chantier
- Sensibilisation continue des entreprises au respect des milieux naturels ;
- Suivi des espèces végétales et animales sur le terrain. Ce suivi concernera l'ensemble des zones sensibles identifiées à proximité du chantier mais aussi directement au sein de l'emprise des travaux ;
- En fonction des difficultés rencontrées sur le terrain, proposition de nouvelles prescriptions ou révision de certaines prescriptions pour les futures consultations d'entreprises ;
- Vérification régulière sur le terrain du bon état des installations mises en place pour la protection des milieux naturels ;

Dans le cadre du suivi écologique du chantier, des comptes-rendus de suivi écologique seront réalisés par l'ingénieur-écologue en charge du suivi écologique.
En conclusion, une telle assistance environnementale offre les avantages principaux suivants :
- Une meilleure appréhension des effets du projet au fur et à mesure de l'évolution et de la précision de ce dernier ;
- La garantie du respect et de la mise en œuvre des différentes mesures d'atténuation proposées ;
- Une meilleure réactivité face à un certain nombre d'impacts difficiles à prévoir avant la phase chantier ou imprévisibles lors des phases d'étude et qui peuvent apparaître au cours des travaux.

xlii. Suivi écologique des milieux reconstitués (Mesure décrite MS01 dans le rapport Biotope annexé). L'objectif est de suivre les milieux écologiques qui ont été reconstitués issus des mesures xxxix et xl (MR08 et MR09).

En synthèse

Impacts résiduels sur les habitats naturels

Habitat concerné	Effet prévisible	Phase du projet	Impact brut	Mesure d'atténuation	Impact résiduel
59.211 Végétation marécageuse de basse altitude (Enjeu Fort)	Destruction ou dégradation physique Impact des déchets et pollutions accidentelles	Travaux et exploitation	Fort	xxxvi(MR1) – Biosécurité en phase chantier xxxviii(MR07) – Renaturation de la partie avale de la ravine La Plaine xli (MA01)- Coordination environnementale de chantier	Moyen La renaturation de la ravine et la suppression du radier garantira, à terme, une meilleure continuité écologique terrestre / aquatique et l'établissement de mosaïques d'habitats hygrohiles à semi-xérophiles indigènes favorables à la faune et à la flore. L'impact résiduel est jugé faible à court terme et positif à long terme (5-10 ans). Les mesures d'évitement et de réduction ne compensent toutefois pas l'impact du projet sur l'habitat du Phragmites mauritianus dont la station est directement impactée par le recalibrage de la ravine La Plaine (cf. impact du projet sur les espèces).
18.2912 Ourlet hélophytique à *Fimbristylis cymosa* (Enjeu Fort)	Aucun effet prévisible attendu	Travaux et exploitation	Moyen	xxxvii (MR06)- Gestion des pollutions accidentelles et qualité de l'eau durant la phase travaux xxxviii (MR07) – Renaturation de la partie avale de la ravine La Plaine	Nul
59.211.3 Végétations hélophytique à *Typha domingensis* (Enjeu Fort)	Aucun effet prévisible attendu	Travaux et exploitation	Nul	xxxvii (MR06)- Gestion des pollutions accidentelles et qualité de l'eau durant la phase travaux xxxviii (MR07) – Renaturation de la partie avale de la ravine La Plaine xxxv (ME02) - Balisage des espèces floristiques à enjeu en amont de la phase chantier	Nul
59.211.6 Prairie marécageuse à *Setaria geminata* (Enjeu Fort)	Aucun effet prévisible attendu	Travaux et exploitation	Moyen	xxxvii (MR06)- Gestion des pollutions accidentelles et qualité de l'eau durant la phase travaux xxxviii (MR07) – Renaturation de la partie avale de la ravine La Plaine	Nul
24.10 Lits des rivières (Enjeu Moyen)	Destruction ou dégradation physique Perturbation du milieu par les déchets et pollutions accidentelles	Travaux	Fort	xxxvi (MR1) – Biosécurité en phase chantier xxxvii (MR06)- Gestion des pollutions accidentelles et qualité de l'eau durant la phase travaux xxxix (MR08) – Déplacement des horizons superficiels du sol xli (MA01)- Coordination environnementale de chantier	Faible Au vu de la distance entre les emprises travaux prévus dans la ravine La Plaine et l'habitat, la mesure de réduction proposée permettra de contenir toute pollution accidentelle ou remise en suspension des sédiments dans un périmètre réduit
87.191 Savanes herbacées (Enjeu Moyen)	Destruction ou dégradation physique Perturbation du milieu par les déchets et pollutions accidentelles	Travaux et exploitation	Moyen	xxxvi (MR1) – Biosécurité en phase chantier xxxix (MR08) – Déplacement des horizons superficiels du sol xl (MR10) – Limiter la propagation des espèces exotiques envahissantes sur les surfaces travaillées xli (MA01)- Coordination environnementale de chantier	Faible Au niveau de la Plaine Chabrier, les emprises du projet vont détruire quelques savanes primaires mais celles-ci sont en cours de colonisation par les Espèces Exotiques Envahissantes buissonnantes. En créant en parallèle des délaissés, des accotements et des noues, on peut juger l'impact résiduel comme étant faible.

22.491.2 Végétation aquatique flottante héliophyle *à Eichhornia crassipes* et *Pistia stratiotes* (Enjeu Faible)	Perturbation du milieu par les déchets et pollutions accidentelles	Travaux	Fort	xxxvi (ME02) – Biosécurité en phase chantier xxxvii (MR06) - Gestion des pollutions accidentelles et qualité de l'eau durant la phase travaux xxxviii(MR07)– Renaturation de la partie avale de la ravine La Plaine	Nul Au vu de la distance entre les emprises travaux prévus dans la ravine La Plaine et l'habitat, la mesure de réduction proposée permettra de contenir toute pollution accidentelle ou remise en suspension des sédiments dans un périmètre réduit
87.193 Fourrés secondaires de diverses espèces exotiques à tendance semi-xérophile (Enjeu Faible)	Destruction ou dégradation physique Perturbation du milieu par les déchets et pollutions accidentelles	Travaux et exploitation	Faible	xxxvi(MR1) – Biosécurité en phase chantier xl (MR10) – Limiter la propagation des espèces exotiques envahissantes sur les surfaces travaillées	Nul L'impact résiduel est nul au vu de la surface de fourrés secondaires détruite par l'emprise du projet et peut même être considéré comme positif avec les mesures de re-végétalisation mises en place.
Habitats anthropiques (Enjeu Nul)	Aucun effet prévisible attendu	Travaux et exploitation	Nul	/	Nul

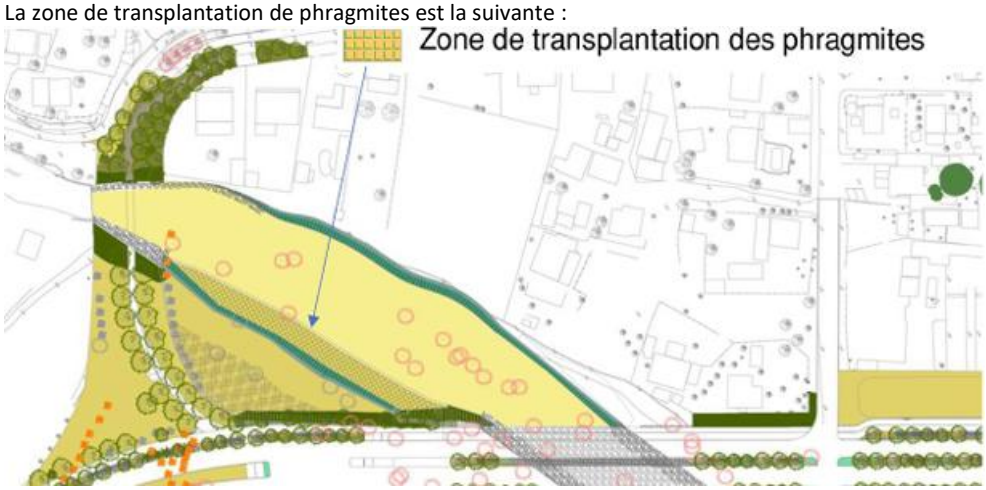
Impacts résiduels sur les espèces végétales

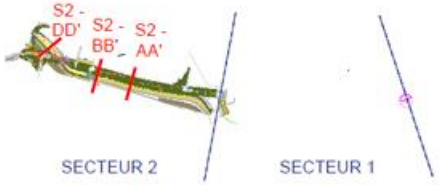
Espèce concernées	Effet prévisible	Phase du projet	Impact brut	Mesure d'atténuation	Impact résiduel	Implication réglementaire (L. 411-2)
Zornia gibbosa (Enjeu fort)	Destruction ou dégradation physique	Travaux et exploitation	Fort	xxxix (MR08) – Déplacement des horizons superficiels du sol xl (MR10) – Limiter la propagation des espèces exotiques envahissantes sur les surfaces travaillées xli (MA01)- Coordination environnementale de chantier	Faible Les principales stations impactées par le projet sont d'origine anthropiques	Oui
Phragmites mauritianus (Enjeu fort)			Fort	xxxviii (MR07)– Renaturation de la partie avale de la ravine La Plaine xl (MR10) – Limiter la propagation des espèces exotiques envahissantes sur les surfaces travaillées xli (MA01)- Coordination environnementale de chantier	Moyen La renaturation de la ravine et la suppression du radier garantira, à terme, une meilleure continuité écologique terrestre et aquatique. L'impact résiduel est jugé faible à court terme et positif à long terme (5-10 ans). **Les mesures d'évitement et de réduction ne compensent toutefois pas l'impact du projet sur l'habitat du Phragmites mauritianus dont la station est directement impactée par le recalibrage de la ravine La Plaine -> Nécessité de mesures compensatoires (MC01).**	Oui
Typha domingensis (Enjeu Moyen)			Moyen	xxxv (ME02) - Balisage des espèces floristiques à enjeu en amont de la phase chantier	Nul	Non
Persicaria senegalensis (Enjeu Moyen)			Moyen	xxxv (ME02) - Balisage des espèces floristiques à enjeu en amont de la phase chantier	Nul	Non

Mesure compensatoire :

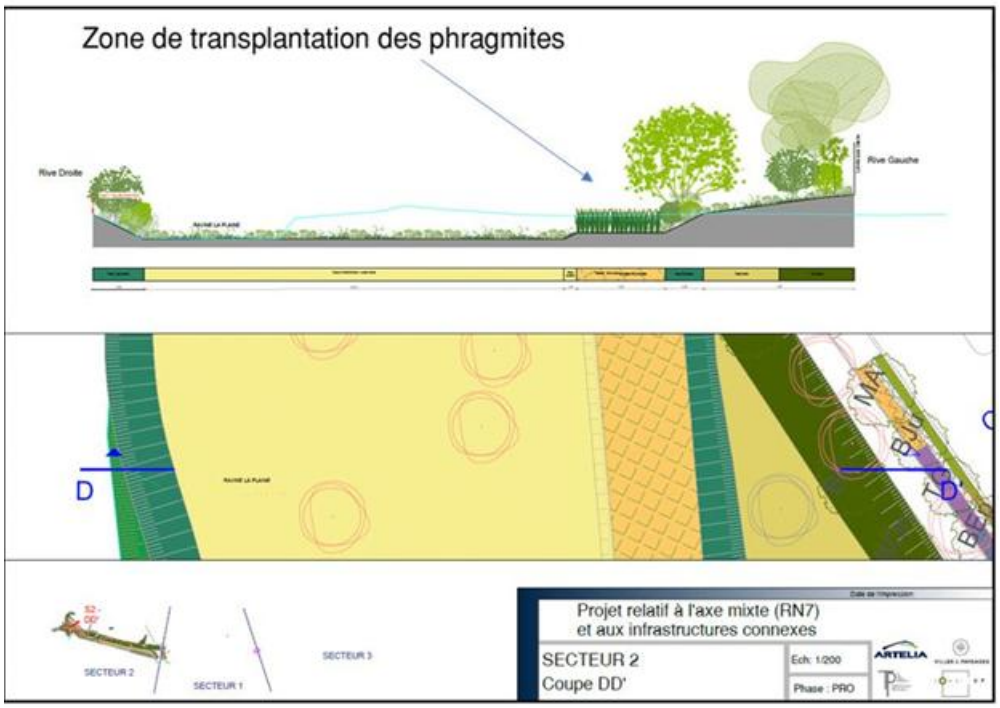
Si la renaturation de la ravine et la suppression du radier garantira, à terme, une meilleure continuité écologique terrestre et aquatique, les mesures d'évitement et de réduction ne compensent toutefois pas l'impact du projet sur l'habitat du *Phragmites mauritianus* dont la station est directement impactée par le recalibrage de la ravine La Plaine
Une mesure compensatoire MC01 est ainsi prévue et présentée ci-après :

xliii. MC01 - Déplacement d'une station de phragmite – création d'un habitat

MC01	Création d'un habitat
Objectif(s)	● Compenser la perte de biodiversité causée par la destruction de la station de Phragmites ● Recréer un habitat fonctionnel ● Conserver le pool génétique d'une population d'espèce rare
Communautés biologiques visées	● Habitats des zones humides ; ● Végétation des zones humides (*Phragmites mauritianus)*
Localisation	Ravine La Plaine
Acteurs	Écologue en charge de l'assistance environnementale / Maitre d'œuvre / Entreprise en charge des travaux
Maîtrise foncière	La ravine La Plaine relève du Domaine Public Fluvial (DPF) et se situe dans le périmètre du PAPI de Saint-Paul ainsi que dans le périmètre de la Déclaration d'Utilité Publique (DUP) du projet. La Région intervient dans le cadre d'une co-maîtrise d'ouvrage avec le Territoire de l'Ouest, via une convention à établir. La gestion future s'inscrit dans le cadre des compétences GEMAPI du Territoire de l'Ouest, les conventions correspondantes étant en cours de préparation.
Modalités de mise en œuvre	Une station de Phragmite va être détruite lors des travaux de conception du secteur 2 de l'axe mixte. La population de Phragmite va donc être déplacée. Pour transplanter ces Phragmites, plusieurs risbermes vont être créées sur un linéaire. La zone de transplantation de phragmites est la suivante : 



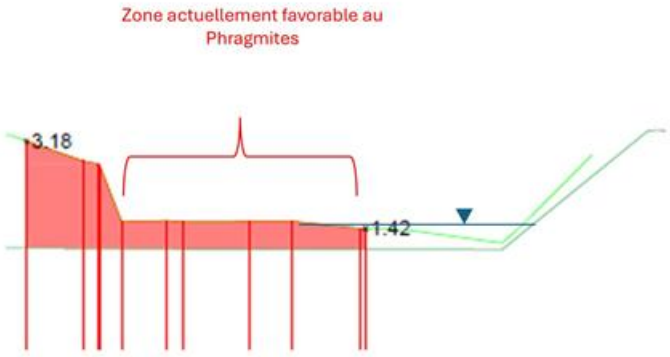
Coupe D-D' :



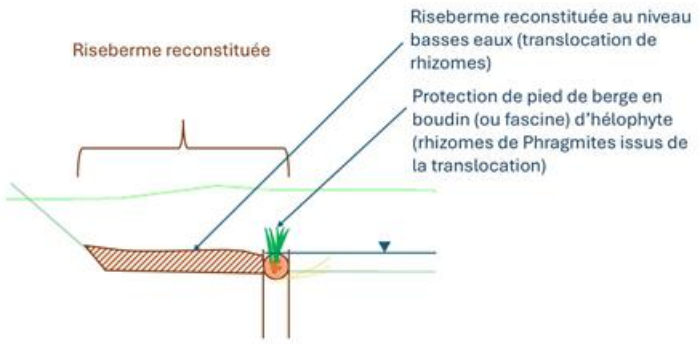
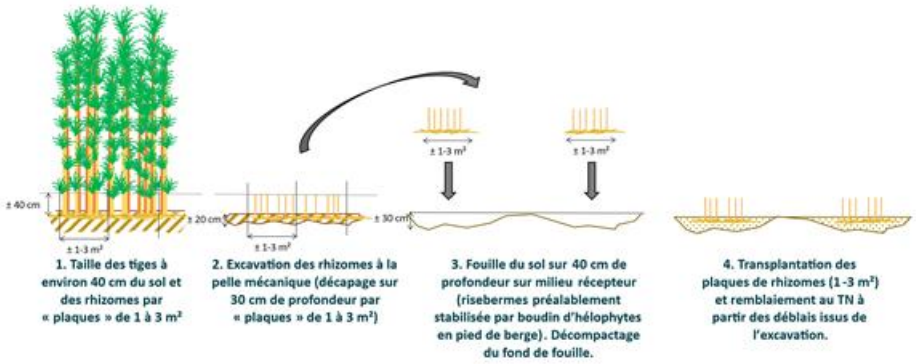
Quelques préconisations doivent être suivis afin que la transplantation des Phragmites soit la plus efficiente possible.

Tout d'abord, une risberme doit être créée et calée sur le niveau des basses eaux (étiage), comme c'est le cas à l'état initial. De plus, il faut que les risbermes soient positionnées sur les secteurs où la pente du profil en long est la plus faible (zones lenthiques).

Profil en travers - Etat initial



Afin que les risbermes soient stables, nous préconisons d'installer des boudins d'hélophytes en pied de berges (meilleure stabilité pour éviter que tout soit détruit dès la première crue).

	Profil en travers – Lit réaménagé  Nous proposons donc de mettre 3 stations favorables d'à peu près 200 m² (par station). La surface proposée est triplée (ratio de compensation proposé = 3) → 220 m² transplantés donnent 660 m² favorables en réimplantant les rhizomes décapés par « tâches » de quelques m². En faisant cela, cela favorise également la régénération naturelle d'autres espèces caractéristiques des zones humides. **Protocole de transplantation des rhizomes de Phragmite (*Phragmites mauritinaus*)**  L'emplacement exact des stations dépendra de l'emplacement des pentes les plus faibles et les risbermes suffisamment larges en intrados. Afin de favoriser la bonne reprise des espèces transplantées, des actions de lutte contre les EEE seront mises en place sur les 3 stations sur 3 ans après translocation des rhizomes. 4 passages seront effectués la première année, puis 2 passages pour la deuxième et troisième année. *NB : de nombreux retours d'expériences positifs de translocation de rhizomes ont été capitalisées en métropole sur une espèce proches, Phragmites australis. Des retours d'expériences positifs ont également été capitalisées à la Réunion sur une autre espèce rhizomateuse, Nastus borbonicus (L. BONIN, comm. Pers., 2025).*
Indications sur le coût	Intégré aux travaux
Planification	Cf calendrier prévisionnel : Calendrier et temporalité de réalisation des travaux Le phasage de la mesure sera comparable à celui prévu pour la mesure MR07. La mise en œuvre interviendra après les travaux de reprofilage de la ravine, lorsque les conditions seront réunies pour préparer la zone d'accueil de l'habitat. Les opérations seront réalisées hors périodes cycloniques. L'intervention de déplacement elle-même sera rapide, en s'étant préalablement assuré que les conditions hydromorphologiques de la zone de réception étaient favorables.
Suivis de la mesure	MS02 – Suivi de la mesure compensatoire
Mesures associées	**MR07 - Renaturation de la partie avale de la ravine La Plaine** **MR10 – Limiter la propagation des espèces exotiques envahissantes**

Une mesure d'accompagnement de cette mesure compensatoire est prévue. Il s'agit de la mesure

xliv. MS02 - Déplacement d'une station de phragmite – suivi de la mesure compensatoire

MS02	Suivi de la mesure compensatoire
Objectif(s)	Vérifier la pertinence et l'efficacité de la mesure compensatoire mises en place ; Proposer « en cours de route » des adaptations éventuelles des mesures au cas par cas Garantir auprès des services de l'Etat et autres acteurs locaux la qualité et le succès des mesures programmées ; Réaliser un bilan pour un retour d'expériences et une diffusion restreinte des résultats aux différents acteurs.
Communautés biologiques visées	Espèces exotiques envahissantes animales et végétales (EEE) Roselière à *Phragmites mauritianus*
Localisation	Zone concernée par la compensation écologique
Acteurs	Maître d'ouvrage dans la conception du projet, entreprises intervenantes durant les travaux et coordonnateur environnement (écologue).
Modalités de mise en œuvre	**Suivi de la population :** Des suivis spécifiques de la vitalité de la population seront réalisés à raison de 4 fois par an les trois premières années puis 2 fois par an les deux suivantes. Parmi les indicateurs observés : ➢ Relevés phytosociologiques de la station ➢ Surfaces et recouvrement de Phragmites australis ➢ Hauteur et nombre de tiges (dont tiges florifères) ➢ Etat de conservation de la population **Suivi des EEE :** Afin de favoriser la reprise naturelle et une revégétalisation naturelle des Phragmites, des actions de lutte contre les EEE vont être réalisées. Un premier passage d'un écologue permettra de réaliser un inventaire exhaustif des espèces exotiques colonisant le milieu, afin de produire un plan de lutte ciblé et adapté à la zone. Des actions de lutte contre les EEE seront réalisées à hauteur de 4 fois par an la première année puis 2 fois par an les deux autres années. Ces actions de lutte seront suivies par un écologue qualifié afin de réadapter les mesures de lutte au besoin.
Indications sur le coût	750€/jour
Planning	Phase exploitation
Suivis de la mesure	Rapport de suivi des mesures mises en œuvre par l'expert écologue

7.3.3 Sur la faune

Rappel des enjeux sur les espèces faunistiques :

Entomofaune : Au sein de l'aire d'étude rapprochée, aucune espèce protégée n'est présente et 5 taxons présentent un enjeu spécifique dont un qualifié de moyen sur l'aire d'étude rapprochée. La présence de milieux aquatiques et la proximité avec l'Etang Saint-Paul rendent le sud de la zone d'étude particulièrement attractif au groupe des insectes. Les savanes de la zone d'étude présentent une biomasse (grande quantité d'insectes) importante rarement observée ailleurs sur l'île.

Reptiles et amphibien : Au sein de la zone d'étude, 1 espèce protégée (caméléon panthère) est présente et constitue un enjeu spécifique faible au niveau des boisements.

Oiseaux : Sur l'aire d'étude rapproché, 23 espèces d'oiseaux ont été observées et 3 autres espèces sont considérées comme présentes au regard de la bibliographie disponible. Parmi ces espèces, 10 d'entre elles sont indigènes : 4

espèces se reproduisent sur la zone d'étude ; 3 espèces s'alimentent sur la zone d'étude ; 3 espèces transitent sans interaction directes avec la zone d'étude.
Le cours d'eau au sud de la zone d'étude représente un habitat de reproduction de la Gallinule poule d'eau (*Gallinulla chloropus pyrrhorrhoa*) et du Héron strié (*Butorides striata*).

Hormis ces milieux humides, la zone d'étude est typique des habitats de basse altitude à La Réunion. L'ensemble des boisements et fourrés de la zone d'étude est favorable à la reproduction de la Tourterelle malgache (*Nesoenas picturata*) et du Zosterops des Mascareignes (*Zosterops borbonicus*) ; à l'alimentation du Busard de Maillard (*Circus maillardii*), de l'Hirondelle des Mascareignes (*Phedina borbonica borbonica)* et de la Salangane des Mascareignes (*Aerodramus francicus*).
Chiroptères : La zone d'étude rapprochée inclut une colonie de Petit Molosse ayant élu domicile dans un bâtiment désaffecté sur la plaine Chabrier et regroupant près de 14 000 individus en période de reproduction (GCOI, 2021). Une seconde colonie (20 individus en septembre 2021) a été mise en évidence au sein d'un pont sous la N1 (chemin Laverdure). La ravine végétalisée reliant le pont à l'Etang Saint-Paul représente un corridor de déplacement pour ces individus a minima pour ces individus.
Des observations directes à l'aide d'un appareil à ultrasons portatif attestent de l'activité de chasse du Petit Molosse dans les savanes de la Plaine Chabrier (Biotope, 2021).

Pour le taphien de Maurice, pas de reproduction connue sur la zone d'étude mais à proximité (cocoteraie de l'Etang Saint-Paul). Le cours d'eau de la zone d'étude et son prolongement jusqu'au pont de la N1 est un corridor de déplacement et de chasse

7.3.3.1 Impacts bruts sur la faune

7.3.3.1.1 Phase travaux

Pendant les travaux, réside un risque de destruction d'habitats d'espèces et/ou de nichées et/ou de perturbation de la faune dans le cas de proximité immédiate de zones favorables à leur reproduction.

Recalibrage et réalisation des ouvrages d'art : Les végétations aquatiques flottantes héliophyle à *Eichocomia crassipes* et *Pistia stratieotes* (22.491.2) ainsi que la végétation marécageuse de basse altitude (59.211) et le lit de rivière (24.10) sont des habitats d'alimentation et de reproduction des libellules notamment de *Pseudagrion puntun*, espèce endémique de Madagascar mais aussi de la Gallinule poule d'eau ou encore le Héron strié qui fréquentent l'étang et les milieux humides à végétation dense. Le risque de destruction d'habitat réside donc lors de la réalisation des ouvrages d'arts et du recalibrage de la ravine mais aussi dans le potentiel risque de pollution (MES) dans le lit de rivière.

Tous travaux : Concernant le Caméléon panthère, ce dernier n'a pas été observé mais les boisements et fourrés denses présents sont favorables à sa présence. Certains de ses habitats de reproductions seront détruits comme les fourrés secondaires. L'impact brut est jugé moyen.

Enfin, l'aire d'étude rapprochée inclut plusieurs colonies de petit molosse dont une présente dans un bâtiment désaffecté sur la plaine Chabrier avec prêt de 14 000 individus en période de reproduction. L'emprise du projet aura un impact direct sur les habitats de chasses et sites de transit pour les deux espèces recensées. Cependant, ces habitats sont très artificialisés ou ne sont composés que de savanes secondaires avec peu d'intérêt écologique pour les chiroptères. L'impact brut pour la destruction et/ou altération des habitats pour les chiroptères est jugé faible car les colonies connus des deux espèces ne sont pas concernées par l'emprise projet.

Seuls les travaux prévus à proximité d'une colonie peuvent perturber la faune.

→ L'impact brut de destruction d'habitat d'espèce ou perturbation de la faune est considéré comme négatif, direct et indirect, temporaire et permanent et moyen à faible pour la faune.

Impact des éclairages sur l'avifaune en phase de travaux

Pendant la phase de travaux, en cas de mise en œuvre nocturne, l'éclairage est susceptible d'avoir un impact sur les oiseaux dont le Puffin tropical qui survole la zone de projet. Pour ces espèces, les ravines représentent des couloirs de transfert importants entre les colonies et l'océan. Ce sont plus précisément les jeunes, lors de leur envol qui sont majoritairement affectés par ces lumières. L'espèce essentiellement concernée ici est le Puffin tropical.

Cette problématique éclairage/avifaune est particulièrement aigüe à La Réunion puisque l'île héberge 4 espèces de pétrels et puffins nicheuses dont : le Pétrel noir de Bourbon, endémique, en danger critique d'extinction; le Pétrel de Barau, endémique, en danger d'extinction (600 à 800 oiseaux victimes des lumières chaque année sur l'île) ; le Puffin tropical, endémique des Mascareignes (800 à 900 individus victimes annuellement des lumières artificielles sur l'ensemble de l'île) ; le Puffin du Pacifique, espèce pantropicale (moins d'une dizaine d'individus victimes d'échouage chaque année).

→ Impact brut négatif, direct, temporaire et fort.

7.3.3.1.2 Phase d'exploitation

Impact des éclairages sur l'avifaune en phase d'exploitation

En phase d'exploitation, avec les lumières nocturne, l'éclairage est susceptible d'avoir un impact sur les oiseaux Procellariidae, dont le Puffin tropical et le Pétrel de Barau qui survolent la zone.

→ Impact brut négatif, direct, permanent et fort.

Impact des ouvrages d'art sur les circulations aériennes en phase d'exploitation

En phase d'exploitation, la mise en œuvre des ouvrages d'arts sont susceptibles d'avoir un impact sur l'avifaune. En effet, la mise en place d'ouvrages nouveaux dans l'environnement peut provoquer un risque de collision. Cependant, les ouvrages, notamment la passerelle, sont des treillis métalliques avec des structures bien visibles et ouvertes qui limiteront le risque de collision des oiseaux en plein vol en comparaison à la mise en œuvre d'ouvrage de type hauban (avec des câbles). Dans un milieu d'ores et déjà bien urbanisé, la visibilité de l'ouvrage choisi par le maitre d'ouvrage avec ses ouvertures permettra aux oiseaux présents sur la zone d'étude d'intégrer dans leurs environnement cet élément nouveau.

→ Impact brut négatif, direct, permanent et modéré.

7.3.3.2 Mesures

7.3.3.2.1 Phase travaux

Evitement :

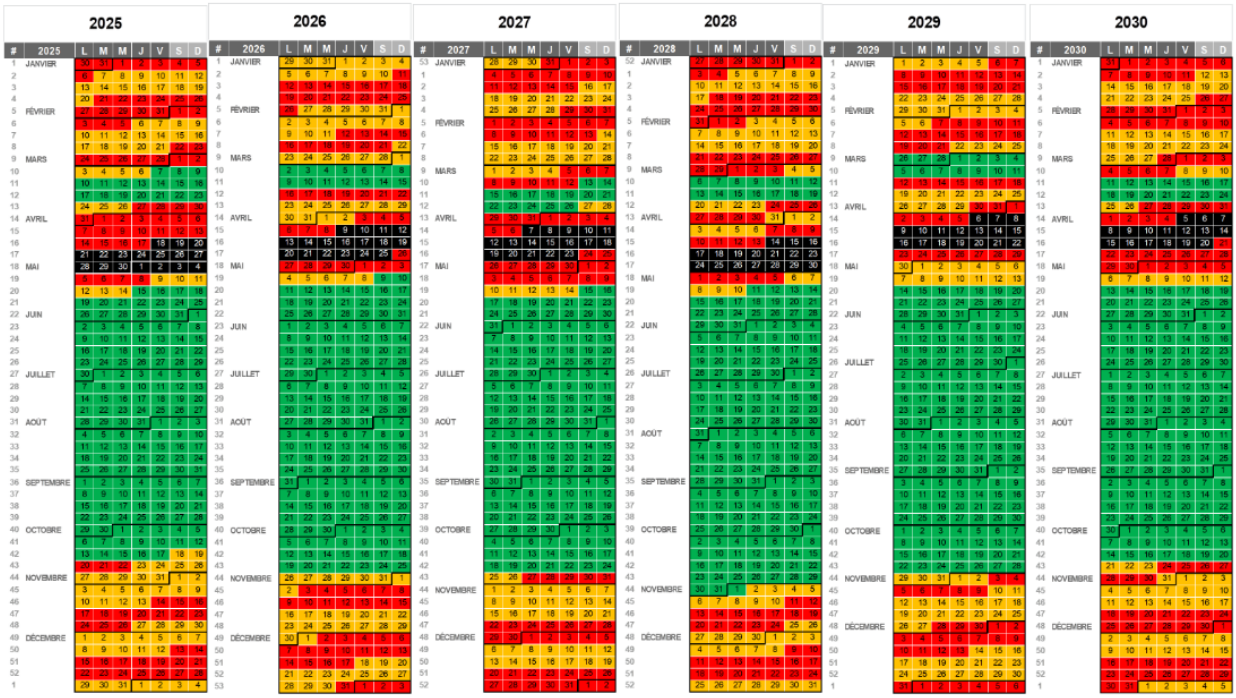
xlv. **Proscription des travaux nocturnes** (Mesure décrite ME01 dans le rapport Biotope annexé). Cette mesure vise à éviter la perturbation d'espèces animales nocturnes, notamment les chiroptères.
Le chantier sera organisé de manière à n'être en activité que de jour. Les éclairages nocturnes, en dehors de ceux préexistants (voirie publique) seront proscrits sur l'ensemble des emprises chantier. Cette mesure se traduit par l'absence de travaux dès la tombée de la nuit, ainsi que l'absence d'éclairage des accès, des installations de chantier et des zones de stockage. Des exceptions pourront être faites, notamment pour les travaux de raccordement à la RN. Ces travaux nocturnes ne pourront alors avoir lieu que pendant les périodes vertes présentées ci-dessous :

Période verte : risque faible

Période orange : risque fort

Période rouge : risque très fort

Période noire : risque extrêmement fort



Réduction :

La faune bénéficie de la **mesure xxxvi Biosécurité en phase chantier**, décrite précédemment en flore et habitat.

La faune bénéficie de la **mesure xxxvii Gestion des pollutions**, décrite précédemment en flore et habitat.

La faune bénéficie de la **mesure xxxviii Renaturation de la Ravine la Plaine**, décrite précédemment en flore et habitat.

xlvi. **Adaptation de la période des travaux en dehors de la période de reproduction de la faune** (Mesure décrite MR02 dans le rapport Biotope annexé). Cette mesure intègre la phénologie des espèces sensibles potentiellement présentes dans les habitats visés par les travaux. La conduite des travaux va prendre en compte les périodes jugées sensibles pour certaines espèces animales. En outre, cette mesure vise à réduire les nuisances vis-à-vis des espèces sensibles durant les périodes de reproduction.

Il convient de privilégier la période mai à août pour les phases de préparation du terrain (défrichage, réalisation des accès, remodelage) pour éviter, autant que faire se peut, les travaux pendant la période de reproduction des espèces protégées recensées (période de présence de nids, oisillons et jeunes non volants pour les oiseaux, œufs pour les reptiles), généralement de novembre à mars.

Cette mesure visent les espèces d'oiseaux nicheuses présentent sur la zone d'implantation du projet et les reptiles. Elle est réalisée sur l'emprise stricte du projet

Modalités de mise en œuvre : Il s'agit de réduire au maximum le dérangement et les risques de destruction de la faune lors des interventions en phase travaux en effectuant ces opérations au cours des périodes les moins sensibles sur le plan écologique (hors période de reproduction notamment).

Afin d'éviter la période de reproduction des espèces d'oiseaux nicheurs (Gallinule poule-d'eau , Héron strié, Tourterelle malgache) et de reptiles (Caméléon panthère), les travaux devront avoir lieu lors de la saison sèche (hiver austral). La période à privilégier dans la mesure du possible est comprise entre mai et août.

xlvii. **Mise en place des travaux sensibles en dehors de la période de plus forte activité pour les chauves-souris (été austral)** (Mesure décrite MR03 dans le rapport Biotope annexé). Cette mesure vise à limiter le dérangement de la colonie de chauves-souris en procédant aux travaux sensibles (travaux susceptibles de générer des perturbations potentielles pour la faune, notamment générant des bruits et vibrations importants, l'émission de poussières ou d'éclairages artificiels, ou se déroulant pendant des périodes de forte activité (crépuscule à l'aube) en période de moindre activité (hiver austral), quand le nombre d'individus présents à la colonie est au plus bas.

Modalités de mise en œuvre **:** C'est durant la période d'été austral que cette espèce se regroupe en masse pour la parturition et l'élevage des jeunes, ce qui la rend particulièrement vulnérable.

Plus concrètement, d'après la bibliographie, cette période s'étend entre les mois d'octobre et mai. Ainsi le moment de l'année le plus propice aux travaux dit sensibles est l'hiver austral et plus particulièrement de mi-Juin à mi-Septembre, lorsque les individus se retrouvent isolés ou en petits essaims. Les périodes de forte activité (crépuscule à l'aube) devront également être évités. Un repérage et balisage des espèces ou habitats à enjeux sera réalisé au démarrage du chantier. Une coordination environnementale de chantier sera également mise en œuvre.

xlviii. **Adaptation du mode de défrichement pour faciliter la fuite de la faune** (Mesure décrite MR04 dans le rapport Biotope annexé). Il s'agit de réduire la mortalité des espèces faunistiques lors de la phase de défrichement.

Modalités de mise en œuvre : Afin que les reptiles puissent quitter les secteurs cibles :

- Passage d'un écologue en amont (Il existe une dérogation simplifiée concernant le Caméléon panthère avec mesures de translocation avant débroussaillage) ;
- Les défrichements se feront de l'intérieur vers l'extérieur ;
- Pas de broyages immédiats ;
- Les rémanents seront laissés sur zone entre 12h et 48h.

Ce stockage temporaire sera effectué sur géotextile pour limiter la dispersion de diaspores d'EEE, et permettra ainsi à la faune piégée lors du défrichement de rejoindre des habitats favorables. Les déchets verts ne devront pas être entreposés ainsi pendant une durée excessive (> 48h) pour empêcher la faune environnante (notamment la microfaune) de revenir s'abriter parmi les débris de végétaux.

Le personnel en charge du défrichement sera particulièrement attentif aux troncs d'arbres ou branches avec cavités. Ces éléments devront être posés délicatement sur le sol et laissés 12 à 48h s'ils doivent être exportés. Ils pourront dans le meilleur des cas être disposés dans le milieu agroforestier alentours au projet afin d'y favoriser la biodiversité (chaîne naturelle de dégradation du bois). De même, si du bois mort sur pied se retrouvait sur les emprises de chantier, il sera déplacé et laissé sur site au sol hors des emprises.

xlix. **Réaliser une pêche de sauvetage en amont et en aval de la Ravine La Plaine** (Mesure décrite MR09 dans le rapport Biotope annexé). Afin de préserver les espèces aquatiques des travaux de recalibrage de la ravine La Plaine, des pêches électriques de sauvetage sont mises en place et permettent de transférer les poissons d'un site à un autre, par exemple lors de la mise en assec d'un tronçon de cours d'eau ou de canal dans le cadre de travaux.

Modalités de mise en œuvre : La technique est simple. Il s'agit d'attirer les poissons grâce à l'émission d'un faible champ électrique créé par une anode, en connexion avec une cathode mise à l'eau à proximité. Les poissons se trouvant à quelques m² de l'anode seront attirés vers elle et prélevés à l'aide d'une ou plusieurs épuisettes avant d'être déposés dans les seaux. Le matériel de capture est relié à une armoire électrique alimentée par un groupe électrogène (ou par batterie).

Les pêches sont réalisées dans le cadre d'un arrêté préfectoral. Le personnel est habilité pour la réalisation des échantillonnages, et muni de waders en néoprène, ainsi que de gants et gilets de sauvetage (à bord du bateau) afin de garantir sa sécurité. Le travail d'équipe est coordonné pour garantir la survie des poissons entre le prélèvement et la remise à l'eau

l. **Adaptation du choix des ouvrages d'art sur la ravine La Plaine pour limiter le risque de collision** (Mesure décrite MR11 dans le rapport Biotope annexé). Afin d'éviter le risque de collision entre les nouveaux ouvrages d'arts qui seront réalisés au niveau de la Ravine la Plaine et l'avifaune présente sur la zone d'étude, le Maitre d'Ouvrage a décidé d'adapter ses ouvrages.
Sur la ravine la plaine, il sera donc mis en œuvre des ouvrages dalles béton armé, sans structure de type hauban avec des câbles. Un éclairage adapté sera positionné en rives et non au centre de l'ouvrage.
Le risque de collision pour les oiseaux en vol seront ainsi réduits.
La passerelle piétonne sur l'Etang sera de type Warren. Ce type d'ouvrage a déjà été mis en œuvre sur la ravine de l'Etang et atteste une moindre incidence sur le risque de collision avec l'avifaune. Les observations menées dans le cadre des inventaires montrent par ailleurs que l'enjeu avifaunistique est localement réduit et apparaît davantage lié aux travaux de recalibrage et à la perte temporaire d'habitats favorables à la fréquentation, plutôt qu'à la présence des ouvrages eux-mêmes, considérant qu'en amont de la zone en eau de la ravine La Plaine les habitats sont très rapidement non propices aux espèces à enjeux. Nonobstant, le suivi écologique prévu en phase d'exploitation comprend un suivi avifaunistique, qui permettra de prendre toute action correctrices nécessaires à ce propos en cas de constatation contraire.

Accompagnement/suivi :

La faune bénéficie des mesures xli Coordination environnementale de chantier (MA01) et xlii suivi écologique des milieux (MS01), décrite précédemment en flore et habitat.

→ Impact brut négatif, direct, permanent et modéré.

7.3.3.2.2 Phase exploitation

Evitement :

Le projet a été réfléchi de manière à limiter les impacts sur la faune. Il s'agit du choix de franchissement de ravine limité en hauteur en écartant le type « hauban », l'évitement d'éclairage en surplomb de la ravine, la mise en place d'espaces perméables riche en une flore multistrate favorable à la biodiversité.

Réduction :

li. **Définition des éclairages du projet pour éviter les échouages d'oiseaux marins (durant l'exploitation)** (Mesure décrite MR05 dans le rapport Biotope annexé). Cette mesure permet de réduire la pollution lumineuse pour éviter tous les risques d'échouages des oiseaux marins dans l'aire d'étude rapprochée lors de son exploitation. En proposant des éclairages adaptés (et supprimant tous les éclairages jugés sensibles), il est donc possible d'éviter ce risque.
Modalités techniques : Dans le cas où des éclairages importants sont nécessaires (contraintes liées aux obligations routières), il convient de respecter les différentes modalités typiques d'adaptation des éclairages en faveur des oiseaux marins, ce que prévoit le projet

- Orientation des rayons lumineux vers le sol ; **Le projet est ULOR : 0**
- Limitation des hauteurs de sources d'éclairages ;
- Lampe à sodium faible intensité ou équivalent en termes de spectre lumineux :
- Type de lampes : Les lampes émettant uniquement dans le visible et de couleur jaune à orange sont à privilégier, comme les lampes à sodium à basse pression. Les verres plats devront être privilégiés par rapport aux vitres bombées dispersant plus la lumière. La puissance des lampes sera adaptée aux réels besoins.
  Le projet prévoit l'utilisation de sources LEDs avec une couleur de lumière de 2700°K soit un blanc chaud et non pas de type 4000°K soit un blanc froid.
  Le projet prévoit la mise en œuvre de système de télégestion de l'éclairage permettant de réaliser un abaissement du niveau d'éclairement en fonction d'horaires d'utilisation ou de mesures de de fréquentation (boucles entrée/sortie parkings).

En synthèse, les impacts résiduels sur la faune

Espèce ou groupe d'espèce concerné	Effet prévisible	Phase du projet	Impact brut	Mesure d'atténuation	Impact résiduel	Implication réglementaire (L. 411-2)
Reptiles Caméléon panthère (*Furcifer pardalis)*	Destruction d'espèce Destruction ou dégradation d'habitat d'espèce	Travaux et exploitation	Moyen	MR02 - Adaptation de la période des travaux en dehors de la période de reproduction de la faune MR04 – Adaptation du mode de défrichement pour faciliter la fuite de la faune MA01- Coordination environnementale de chantier	Négligeable Cette espèce n'a pas été observée sur la zone d'étude mais les boisements denses sont néanmoins favorables à sa présence.	Oui Il existe une dérogation simplifiée concernant le Caméléon panthère avec mesures de translocation avant débroussaillage
Insectes	Dégradation d'habitat d'espèce	Travaux et exploitation	Moyen	MR04 – Adaptation du mode de défrichement pour faciliter la fuite de la faune MR07 – Renaturation de la partie avale de la ravine La Plaine MR08 – Déplacement des horizons superficiels du sol MA01- Coordination environnementale de chantier	Négligeable Aucune espèce protégée n'est présente. La présence de milieux aquatiques et l'Etang Saint-Paul rendent le Sud de l'aire d'étude rapprochée attractif au groupe des insectes. Cependant, l'étang de Thau reste bien en dehors des emprises du projet et les mesures de réductions mises en œuvre permettront de créer d'une part un futur habitat favorable au sein de la ravine en phase d'exploitation.	Non
Avifaune forestière nicheuse *Nesoenas picturata* *Zosterops borbonicus*	Destruction ou dégradation d'habitat d'espèce Dérangement de la faune par pollution lumineuse	Travaux et exploitation	Moyen	MR02 - Adaptation de la période des travaux en dehors de la période de reproduction de la faune MR07 – Renaturation de la partie avale de la ravine La Plaine MA01- Coordination environnementale de chantier	Négligeable en phase travaux suite à la mise en œuvre des déboisements en dehors de la période de nidification de l'avifaune / Faible en phase exploitation car ces espèces s'adaptent à l'ensemble des espaces végétalisés qui seront reconstitués.	Potentielle si destruction de nids ou d'individus
Avifaune aquatique nicheuse *Gallinula chloropus pyrrhorrhoa* *Butorides striata*	Destruction ou dégradation d'habitat d'espèce Dérangement de la faune par pollution lumineuse	Travaux et exploitation	Fort	ME01- Proscrire les travaux nocturnes MR02 - Adaptation de la période des travaux en dehors de la période de reproduction de la faune MR07 – Renaturation de la partie avale de la ravine La Plaine MA01- Coordination environnementale de chantier	Faible pour *Gallinula chloropus pyrrhorrhoa* et *Butorides striata* car la renaturation de la ravine et la suppression du radier garantira, à terme, une meilleure continuité écologique terrestre / aquatique et l'établissement de mosaïques d'habitats hygrohiles à semi-xérophiles indigènes favorables à la faune et à la flore. L'impact résiduel est jugé faible à court terme et positif à long terme (5-10 ans).	Oui

Avifaune marine en déplacement	Dérangement de la faune par pollution lumineuse	Travaux et exploitation	Moyen	ME01- Proscrire la majorité des travaux nocturnes MR05 – Définition des éclairages du projet pour éviter les échouages d'oiseaux marins en phase d'exploitation MA01- Coordination environnementale de chantier MR11 - Adaptation du choix des ouvrages d'art sur la ravine La Plaine pour limiter le risque de collision	Faible Les mesures d'évitement et de réductions proposées pour l'avifaune marine permettront de préserver les espèces en transit.	Non
Chiroptères	Dérangement de la faune par pollution lumineuse et sonore	Travaux et Exploitation	Moyen à faible	MR03 - Mise en place des travaux sensibles en dehors de la période de plus forte activité pour les chauves-souris MA01- Coordination environnementale de chantier	Faible car les habitats de chasse sont très artificialisés ou ne sont composés que de savanes secondaires avec peu d'intérêt écologique pour les chiroptères. L'impact résiduel pour la destruction et/ou altération des habitats pour les chiroptères est jugé nul et faible pour le dérangement.	Non

7.4 LES EFFETS ET MESURES SUR LE MILIEU HUMAIN

7.4.1 Démographie – équilibre territorial - mobilité

Rappel des enjeux :

La commune de Saint-Paul rassemblait une population municipale de 105 482 habitants selon le recensement de l'INSEE de 2016. La dynamique de développement démographique est présente dans l'Ouest de La Réunion avec, cependant, un infléchissement par rapport aux rythmes qui furent ceux des décennies précédentes.

Le scénario d'évolution démographique retenu par le SCoT 2016-2021 est un accroissement démographique selon un rythme annuel de +1700 habitants c'est à dire de 0,75%.

Cet accroissement génère des besoins particuliers en termes de logement et de mobilité. L'offre de logements sociaux ne répond pas à la demande. Le 3ème Plan Local pour l'Habitat (PLH) couvrant la période 2019/2025 prévoit la réalisation d'un minimum de 4 650 RP d'ici 2025 sur le cœur d'agglomération et de 1 600 sur le secteur Centre-Cambaie. Ces politiques publiques sont consommateurs d'espaces naturels, menace principale vis-à-vis du changement climatique et vis-à-vis de l'enjeu de conservation de la biodiversité. En effet, avec une tâche urbaine qui augmente de près de 40 ha chaque année, le développement urbain est très marqué à Saint-Paul. Les habitants de l'Ouest vivent en majorité dans des zones dénuées de grands équipements, de grands lieux d'emploi, de grands foyers de vie urbaine. Dans le Cœur d'agglomération et le littoral balnéaire se concentre les activités économiques et commerciales et en haut la majorité de l'habitat et l'agriculture.

Ce déséquilibre entre les hauts et les bas contribue aux dysfonctionnements de circulation du secteur élargie et cette situation va en s'accentuant avec l'urbanisation essentiellement résidentielle des Mi-Pentes et Hauts.

Le site d'étude ne bénéficie par ailleurs pas aujourd'hui d'un maillage viaire. Il n'existe aucune continuité viaire entre le Nord avec l'axe mixte qui se prolonge par une voie communale en impasse et le sud avec également une voie communale en impasse au droit du cinéma de Cambaie (avenue du stade).

Cette absence de continuité est soulignée par le Schéma Régional des Infrastructures et des Transports (SRIT) qui décrit le tronçon entre la rivière des Galets (Le Port) et l'entrée Nord de Saint-Paul comme saturé, particulièrement entre l'échangeur avec la N7 (axe mixte) et l'échangeur avec la RD4. Entre la Possession et les mi-pentes de Saint-Paul, la RN1 accueille ainsi un très fort trafic journalier tant de transit entre la zone sud et nord de l'île, qu'intercommunal et local. Le mélange de ces trois types de trafics sur la RN1 (transit, échange et local) contribue à une perte de capacité pour l'infrastructure et pénalise ainsi le trafic d'agglomération et inter-quartiers.

L'offre transports en commun qui représente une part modale sur le cœur d'agglomération de 6,5% subit les mêmes dysfonctionnements sur le secteur alors que le TO prévoit dans son Plan de Déplacement Urbain (PDU) de passer de 6,5% à 16% de part modale en transport en commun, correspondant à un triplement de la fréquentation des transports en commun d'ici 30 ans. En termes de mobilité active, les déplacements sont permis du Nord au Sud pour des déplacements ombragés sur le littoral et en revanche en plein soleil en longeant la RN1. Rappelons qu'à l'échelle du cœur d'agglomération, la marche représente une part modale tout à fait importante avec 24.5%.

→ Les enjeux sociaux démographique et de mobilité sont forts

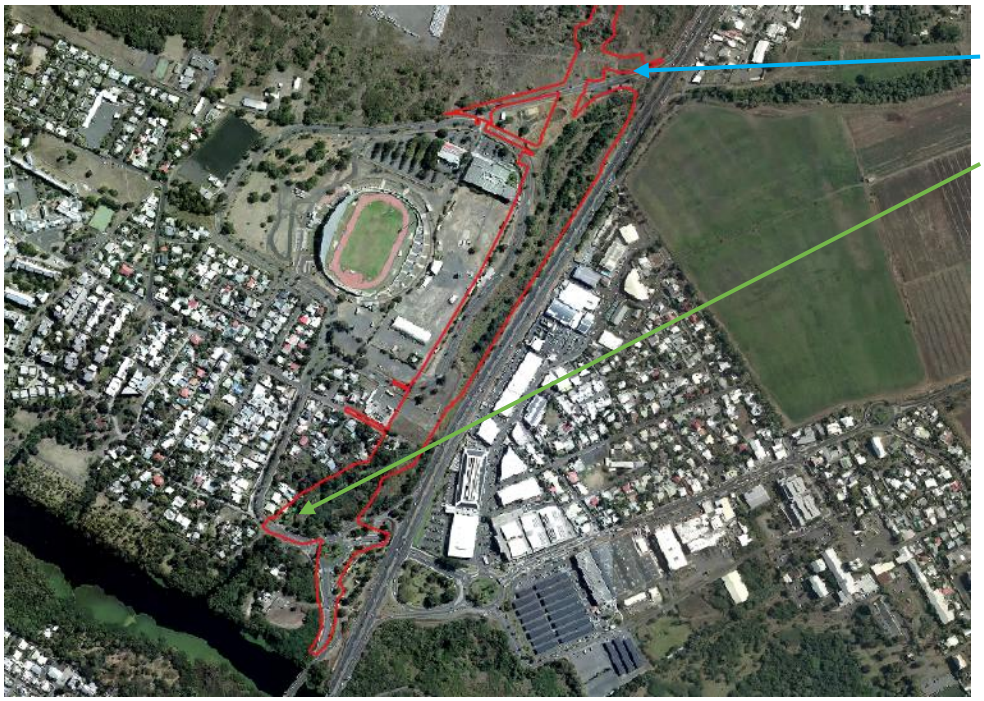
7.4.1.1 Impacts

7.4.1.1.1 Phase travaux

Sur le secteur 1, les travaux de l'axe mixte induisent des travaux d'aménagement sur la voirie existante à deux endroits : Le rond-point de Cambaie et le branchement RN1 – rue du stade. Sur ces deux secteurs, les travaux sont entrepris sans coupure de la circulation. Une voie de circulation sera mobilisée par les travaux pour les aménagements du giratoire. Si des fermetures totales sont entreprises, il s'agira de travaux de nuit, beaucoup moins sensibles pour la circulation.

Si les travaux n'occasionnent pas ou peu de coupure, le projet engendrera inévitablement des perturbations de la circulation.

Sur le secteur 2, les effets sont plus sensibles. Le quartier Jacquot disposera à l'issue de la phase 1 (secteur 1) de deux portes d'entrées :



- La première étant l'axe mixte (phase 1) et sa bretelle RN1
- La seconde via le radier qui passe dans la ravine la Plaine

Le phasage des travaux du secteur 2 devra permettre de maintenir les accès au quartier Jacquot, via la rue du stade au Nord et le radier au Sud, pendant la durée complète des travaux.

Ainsi, les travaux situés au droit de la rue du stade seront réalisés en demi-chaussée, afin de maintenir la circulation pendant ces phases de travaux. La suppression du giratoire de Savannah fera l'objet d'un phasage fin, afin de garantir la continuité des déplacements depuis et vers le quartier Jacquot et la RN1a, lors des travaux situés sur ces emprises. La bretelle de sortie de la RN1 sera maintenue en exploitation jusqu'à la mise en service de la nouvelle sortie.

Sur les effets du chantier sur la sécurité

Le chantier concerne principalement le domaine public, en milieu urbain. Par conséquent, la sécurité et l'accessibilité pendant le chantier concerne aussi bien les usagers de l'espace public que les personnels travaillant sur le chantier.

Les effets prévisibles sur la sécurité pour les usagers et les travailleurs du chantier sont :

- En section courante, les causes d'insécurité aux abords du chantier sont multiples. Elles sont généralement dues à la confrontation entre engins de chantier, circulation générale et circulation piétonne ;
- Au niveau des accès au chantier, le sol peut être rendu glissant du fait des dépôts de matériaux.
- Limitation des accès riverains et commerces ;

→ Impact potentiel modéré

7.4.1.1.2 Phase exploitation

- **Les effets du projet sur le développement urbain :**

Les effets du projet sur le développement urbain de Cambaie Oméga sont présentés dans le chapitre traitant des effets attendus sur le développement de l'urbanisation (chap.5.8). En synthèse, le prolongement de l'Axe mixte décidé par la Région a largement contribué au choix du positionnement et du périmètre de la ZAC Cambaie Omega.

Cette dernière qui constitue la première opération publique d'aménagement réalisée sur le secteur stratégique de l'Ecocité « Plaine de Cambaie poursuit les objectifs de développer un nouveau quartier urbain dans le cœur de l'agglomération du TO permettant d'intensifier l'armature urbaine existante afin de limiter l'étalement urbain et la consommation de terres agricoles et naturelles dans les mi-pentes et les hauts, de créer une nouvelle centralité urbaine pour le cœur d'agglomération et de répondre aux besoins en logements du territoire par la création d'une offre nouvelle d'habitat diversifiée, accessibles à tous et bien desservie en services de proximité. La ZAC Cambaie Omega offre en effet une réelle opportunité de rattrapage et de rééquilibrage en permettant la réalisation d'environ 1 700 logements dont environ 40 % de logements sociaux.

- **L'analyse de trafic**

Le projet est réalisé dans le périmètre de l'Ecocité qui prévoit une densification urbaine du cœur d'agglomération. Des modélisations multimodales de trafic ont été effectuées dans le cadre de l'étude de Ecocité afin d'identifier les impacts des projets de développement sur les conditions de circulation routière.

Ce modèle multimodal a été utilisé afin d'identifier les impacts propres au projet de l'axe mixte à différents horizons de réalisation.

En vue de favoriser l'efficacité des transports en commun, en site propre sur tout le boulevard de Cambaie, de sécuriser les traversées piétonnes aux carrefours, et d'assurer une meilleure insertion urbaine, les carrefours avec TC (hors raccordement provisoire sur la rue du Stade et sur RN1a) sont gérés par de la signalisation lumineuse tricolore (SLT) en carrefour croix avec système de détection de l'arrivée des TC. Cette gestion permettra également d'assurer la régulation du trafic VL. Par ailleurs, cette option limite l'emprise foncière au sol des carrefours, et permet d'optimiser la surface constructible, et est plus économique à l'installation. Seul le giratoire de Cambaie est conservé avec la mise en place de feux tricolores.

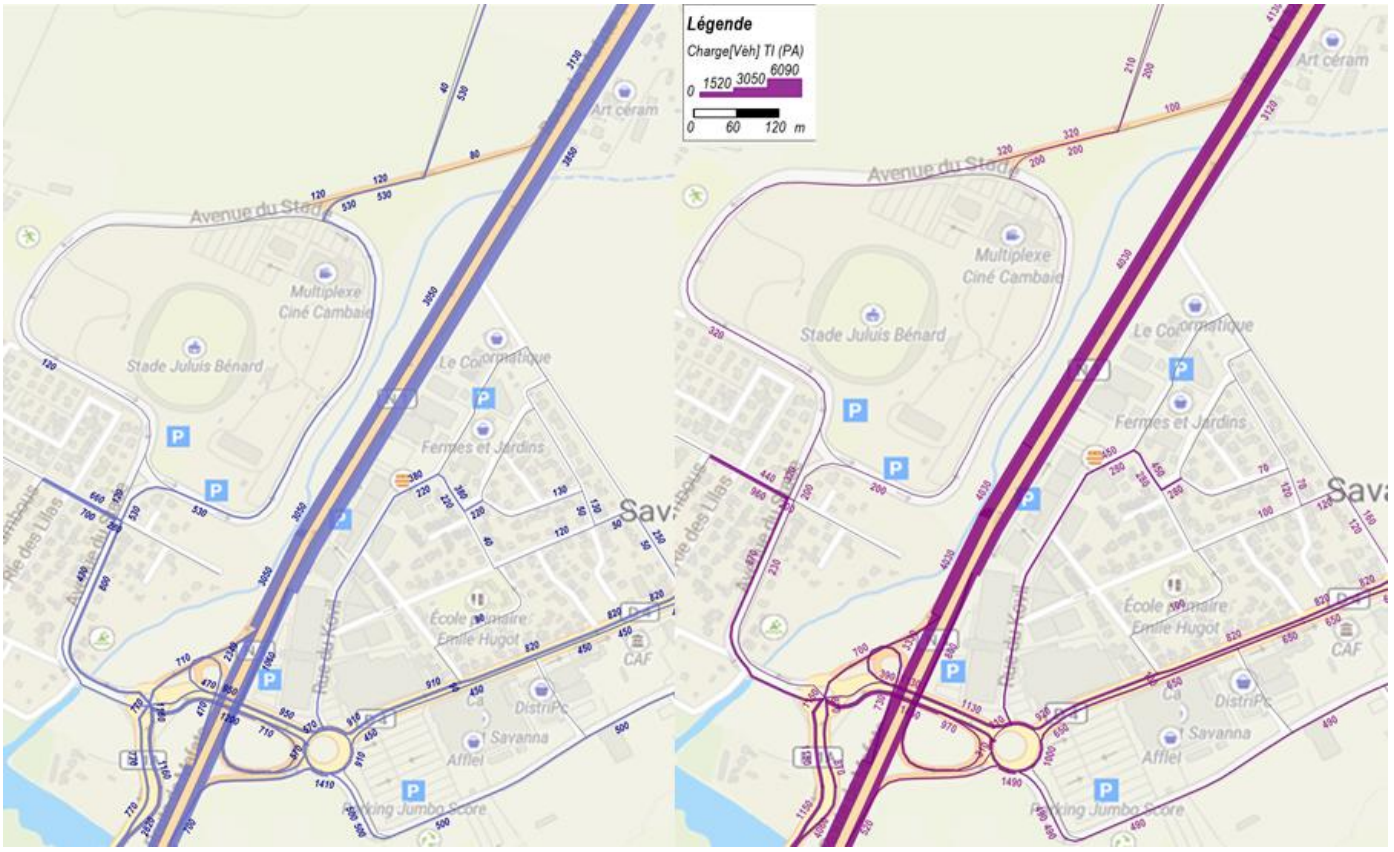
Les horizons modélisés et les hypothèses de programmation associées sont résumés dans le tableau suivant :

Horizon	Programme urbain	Projet viaire	Projet TC
REF AMX 2025	-	-	-
Secteur 1 AMX 2027	Pôle Loisirs	Secteur 1 AMX	-
Secteur 2 AMX 2029	Pôle Loisirs + Tranche 1 ZAC Cambaie	+ Secteur 1 AMX + Secteur 2 AMX	-
Horizon 2049 (Secteur 2 + 20 ans)	Pôle Loisirs ZAC Cambaie Phase 2 / Cornu Phase ZAC sans souci ZAC Marie Case Savanna ZAP	+ Secteur 1 AMX + Secteur 2 AMX Réseau ZAP Plan de circulation La Possession Franchissement Port-Possession, PSO, Savanna Réseau viaire Cambaie / Cornu Nouveau Franchissement RdG Allée sur berge RdG	CJ / Kar'O restructuré en fonction du RRTG Ferré IPS RRTG Ferré Projet TC TO Autres lignes BHNS (TCSP 2)

- **Situation de référence**

La situation de référence est l'état initial.

En situation de référence, les niveaux de trafics sur la RN1 sont élevés avec plus de 4 300 UVP/h sens Sud → Nord le matin et Nord → Sud le soir.



En situation de référence, la RN1 présente les taux d'occupation suivants :

- HPM :
  - Sens Sud → Nord : supérieur à 100% → problématique de circulation
  - Sens Nord → Sud : supérieur à 80% → circulation modérée
- HPS :
  - Sens Sud → Nord : supérieur à 80% → circulation modérée
  - Sens Nord → Sud : 110 à 140% → problématique de circulation

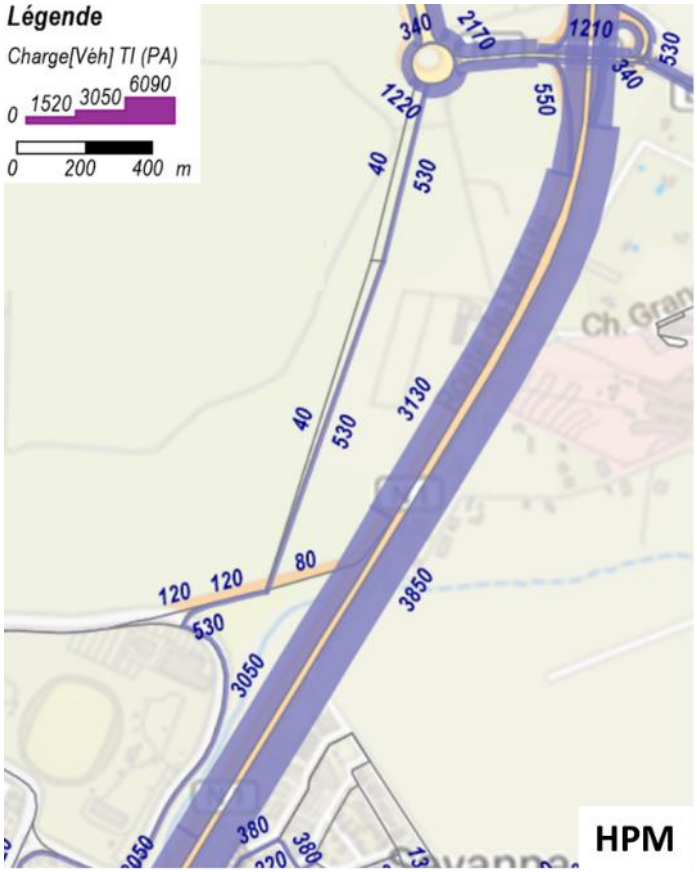
- **Situation projet - Phase 1 -2027**

Situation secteur 1

La situation projet avec réalisation de l'axe mixte permet de délester la RN1 du trafic de transit / local.

L'axe mixte supporte ainsi les niveaux de trafics suivants :

- HPM :
  - Sens Sud → Nord : 600 UVP/h
  - Sens Nord → Sud : 200 UVP /h
- HPS :
  - Sens Sud → Nord : 200 UVP/h
  - Sens Nord → Sud : 400 UVP /h



L'axe mixte présente un taux d'occupation inférieur à 70% se traduisant par une circulation fluide (suivant conditions de circulation aux carrefours). En effet, les carrefours déterminent l'écoulement du trafic, ils jouent un rôle équivalent à celui d'un robinet. Les voiries entre deux carrefours jouent le rôle des tuyaux. « Agrandir les tuyaux » ne permet pas de résoudre le problème de débit car ce sont les robinets qui saturent le plus vite.

La réalisation de l'axe mixte déleste la RN1 permettant ainsi de réduire son taux d'occupation :

- HPM :
  - Sens Sud → Nord : 94% → problématique de circulation (Référence 109%)
  - Sens Nord → Sud : 99% → circulation modérée (Référence 102%)
- HPS :
  - Sens Sud → Nord : 78% → circulation modérée (Référence 84%)
  - Sens Nord → Sud : 97 à 123% → problématique de circulation (Référence 109 à 139%)

Effets sur le secteur 2 - quartier Jacquot:

PHASE 1 -2027 : Rappelons que le projet est phasé : les travaux du secteur 1 sont réalisés en phase 1 horizon 2027 et les travaux du secteur 2 en phase 2, horizon 2029.

Ainsi en phase 1, les flèches rouges matérialisent les nouvelles voies de circulation permises par le projet. Le secteur 1 de l'axe mixte se branche sur l'avenue du stade et permet ainsi le liaisonnement routier entre la plaine des loisirs et le quartier Jacquot au secteur Nord de la Plaine des Cambaie.

Figure 156 Description des voies de circulation sur le secteur 2 en phase 1

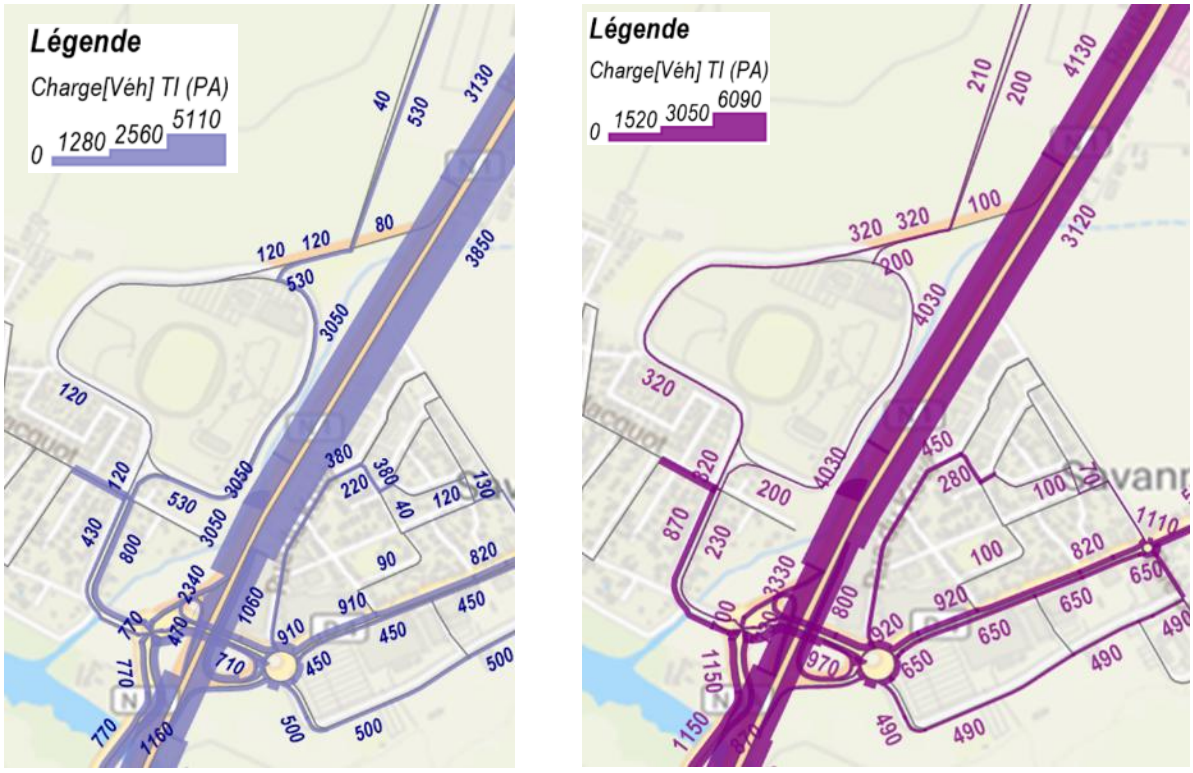


Figure 157 Charge en véhicule à l'Heure de Pointe du Matin HPM (gauche) et à l'Heure de Pointe du Soir (droite) à la mise en service du secteur 1

En prenant en compte le seuil usuel de capacité d'une 2X1 qui est d'environ 1000 Unité Véhicule Par Heure uvph, il est estimé que les infrastructures existantes sur la Plaine des Loisirs et le quartier Jacquot sont capables d'absorber le trafic supplémentaire induit par le branchement de l'axe mixte prolongé à l'avenue du stade.

- **Situation projet - Phase 2 -2029**

Le prolongement (secteur 1 et 2) de l'axe mixte supporte en 2029 les niveaux de trafics suivants :

- HPM :
  - Sens Sud → Nord : 630 UVP/h (secteur 1) - 1110 UVP /h (secteur 2)
  - Sens Nord → Sud : 200 UVP /h
- HPS :
  - Sens Sud → Nord : 400 UVP/h
  - Sens Nord → Sud : 460 UVP /h (secteur 1) 1310 UVP /h (secteur 2)

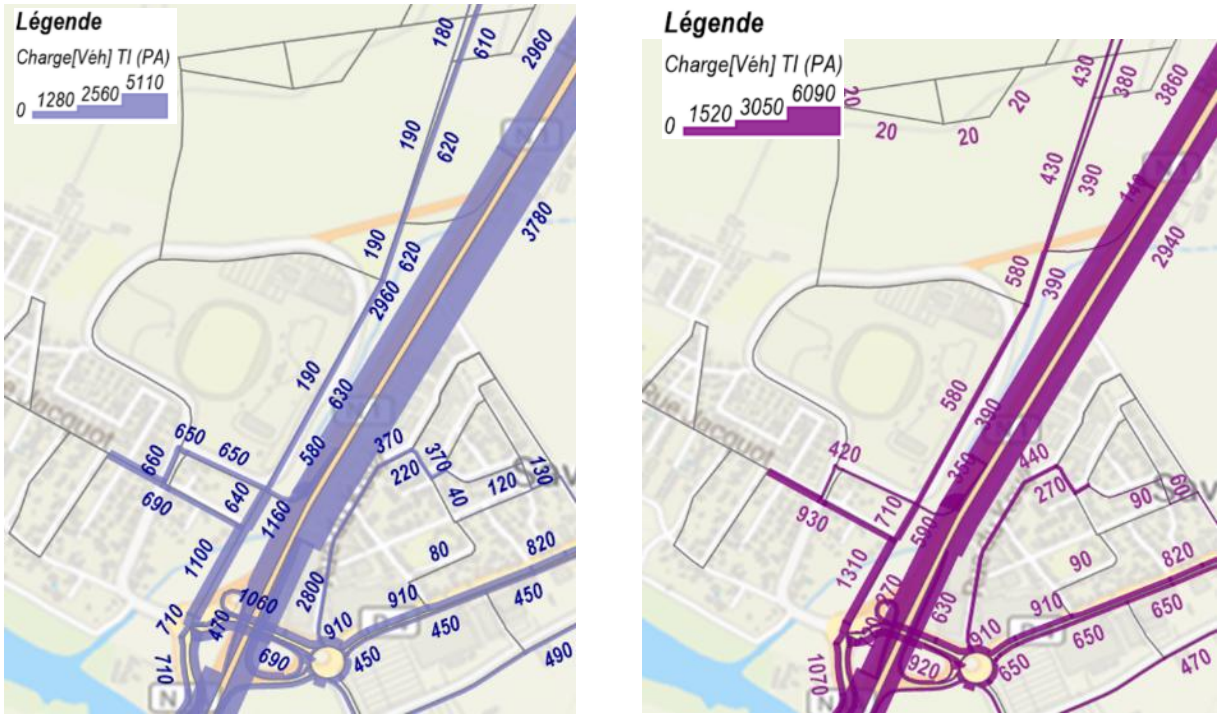
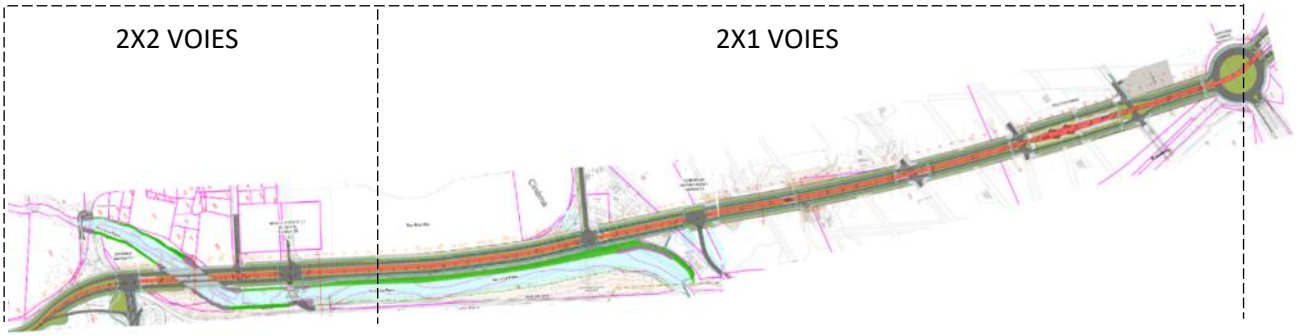


Figure 158 Charge en véhicule à l'Heure de Pointe du Matin HPM (gauche) et à l'Heure de Pointe du Soir (droite) à la mise en service du secteur 2

On observe sur la partie Sud du secteur 2 de l'axe mixte des dépassements du seuil usuel de capacité d'une 2X1 qui est rappelons-le d'environ 1000 uvph avec 1100 et 1300uvph respectivement en HPM et en HPS en arrivant sur Savanna.

Pour cette raison, l'axe mixte a été aménagé depuis la moitié Sud du Parc ExpoBat jusqu'au carrefour Savanna en 2x2 voies :



Focus sur l'organisation des déplacements du quartier Jacquot

En phase 2, les flèches rouges matérialisent les nouvelles voies de circulation permises par le projet. Le secteur 2 se branche au secteur 1 et abandonne la voie de liaison à l'avenue du stade.

Le prolongement de l'axe mixte prévoit d'apaiser le trafic au cœur du quartier Jacquot en supprimant le radier existant au profit d'une passerelle piétonne et vélo. Les nouveaux accès véhicules sont réalisés vers Savannah et la RN1 au moyen d'une nouvelle bretelle précédemment décrite, au maintien de la bretelle existante Rn1 avenue du stade ainsi qu'avec deux intersections supplémentaires créées, une à double sens au droit du cinéma et la seconde en sens contraire à la nouvelle bretelle de sortie.

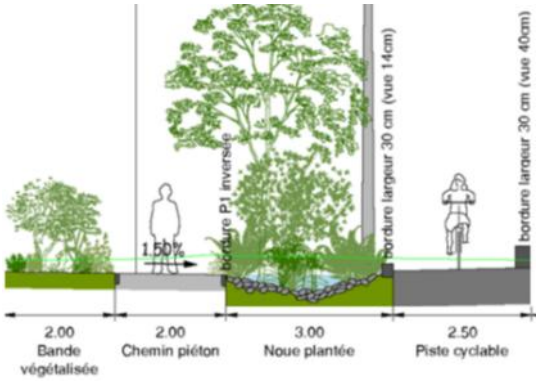
Figure 159 Description des voies de circulation sur le secteur 2 en phase 2

- **Situation Projet – Secteur 1 et 2 - Horizon 2049**

L'axe mixte supporte les niveaux de trafics suivants :

- HPM :
  - Sens Sud → Nord : 893 UVP/h (secteur 1) - 428 UVP /h (secteur 2)
  - Sens Nord → Sud : 562 UVP /h
- HPS :
  - Sens Sud → Nord : 740 UVP/h
  - Sens Nord → Sud : 930 UVP /h (secteur 1) 1111 UVP /h (secteur 2)

L’axe mixte ne présente pas de dysfonctionnement de circulation à cet horizon.



Piétons et cycles : Le projet prévoit d’équiper de trottoirs dédiés aux piétons seuls l’axe mixte de part et d’autre dans le secteur 1 et d’un côté sur le secteur 2. Les trottoirs sont longés de noues plantées d’arbre qui offre une ombre indispensable aux marcheurs dans ce secteur de l’île

Le projet prévoit l’aménagement de pistes dédié aux cycles de part et d’autre de l’axe mixte.

→ Impact positif permanent du projet sur les déplacements, sur la sécurité des usagers

7.4.1.2 Mesures

7.4.1.2.1 Phase travaux

Evitement : /

Réduction :

- Accessibilité

Dans le cadre d'un projet effectué sur la voie publique, la loi fait obligation aux riverains (habitants et commerçants) de « supporter les inconvénients normaux des travaux exécutés sur les voies publiques à proximité de leur activité ».

Cependant, le chantier cherchera à perturber le moins possible la vie quotidienne des résidents et à maintenir les activités urbaines : circulation, accès aux commerces, installations assurant un service public:

liii. Définition des emprises de chantier qui seront déplacées au fur et à mesure de l'avancement des travaux assurant ainsi une occupation de l'espace public et privé réduite au strict nécessaire. Au terme des travaux, ces emprises provisoirement occupées pendant le déroulement du chantier seront nettoyées et remises en état et en service.

liii. Des plans de circulation provisoires seront mis en place au niveau des zones concernées après avoir été soumis à l'accord des autorités compétentes. Ils s'accompagneront d'une information du public et seront indiqués à partir d'une signalisation temporaire réglementaire au sol et sous forme de panneaux.

liv. Le phasage de l'opération est optimisé de façon à limiter au maximum les impacts sur les déplacements et les accès des habitants du Quartier Jacquot notamment. Les accès existants au quartier seront maintenus pendant la durée des travaux et feront l'objet d'un phasage fin, afin de réaliser les aménagements projetés en atténuant les impacts sur les conditions de desserte du dit quartier.

lv. La population locale ainsi que les administrés des quartiers traversés par le chantier, qui subiront directement les incidences des travaux, seront tenus informés de leur déroulement et de leur évolution. Cette démarche leur permettra d'anticiper les gênes provisoires engendrées durant la phase des travaux.

lvi. Le planning prévisionnel du chantier sera mis à disposition des riverains et les dispositions prises pour préserver et maintenir les usages sur l'espace public - circulation générale, transports en commun, accès riverains, livraisons, marchés, stationnement, collecte des déchets etc. seront également indiqués.

lvii. Les accès riverains seront maintenus pendant toute la durée des travaux. Par ailleurs, on veillera à ce qu'un cheminement dédié aux personnes à mobilité réduite soit maintenu.

- Transport en commun

lviii. En fonction du phasage des travaux, les déviations de la ligne impactée et les déplacements de ses arrêts pour dégager au maximum l'emprise et l'environnement des chantiers seront étudiées avec l'exploitant.

lix. La circulation et l'arrêt des bus ne devront jamais être perturbés. Aucun matériau et engin mobile ou non, ne devront entraîner leur immobilisation, même de très courte durée.

Compensation : Pas de mesure

→ Impact résiduel faible à modéré, temporaire

7.4.1.2.2 Phase exploitation

Le projet de prolongement de l'Axe mixte constitue en soi une amélioration des conditions de circulation et d'accessibilité du secteur. Ce chaînon manquant du réseau viaire de l'Ouest permettra de poursuivre la liaison urbaine entre Le Port et Saint-Paul mais aussi de développer la desserte en transport en commun du territoire, grâce à des voies dédiées. La réalisation de ce boulevard urbain est une opportunité pour le développement d'un Écoquartier bien desservi dès l'arrivée de ses premiers habitants. En effet, le prolongement de l'Axe mixte décidé par la Région a largement contribué au choix du positionnement et du périmètre de la ZAC Cambaie Omega. Cette

dernière qui constitue la première opération publique d'aménagement réalisée sur le secteur stratégique de l'Ecocité « Plaine de Cambaie » poursuit les objectifs de création d'une nouvelle centralité urbaine pour le cœur d'agglomération, qui répond aux besoins en logements du territoire par la création d'une offre nouvelle d'habitat diversifiée, accessibles à tous et bien desservie en services de proximité.

Rappelons quelques-unes de mesures favorables à l'écomobilité et ainsi au report modal VL -> Bus ; VL -> mobilité active :

lx. Prolongement du transport en commun en site propre du giratoire de Cambaie jusqu'à hauteur de Savanna

lxi. Aménagement cyclable dédié / sécurisé de part et d'autre du prolongement de l'axe mixte,

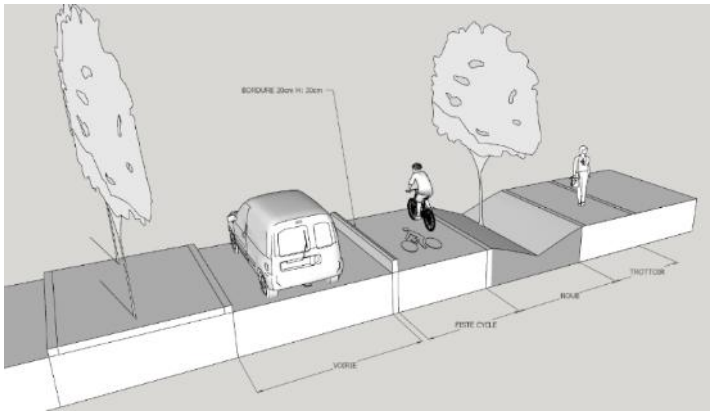
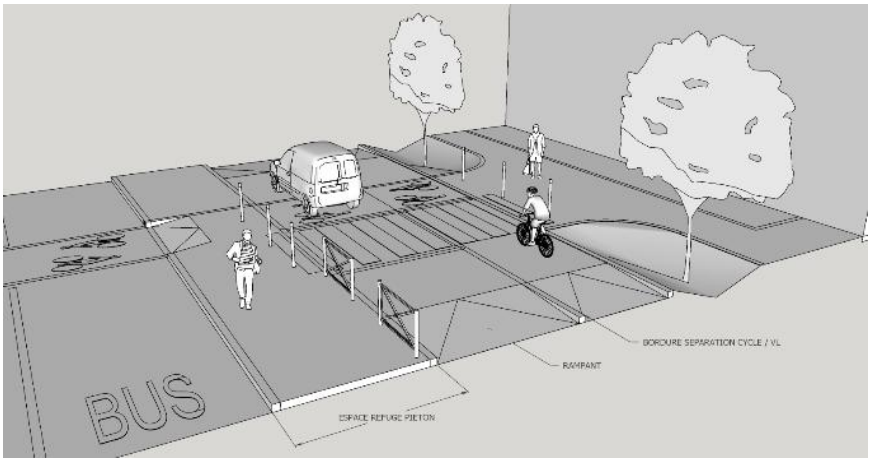


Figure 160 : Détail du principe d'aménagement des bordures hautes entre la voirie VL et les cycles quand ils sont côté à côté

lxii. Trottoir piéton de part et d'autre dans le secteur 1 et unilatéral sur le secteur 2,

lxiii. Réalisation de traversées piétonne sécurisées,



- *Figure 161 : Détail du principe d'aménagement des traversées piétonnes surélevées par un plateau pour faire ralentir les automobilistes et les cyclistes*

Ces aménagements constituent des mesures physiques pour freiner la vitesse et à limiter l'intérêt de la zone pour l'organisation sauvage de rodéos urbains. Les principes d'aménagement des pistes cyclables envisagées répondent aux exigences de capacité et de confort du guide du Cerema (Rendre sa voirie cyclable, 2021). Les giratoires comportent un itinéraire continu et sécurisé pour le vélo.

lxiv. L'ombrage sur les noues accompagnent les circulations actives mais les plantations sont réalisées de sorte à ne pas empêcher la bonne visibilité de tous les usagers, et en particulier des routiers vis-à-vis de la mobilité douce.

lxv. Aucune place de stationnements n'est prévue sur l'axe mixte ; le stationnement est réalisé sur le P+R au niveau du pôle d'échange.

→ Impact positif permanent, direct

Equilibre territorial	Impacts du projet		Impacts après mesures
Fort	Phase Travaux	Modéré	Faible à modéré
	Phase exploitation	Positif	Positif

7.4.2 Déchets

La gestion des déchets en territoire insulaire est une problématique majeure.

→ Enjeu fort

7.4.2.1 Effets

7.4.2.1.1 Phase travaux

Les différentes catégories de déchets usuellement générées par un chantier sont décrites dans la figure ci-contre

Dans le cadre du projet, les déchets inertes (gravats, terres non polluées, béton) et les déchets industriels banals (plastiques, cartons, ferrailles, emballages) constitueront les plus gros volumes.

Parmi les déchets dangereux figurent les emballages et contenants de produits toxiques ou dangereux (hydrocarbures, graisses, lubrifiants, solvants, peintures), les matériaux souillés ainsi que les bombes et aérosols.

A ceci s'ajoutent les produits de décapage des voiries ainsi que les radiers supprimés contenant du goudron, qui sont des déchets dangereux ; Des recherches d'amiantes dans les enrobés ont décrit l'absence de fibre.

La recherche de HAP dans les enrobés a décrit des concentrations largement inférieures à 50mg/Kg, Ils sont ainsi potentiellement réutilisables.

Constitue par ailleurs un déchet les déblais exportés du périmètre. Or rappelons que le projet tout secteur confondu entraîne un excédent de déblais de 83000 m^3. Les études de pollution des sols ont décrit l'absence de pollution et cet enjeu a été décrit dans le chapitre « topographie, sols et sous-sols 7.2.2 ».

→ La production de déchets hors déblais de terres est évaluée comme modéré.

7.4.2.1.2 Phase exploitation

Sans effet

→ Impact nul

7.4.2.2 Mesures

7.4.2.2.1 Phase travaux

Évitement :

Réduction :

Les déchets générés lors du chantier seront gérés de la façon suivante :

lxvi. La maîtrise d'ouvrage rédigera une charte chantier contractuelle qui détaille un ensemble d'actions ciblées destinées à réduire les nuisances générées par le chantier (tant pour le personnel des entreprises du chantier que pour l'environnement naturel) tout en assurant son déroulement de façon optimale. Cela renvoie également à la bonne gestion des eaux, des déchets, de la terre végétale, à la prise en compte des aléas éventuels, à la préservation des éléments sensibles du secteur ainsi qu'à la limitation de consommation des ressources.
Ce document sera joint au dossier de consultation de l'ensemble des entreprises de travaux amenées à intervenir sur l'opération. Il s'agira d'une pièce contractuelle annexée au marché particulier de chaque entreprise.

lxvii. Les entreprises rédigeront un Schéma d'Organisation et de Gestion des Déchets SOGED/SOSED qui coordonnera la gestion des déchets de chantier

lxviii. Les entreprises attributaires des travaux seront responsables du tri et de l'évacuation des déchets et emballages générés par le chantier, elles devront ainsi s'engager à :

- définir une aire provisoire de stockage quotidien des déchets générés par le chantier en vue de faciliter leur enlèvement ultérieure selon les filières appropriées
- prendre les dispositions nécessaires contre l'envol des déchets et emballages ;
- organiser la collecte et le tri des déchets et emballages, en fonction de leur nature et de leur toxicité :
  - l'entreprise établira ou fera établir un bordereau de suivi permettant notamment d'identifier le producteur des déchets (en l'occurrence le maître d'ouvrage), le collecteur-transporteur et le destinataire. Depuis 2022, les installations de collecte sont également tenues de délivrer un bordereau de dépôt pour chaque dépôt de déchets inertes et non dangereux. Ces deux documents doivent être conservés au moins 3 ans.
  - Evacuation quotidienne des déchets en direction de lieux de stockage existants dans l'île ;
    - des itinéraires seront définis et des mesures de gestion de circulation adoptées pour faciliter l'acheminement des poids lourds en dehors des centres-villes vers le réseau routier magistral.
  - Une réflexion sera menée sur la réutilisation de certains matériaux au sein du chantier. Depuis 2020, la directive cadre européenne impose le réemploi, le recyclage et la valorisation des déchets du BTP à hauteur de 70% en poids
  - Les déchets non dangereux : bois, cartons, papiers, ainsi que les résidus métalliques seront collectés et récupérés pour être traités ou recyclés ;
  - Les déchets polluants seront rassemblés dans des containers étanches et évacués par une entreprise agréée sur un site autorisé ;

Compensation : sans

→ Impact résiduel faible à modéré, temporaire

7.4.2.2.2 Phase exploitation

Sans mesures car sans effet

→ Impact résiduel nul

Enjeu Déchets	Impact du projet		Impact après mesures
Fort	Phase Travaux	Modéré	Faible à modéré
	Phase exploitation	Nul	Nul

7.4.3 Patrimoine historique et cultuel

Le secteur 1 est concerné le périmètre de protection des 500 m du « Domaine de la Poncetière » et est en limite de celui de la « Cheminée le Piton ».

Il n'y a ni site classé, ni site inscrit dans le secteur d'étude.

Aucun site archéologique n'est recensé sur le territoire. Il n'existe aucune zone de présomption de prescription archéologique dans le périmètre d'étude ou à proximité.

Notons que la Plaine de Cambaie a été traversée jusqu'en 1955 par le chemin de fer côtier de l'île de la Réunion.

→ **Enjeu modéré**

7.4.3.1 Effets en phase travaux et d'exploitation

Archéologie : Au regard des affouillements réalisés, le projet peut potentiellement mettre à jour des vestiges. La région a transmis en avril 2022 au service régional de l'archéologie le dossier de prolongement de l'axe mixte afin que ce dernier examine si le projet est susceptible de donner lieu à des prescriptions archéologiques.

Par retour en date du 12 avril et après examen de référence 2022/2983/DGAGCTD/DTD/IM, le service régional de l'archéologie décrit qu'en l'état des connaissances archéologiques sur le secteur concerné, et de la nature et de l'impact des travaux projetés, il ne donnera pas lieu à prescription d'archéologie préventive.

Monuments historiques :

Le domaine a été sensiblement impacté par les travaux liés au Centre Hospitalier Ouest Réunion: le parc arboré a été en partie supprimé et le bâti conservé.

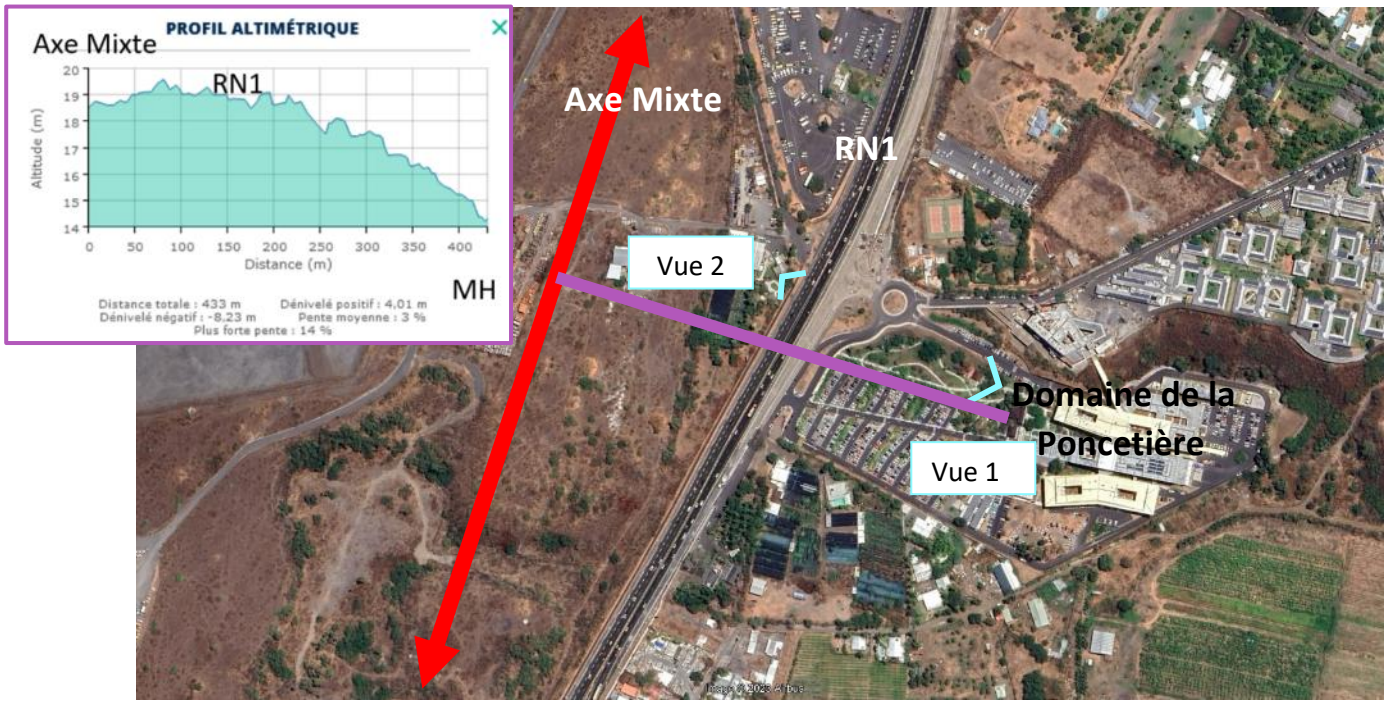
2006-2010

2018
Bâtiments du domaine de la Poncetière

<u>Les impacts sont estimés nuls compte tenu de la topographie.</u>

Le site d'étude n'est pas visible depuis le domaine de la Poncetière pour des raisons topographiques. La crête topographique étant en interface entre le MH et l'infrastructure

Notez par ailleurs que des barrières visuelles existent avec la présence de la RN1 et les arbres en interface.



Des vues ont été prises en avril 2023 depuis le Domaine de la Poncetière pour apprécier les barrières visuelles et la crête topographique.

Figure 162 Vue 1 depuis le domaine de la Poncetière qui est dans le dos du preneur de vue avec en face la RN1 puis, le projet axe mixte

Figure 163 Vue 2 en bordure de la RN1 et en direction du Domaine de la Poncetière, on aperçoit le troisième étage du CHOR. Aucune vue n'est permise sur le bâti du Domaine de la Poncetière du CHOR

Aucun édifice cultuel ne concerne la zone d'étude.

→ Impact faible et permanent

7.4.3.2 Mesures

Évitement : sans

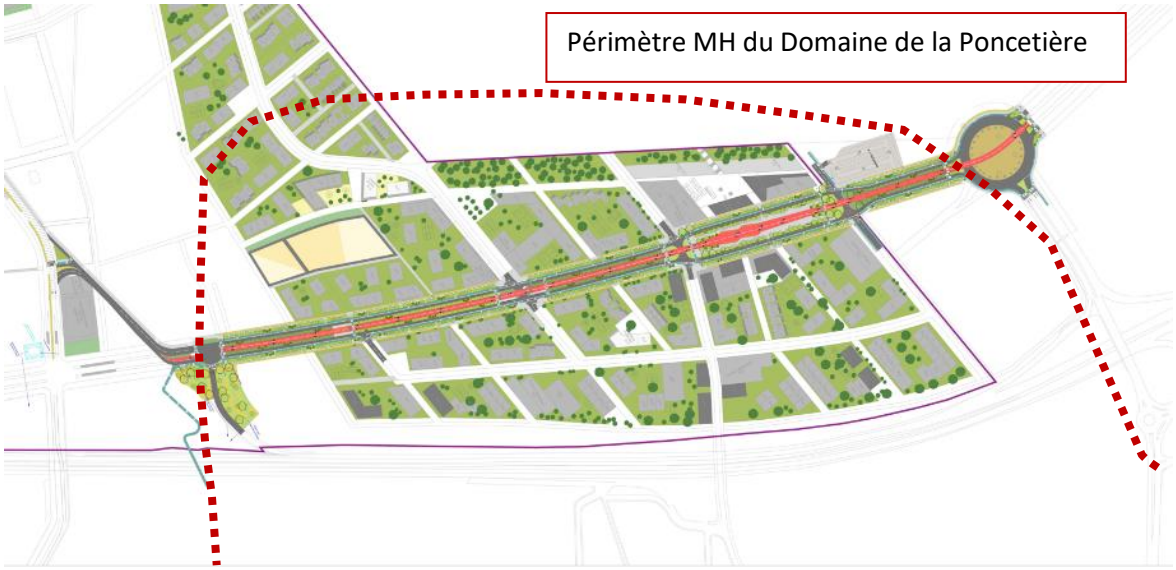
Réduction :

L'extraction de matériaux sera limitée au strict périmètre concerné. Des dispositions nécessaires sont prises pour que la découverte de vestiges archéologiques ou d'objets géologiques remarquables (roches, minéraux, fossiles) puisse être identifiée (les chefs de chantier et les conducteurs d'engins recevront des instructions claires et opérationnelles sur ce sujet). Dans le cas où des gisements archéologiques seraient découverts lors des travaux,

notamment durant les terrassements et les interventions sur les réseaux, les entreprises et le Maître d'œuvre auront le devoir de suspendre les travaux et d'informer les services compétents de l'archéologie pour évaluer la pertinence et l'exploitation des éventuelles découvertes

Les Architectes des Bâtiments de France seront consultés pour toute intervention en périmètre de protection des Monuments Historiques.

Il n'existe pour des raisons topographiques aucune covisibilité entre le projet d'aménagement et les monuments historiques. Par ailleurs, tel que présenté dans le plan d'aménagement paysager ci-dessus qui figure l'axe mixte et également les aménagements projetés dans la ZAC, le projet prévoit un large programme de plantation qui en plus des lisières arborées existantes et projetées en bordure de RN1 soignent l'aspect paysager de l'infrastructure.



Compensation : sans

→ Impact résiduel faible

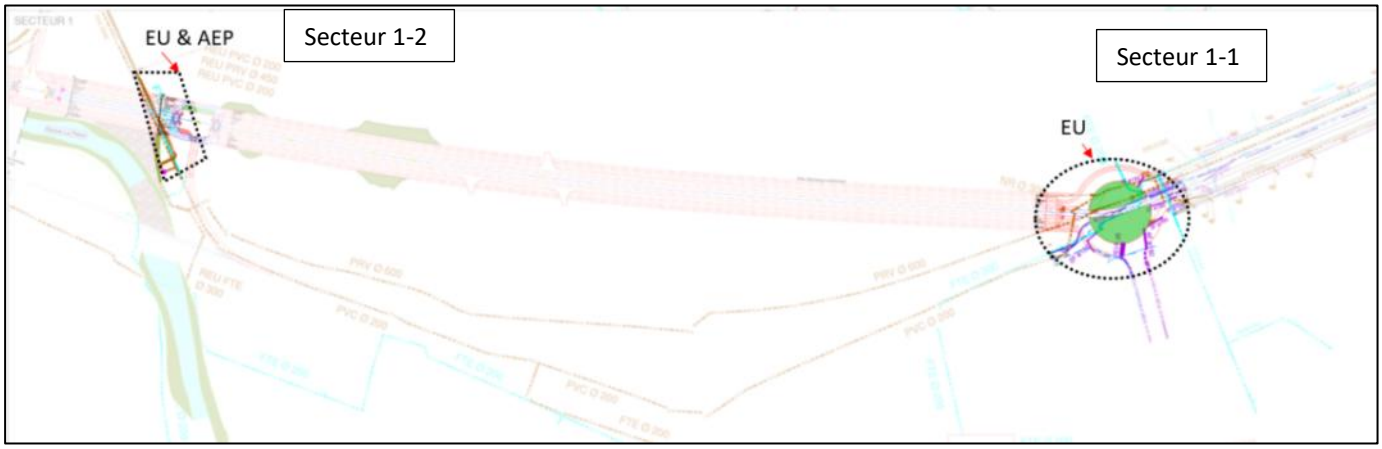
Enjeu Patrimoine	Impact du projet		Impact après mesures
Modéré	Phase travaux et phase exploitation	Faible	Faible

7.4.4 Réseaux

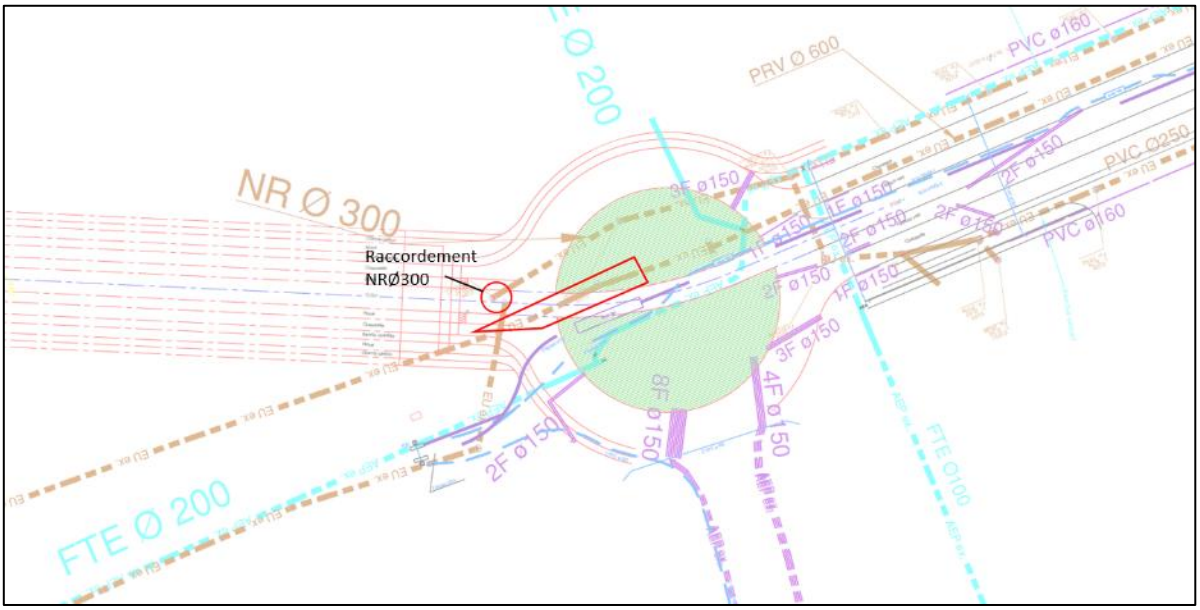
7.4.4.1 Effets et mesures

- Eaux usées
    - Secteur 1 :

Les zones de conflits identifiées pour le secteur 01 sont présentées ci-dessous :



- Secteur 1 – Giratoire de Cambaie



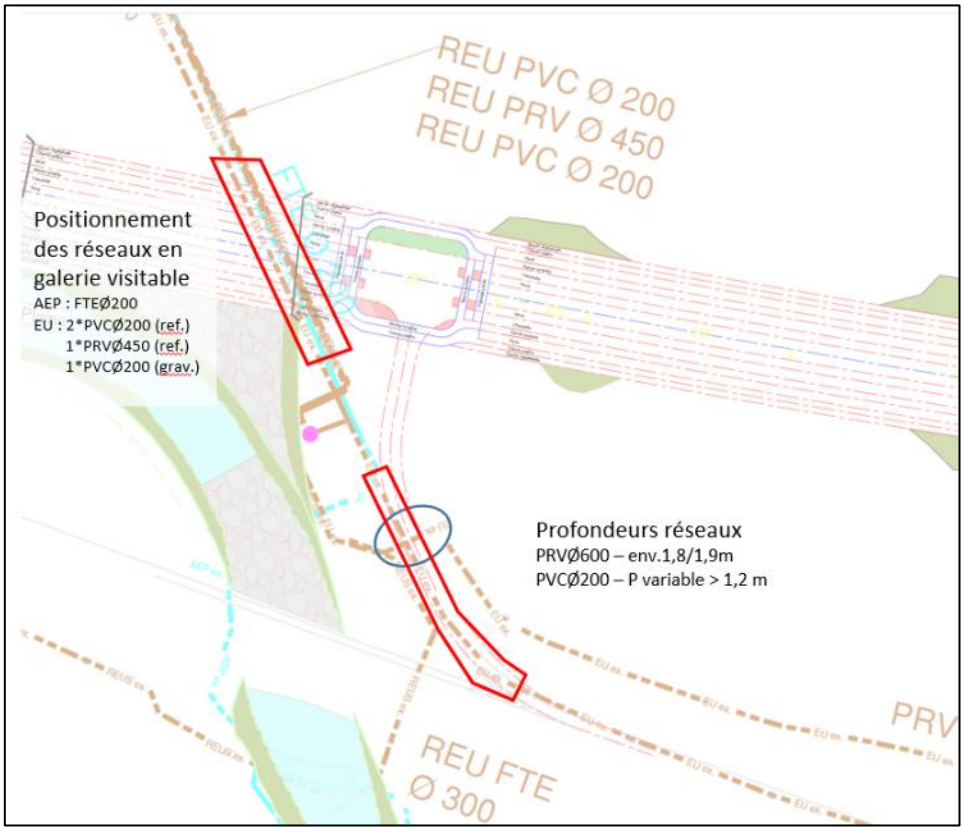
Les réseaux suivants seront dévoyés sous la nouvelle infrastructure :

- Edf HTA ;
- Orange Telecom ;
- Thd Région.

Les réseaux suivants sont conservés à leur emplacement :

- EU, gravitaire et refoulement
- HTB Edf
- AEP

- Secteur 1 – Bretelle de sortie RN1



Un réseau télécom Orange est dévoyé sous la nouvelle infrastructure. Les réseaux d'éclairage public non conservé sont déposés.

- Secteur 2 :

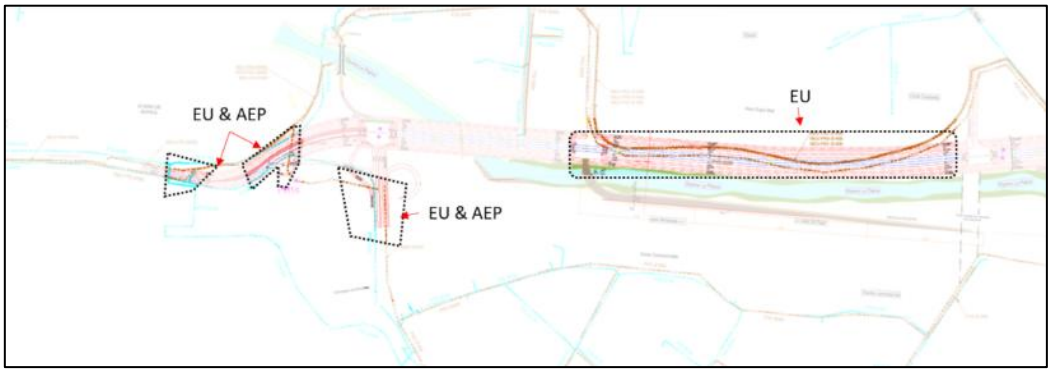
Les principaux réseaux existants impactés par les travaux sont situés sous la rue du Stade longeant le futur axe-mixte, sous le radier à démolir, et au niveau du giratoire de Savanna remanié en carrefour à feux. Certains réseaux sont localisés en traversées de voiries ou en berges de ravine.

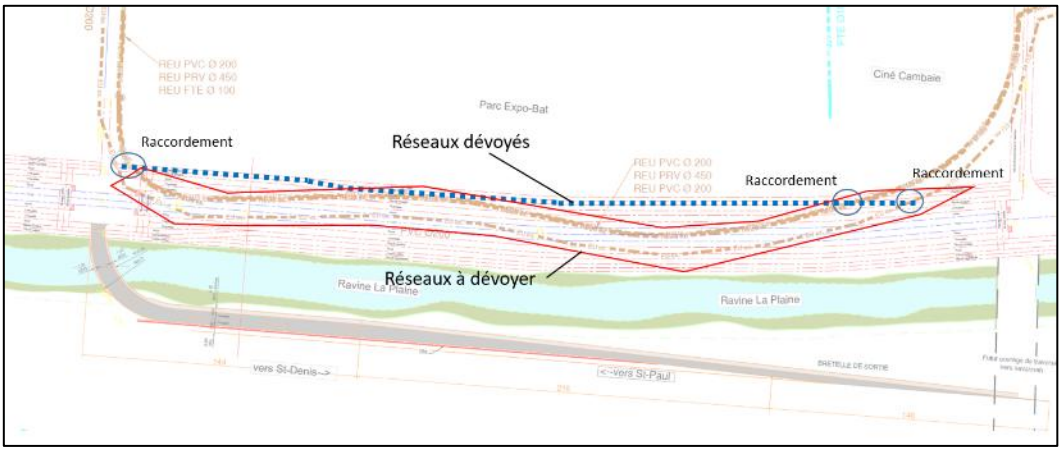
Ainsi, les principaux dévoiements concernent :

- Les réseaux EU gravitaire et refoulement depuis le Poste existant jusqu'à l'extrémité Sud Savanna ;
- Les réseaux EU situés sous le radier ;
- Les réseau Hta et BT situés sous la rue Stade, le poste Savanna ;
- Les réseaux telecom situés sous la rue du stade ;
- Un réseau AEP en traversées de voirie.

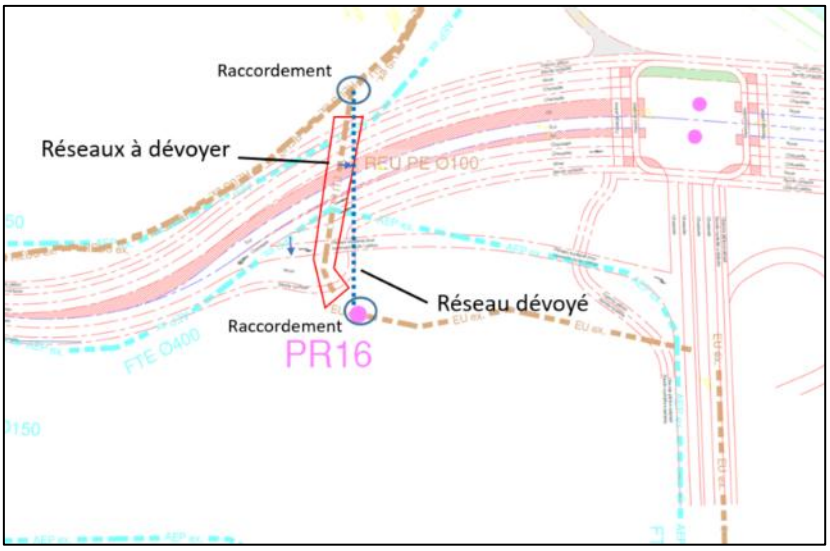
Ces réseaux sont dévoyés autant que faire se peut sous les nouveaux trottoirs ou piste cyclables créés.

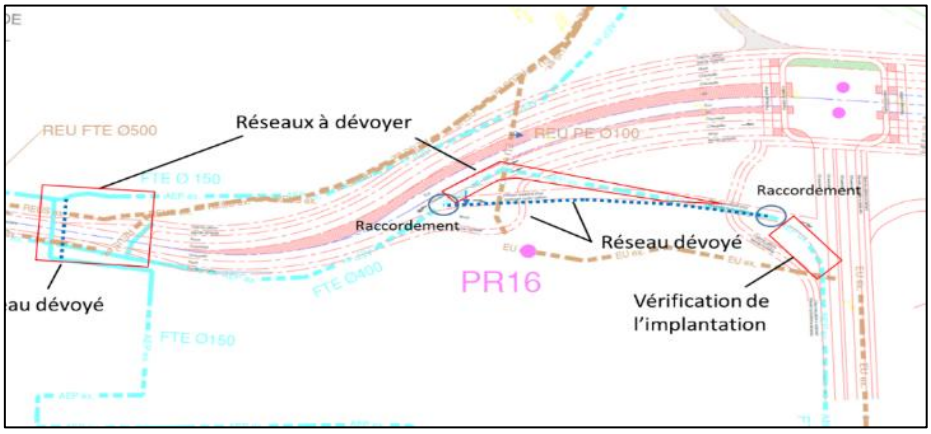
Les zones de conflits identifiées pour le secteur 2 sont présentées ci-dessous :





Des réseaux PVC et PRV sont présents sous le futur tracé de voirie tels qu'identifiés ci-avant.





- Focus sur le réseau EDF
    - Secteur 1 :

Des réseaux HTA et HTB ont été recensés sur ce secteur, la gestion et le dévoiement de ces deux types de réseaux se fait selon des contraintes différentes.

Il est possible d'envisager la création d'une chaussée sur un réseau et une chambre HTB. Des préconisations seront établies par EDF en phase Travaux pour ne pas risquer de porter atteinte aux ouvrages HTB lors des phases de décaissement. Les études ultérieures doivent être portées sur les interfaces potentielles entre nivellement projet, structure de chaussée et profondeur des réseaux, avec des plans des réseaux en classe A.

Les réseaux HTA ne présentent pas de contraintes liées au dimensionnement thermique, leur profondeur n'est donc régie par aucune autre contrainte que celle de la structure de chaussée. Les réseaux HTA seront à implanter à une profondeur de 1.5 m par rapport au nivellement fini du site propre.

    - Secteur 2

Un réseau existant est situé sous la RN1a et en limite de la bretelle de sortie actuelle, ce réseau devra être dévoyé si sa profondeur par rapport à la chaussée est insuffisante.

Une armoire de coupure est présente sur le carrefour projet au niveau de l'échangeur de Savannah. Un nouvel emplacement devra être défini suivant les contraintes d'inondation et le projet d'infrastructure, afin de permettre le déplacement de celui-ci (réalisation d'une nouvelle armoire, dépose de l'ancienne).

Ainsi, en synthèse, les réseaux concessionnaires existant situés sous les trottoirs projetés seront conservés autant que faire se peut.

Les réseaux concessionnaires situés sous le projet de voirie et de plateforme seront dévoyés, en tenant compte de l'évolutivité de la plateforme TCSP bus en plateforme tramway :

- Les réseaux longitudinaux au boulevard sont dévoyés sous les modes doux ;

- Les réseaux traversant le boulevard sont dévoyés à proximité du réseau existant à 1.5 m de profondeur sous la plateforme.

Les réseaux situés sur des zones évolutives de l'aménagement (Giratoire de Cambaie, Sud de Savannah) pourront être conservés en place, sous réserve des validations des concessionnaires.

Des réserves seront prévues au niveau des carrefours du secteur 1 pour permettre le déploiement ultérieur des réseaux de la ZAC Phaonce.

→ Effet résiduel faible après mesure

7.4.5 Qualité de vie – bruit, vibration

Le projet longe la RN1 classée en catégorie 1 et prolonge la RN7 catégorisée 2. La campagne de mesure a permis de mesurer les niveaux de bruit dans le secteur du projet, c'est-à-dire à proximité de la route nationale 1 (RN1).

Compte-tenu des nuisances qualifiées de modérées sur les 2 points de mesures situés à plus de 50 mètres de la RN1, on peut considérer comme modéré le risque actuel de nuisances sonores influencées par la RN1.

La généralisation de l'état initial par modélisation permet d'affiner le classement de la zone déjà déterminée à la suite de la caractérisation de l'état initial par mesures.

Globalement, les résultats de la modélisation montrent une contribution sonore importante au niveau de la RN1 et dans une moindre mesure de la RN7.

Seul un bâtiment, riverain de l'avenue du Stade présente des niveaux en façade de plus de 65 dB(A) de jour (bâtiment 251(1) et 251(2)). En dehors de ce bâtiment, la modélisation montre que la contribution sonore des voiries est inférieure à 65 dB(A) de jour et de 60 dB(A) de nuit en façade des habitations.

→ Enjeu modéré

7.4.5.1 Effets

7.4.5.1.1 Phase travaux

Les chantiers constituent une activité bruyante et émettrice de vibration. Les nuisances sont émises par les matériels roulants ainsi que les groupes électrogènes, les terrassements...L'utilisation de Brise Roche Hydraulique pourrait par ailleurs être nécessaire, engin bruyant.

Néanmoins la zone en projet est éloignée des habitations et de l'hôpital CHOR.

Le secteur 2 est également peu concerné par des proximité d'habitat.

→ Impact faible à modéré, direct et temporaire

7.4.5.1.2 Phase exploitation

Description de la réglementation : La réglementation relative au bruit du trafic routier pose les principes de la protection contre le bruit des bâtiments riverains des projets d'infrastructures ou des infrastructures existantes devant être aménagées ou modifiées. Ainsi, toute route nouvelle ou route existante modifiée de manière significative (augmentation des niveaux sonores supérieure à 2 dB(A) après travaux) ne peut dépasser, de nuit comme de jour, des seuils déterminés d'impact sonore en façade des bâtiments riverains. Le maître d'ouvrage de l'infrastructure est donc soumis à une obligation de résultat : il se doit d'assurer une protection antibruit, respectant la réglementation.

L'article 2 de l'arrêté du 5 mai 1995 relatif au bruit des infrastructures routières, définit les niveaux maximaux admissibles en façade pour la contribution d'une infrastructure nouvelle.

Tableau 42 - Niveaux maximaux admissibles pour les indicateurs de gêne due au bruit d'une infrastructure routière nouvelle

Usage et nature des locaux	LAeq (6h - 22h) (1)	LAeq (22h - 6h) (1)
Etablissements de santé, de soins et d'action sociale (2)	60 dB(A)	55 dB(A)
Etablissements d'enseignement (à l'exclusion des ateliers bruyants et des locaux sportifs)	60 dB(A)	
Logements en zone d'ambiance sonore préexistante modérée	60 dB(A)	55 dB(A)
Autres logements	65 dB(A)	60 dB(A)
Locaux à usage de bureaux en zone d'ambiance sonore préexistante modérée	65 dB(A)	
(1) Ces valeurs sont supérieures de 3 dB(A) à celles qui seraient mesurées en champ libre ou en façade, dans le plan d'une fenêtre ouverte, dans les mêmes conditions de trafic, à un emplacement comparable. Il convient de tenir compte de cet écart pour toute comparaison avec d'autres réglementations qui sont basées sur des niveaux sonores maximaux admissibles en champ libre. (2) Pour les salles de soin et les salles réservées au séjour de malades, ce niveau est abaissé à 57 dB(A).		

L'article 3 de l'arrêté du 5 mai 1995 relatif au bruit des infrastructures routières, définit les niveaux maximaux admissibles lors d'une modification ou transformation significatives :

- Si la contribution sonore de l'infrastructure avant travaux est inférieure aux valeurs prévues à l'article 2 mentionnée ci-dessus, elle ne pourra excéder ces valeurs après travaux ;
- Dans le cas contraire, la contribution sonore, après travaux, ne doit pas dépasser la valeur existant avant travaux, sans pouvoir excéder 65 dB(A) en période diurne et 60 dB(A) en période nocturne.

- **<u>Les effets directs du projet sur l'environnement sonore</u>**

La création du prolongement de l'axe mixte est concernée par l'aspect voie nouvelle de la réglementation relative au bruit des infrastructures de transport terrestre. Seule la contribution sonore de la voie nouvelle est prise en compte pour les calculs des niveaux de bruit en façade des bâtiments sensibles. Ces niveaux seront comparés aux seuils règlementaires.

L'analyse de l'état initial a montré que la zone concernée par le projet est en zone d'ambiance sonore préexistante modérée. Aussi, les niveaux admissibles en façade des bâtiments dits sensibles (logements, établissements d'enseignement, établissements de soins) pour la contribution sonore de la voirie nouvelle sont inférieurs de 60 dB(A) de jour et de 55 dB(A) de nuit.

Les résultats, donnés dans les paragraphes ci-dessous, sont présentés par les cartes des isophones à 1m50 et à 4m du sol permettant de voir la contribution sonore de l'axe mixte, notamment au sein de la future ZAC, ainsi que par l'évaluation en façade des habitations existantes riveraines de la future voirie. Ils ont été obtenus à la suite de la modélisation de la contribution sonore de la voie nouvelle. Cette modélisation est réalisée avec une méthodologie similaire à celle déployée lors de l'état initial. Deux horizons ont été modélisés, 2029 et 2049. Les hypothèses sont majoritairement semblables à celles prises pour la modélisation de l'état initial en ce qui concerne la topographie du site, l'absorption, la météorologie et les bâtiments.

Le projet a été modélisé sur la base de l'AVP d'ARTELIA de novembre 2022.

Les données trafics utilisés sont issues de l'étude de trafic réalisée par ARTELIA en décembre 2022, pour l'ensemble des scénarios modélisés. La vitesse pour la nouvelle voirie est prise à 50 km/h pour l'axe mixte.

Le tableau ci-dessous présente le trafic de la nouvelle voirie divisée en 2 sections (Figure 164) : une première section (Section 1) correspondant à la voirie proche de la future ZAC entre le giratoire de Cambaie – carrefour C1 et la

nouvelle bretelle de sortie – carrefour C9, et une deuxième section (Section 2) correspondant à la voirie proche des habitations déjà existante entre la nouvelle bretelle de sortie – carrefour C9 et Savannah – Carrefour 11. Pour rappel, l'ensemble des hypothèses trafic sont présentées sur les cartes en Annexe 2 de l'étude bruit en annexe

Tableau 43 - Trafic sur l'axe mixte pour les scénarios projets aux horizons 2029 et 2049

Section	TMJA	
	2029	2049
Section 1	55 854	74 144
Section 2	69 464	62 212

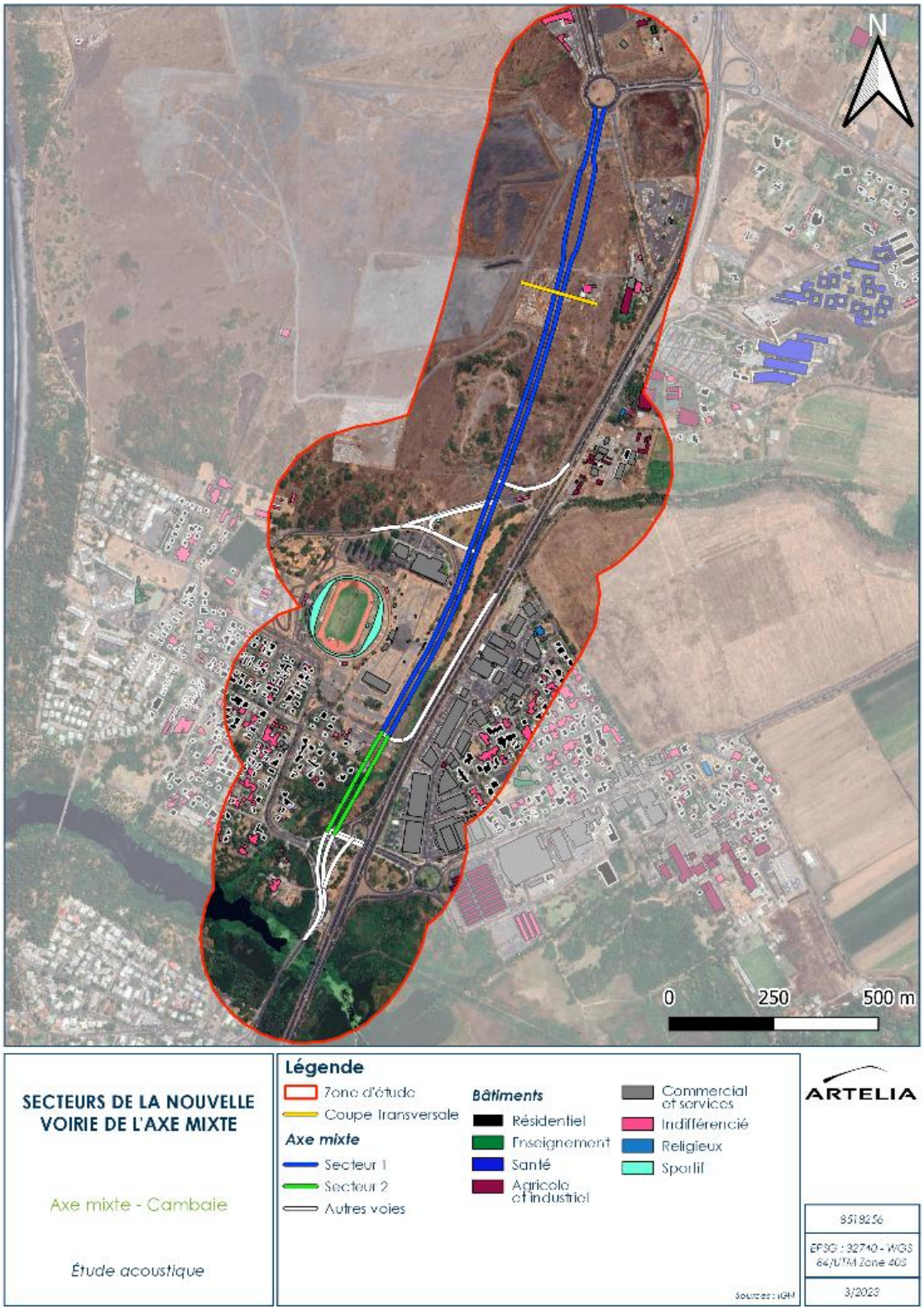


Figure 164 - Identification des différentes sections (1&2) de l'axe mixte et localisation de la coupe verticale

- Contribution de la nouvelle voirie seule – Horizons 2029 et 2049
  - Cartographie du bruit

Une cartographie du bruit a été réalisée sur une aire d'étude comprenant uniquement la nouvelle voirie pour les scénarios projet, aux horizons 2029 et 2049.

L'ensemble des cartes des isophones à 1m50 et à 4 m du sol sont présentées dans l'étude bruit en annexe pour les deux périodes réglementaires jour et nuit. Ces hauteurs sont représentatives des niveaux sonores pour un RDC et un premier étage. Ces résultats donnent une image des niveaux de bruits prévisionnels dans l'aire d'étude aux abords de voirie nouvelle.

À l'horizon 2029, les cartes des isophones à 1m50 ou 4m et la coupe verticale (localisation de la coupe en Figure 164) présentent des résultats similaires de jour comme de nuit. Dans le secteur de la future ZAC, des niveaux sonores supérieurs à 60 dB(A) de jour peuvent être observés jusqu'à maximum 25 m de la voirie nouvelle à 4 m du sol et à maximum 20 m de la nouvelle voirie à 1m50 du sol. De nuit, une distance maximum de 18 m de la voirie doit être observée pour que les niveaux sonores restent inférieurs à 55 dB(A) à 4m ou 1m50 du sol.

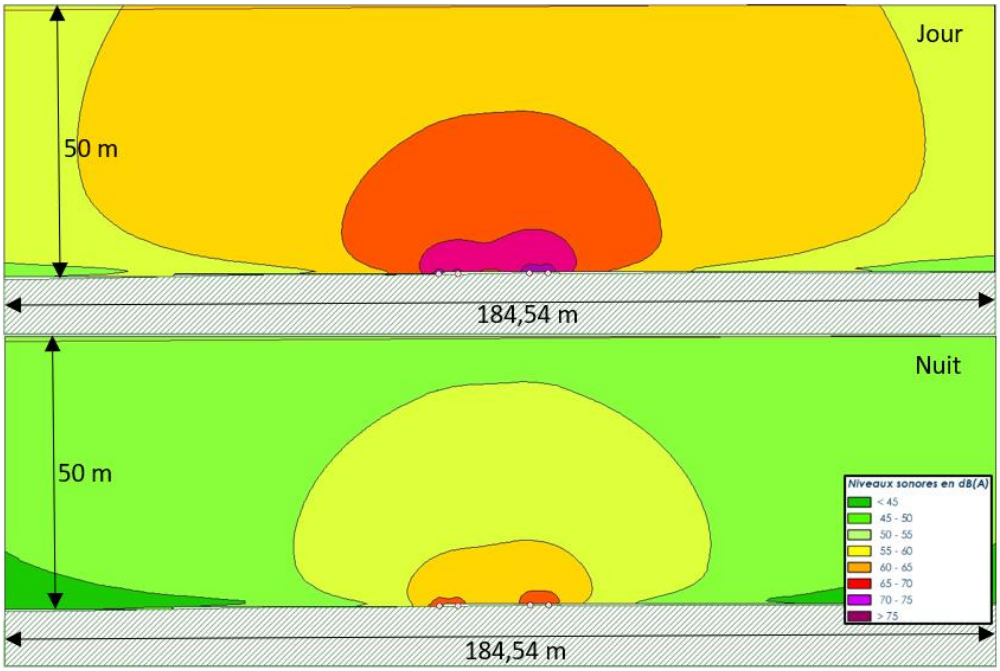


Figure 165 - Coupe verticale de la contribution sonore de la nouvelle voirie à proximité de la future ZAC – Horizon 2029

À l'horizon 2049, les cartes des isophones ainsi que la coupe verticale (localisation de la coupe en Figure 164) à 4m du sol présentent des niveaux sonores plus importants qu'à 1m50 du sol de jour comme de nuit. Au sein de la future ZAC, les niveaux sonores de jour sont supérieurs à 60 dB(A) jusqu'à une distance maximum de 25 m selon les isophones à 1m50 du sol ou 30 m selon les isophones à 4m du sol. De nuit, les carte des isophones à 1m50 et 4m du sol montrent que les niveaux sonores sont supérieurs à 55 dB(A) jusqu'à une distance maximum de 18 m de la voirie.

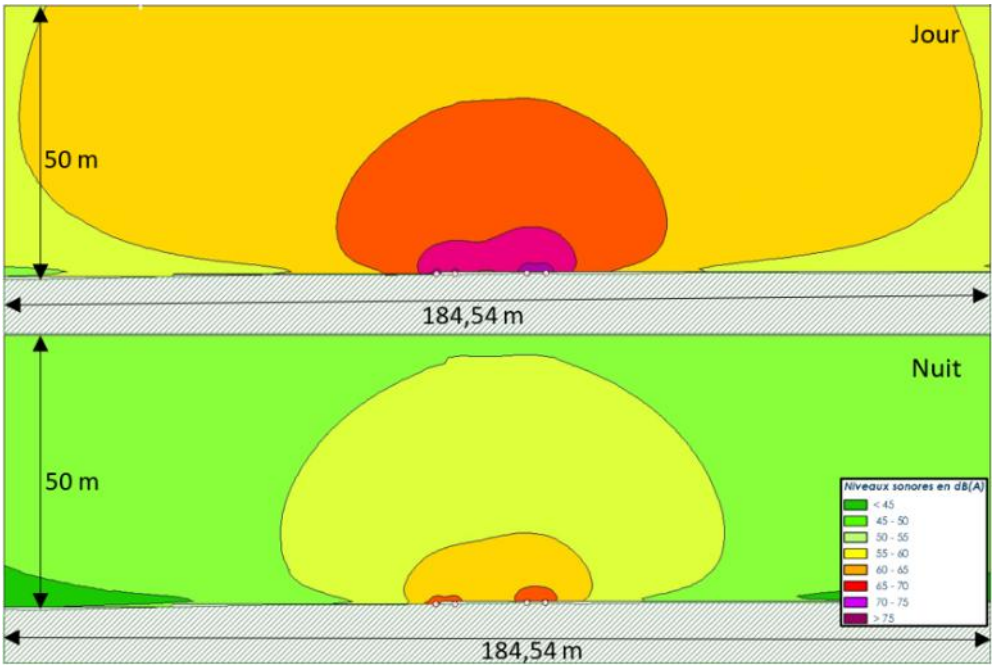


Figure 166 - Coupe verticale de la contribution sonore de la nouvelle voirie à proximité de la future ZAC – Horizon 2049

- Evaluation en façade des bâtiments existants

La contribution sonore de la voie nouvelle, en dehors de toute autre source de bruit a été calculée en façade de l'ensemble des habitations riveraines existantes de la nouvelle voie de l'axe mixte, pour les périodes jour et nuit aux horizons 2029 et 2049.

La figure ci-dessous présente les évaluations en façade de bâtiments pour les périodes jour et nuit et pour les horizons cités.

La modélisation de la contribution sonore de la voirie nouvelle n'a montré aucun dépassement de seuils au droit des bâtiments riverains, pour les deux horizons (Tableau ci-dessous).

Tableau 44 - Évaluation en façade de bâtiment – Contribution sonore de la voie nouvelle seule

ID	X	Y	Étage	Scénario projet 2029		Scénario projet 2049	
				Jour en dB(A)	Nuit en dB(A)	Jour en dB(A)	Nuit en dB(A)
242	322252	7678457.2	Rdc	58.6	50.5	58	50
243	322271.7	7678477.5	Rdc	56.4	48.4	55.7	47.6
246	322201	7678440.2	Rdc	57.4	49.4	56.9	49
247	322063.3	7678315.8	Rdc	52	45.2	52.1	45.3
251(1)	322050.3	7678340.7	Rdc	51.7	45.1	51.5	44.8
251(2)	322055.9	7678330	Rdc	51.8	45.1	51.6	44.9
452	322231.9	7678499.7	Rdc	53	46	52.6	45.6
455	322107.5	7678381.3	Rdc	52.7	45.5	52.4	45.2
461	322099.1	7678360.5	Rdc	52.8	45.9	53	46.1
638	322260.2	7678540.1	Rdc	53.7	46.9	52.9	46
638	322260.2	7678540.1	R+1	55.5	48.2	54.6	47.2
640	322199.2	7678469.1	Rdc	54.2	46.3	53.4	45.4
662	322117.4	7678397.1	Rdc	53.2	46.1	53	45.8
669	322229.3	7678515.5	Rdc	51.6	44.6	50.7	43.7

Figure 167 Évaluation en façade des bâtiments - Contribution sonore de la voie nouvelle seule

→ Impact faible

7.4.5.2 Mesures

7.4.5.2.1 Phase travaux

Évitement : /

Réduction :

L'approche retenue consiste à limiter les émissions sonores des matériels utilisés et encadrer l'ensemble des acteurs du chantier de sorte à ce qu'ils prennent le maximum de précautions vis-à-vis de cette nuisance.

lxix. L'entreprise utilisera les matériels les plus adaptés.

Ainsi les entreprises organiseront leur travail en vue de limiter autant que possible les bruits de chocs et de chutes. Elles utiliseront des engins de chantier conformes à la réglementation et disposant de certificats de contrôle. Les travaux seront réalisés exclusivement pendant les plages horaires autorisées.

lxx. Une communication sera mise en place pour informer le voisinage des travaux, notamment en termes de nuisances.

lxxi. Absence de travaux de nuit sauf ceux liés à la limitation de la perturbation du trafic

Compensation / suivi :

Un autocontrôle régulier du chantier devra être effectué par les entreprises afin de supprimer tout comportement anormalement bruyant – Établissement d'un dossier des bruits de chantier.→ Impact résiduel faible à modéré, temporaire

7.4.5.2.2 Phase exploitation

Évitement : /

Réduction :

La modélisation aux horizons de la mise en service et à +20 ans a montré qu'aucun bâtiment existant n'était concerné par un dépassement de seuil. A noter, au sud de l'avenue du stade, l'axe mixte est en surplomb des habitations. Un muret de 1m de hauteur faisant office de garde-corps est positionné en bordure de la voirie. Ce muret, intégré à la modélisation permet également de protéger du bruit les habitations les plus proches.

La suppression du radier permet de faire passer deux bâtis impactés à l'état initial en non impact.

Compensation : /

Suivi :

Les campagnes de mesures du bruit suivantes seront réalisées :

- Une campagne de mesures à la mise en service de l'infrastructure ;

- une campagne de mesures à 5 ans ;

- et une campagne de mesures à 10 ans.

Ce suivi permettra :

de vérifier les résultats des modélisations ;

et, le cas échéant, d'identifier d'éventuels ajustements relevant du périmètre du projet.

Il est précisé que ce suivi porte sur les situations existantes à la date de mise en service de l'infrastructure, notamment en ce qui concerne les habitations riveraines présentes à cette échéance.

Les éventuelles évolutions d'occupation du sol postérieures, notamment dans le cadre des projets d'aménagement urbain, relèvent des maîtrises d'ouvrage concernées, dans le cadre de leurs propres procédures.

→ Impact résiduel faible, permanent

Enjeu Bruit	Impact du projet		Impact après mesures
Modéré	Phase Travaux	Modéré	Modéré à faible
	Phase exploitation	Faible	Faible

7.4.6 Qualité de vie - air

Sur l'ensemble des tubes posés, 2 capteurs ont relevé une concentration moyenne supérieure aux seuils nationaux fixés à 40 µg/m3. Les concentrations maximales en NO2 ont été relevées à proximité de la voirie et notamment près de de la RN1 et des échangeurs, tandis que des valeurs minimales de concentrations en NO2 ont été observées en situation de fond urbain. Concernant les concentrations moyennes de benzène, elles se sont révélées en dessous du seuil fixé à 2 µg/m3 par la réglementation Française, la valeur maximale a été obtenue au niveau du capteur 16 avec une concentration de 1,0 µg/m3.

En comparaison avec la campagne de mesures de 2020, réalisée dans le cadre de l'étude d'impact de la création de la ZAC de Cambaie, pour les capteurs positionnés au même endroit, il a été constaté que globalement, les valeurs de concentrations relevées pendant la campagne du 09 au 30 juin 2022 étaient légèrement plus élevées.

Compte-tenu des niveaux de concentration supérieurs aux seuils réglementaires sur seulement 2 stations présentes sur le rond-point de Savanna, ainsi que la légère augmentation des résultats en comparaison de la campagne de 2020 sur 6 points de mesures (imputée peut-être à la baisse de trafic durant la crise sanitaire), le risque actuel pour la santé publique est donc considéré comme modéré.

→ Enjeu modéré

7.4.6.1 Impacts

Un rappel sommaire des effets de la pollution atmosphérique sur la santé est présenté dans le rapport d'étude AIR en Annexe 4.

7.4.6.1.1 Phase travaux

En phase chantier, la pollution émise par tous les matériels roulants ainsi que les groupes électrogènes, les compresseurs… est considérée comme non négligeable momentanément. En effet, le projet nécessite des travaux de préparation du terrain conséquent (démolition de l'existant, terrassement, évacuation des déblais…) ainsi que la livraison de matériaux et la construction sur la zone.

La Directive suisse «Protection de l'air sur les chantiers» [10] reprise par l'ADEME dans son rapport 2017 sur ***la qualité de l'air et émission polluantes des chantiers du BTP*** énumère les activités liées aux travaux du BTP générant des émissions polluantes, ainsi que leur importance relative. Ce tableau s'appuie sur des expériences et des estimations effectuées lors de la rédaction de cette Directive.

[10] OFEV, 2009 -Protection de l'air sur les chantiers -Directive concernant les mesures d'exploitation et les mesures techniques visant à limiter les émissions de polluants atmosphériques des chantiers (Directive Air Chantiers). L'environnement pratique, UV-0901-F, 29pp.

Opérations générant des émissions dans les travaux du bâtiment et du génie civil	Emissions non issues des moteurs		Emissions des moteurs
	Poussières	COV, gaz (solvants, etc.)	NOx, CO, CO2, particules, COV, HC, etc.
Installations de chantier, en particulier voies de circulation	3	1	2
Défrichage	2	1	2
Démolition, démantèlement et démontage	3	1	2
Protection des constructions : en particulier travaux de forage, béton projeté	2	1	2
Etanchéités des ouvrages en sous-sol et des ponts	2	3	1
Terrassements (aménagements extérieurs et travaux de végétalisation, drainage compris)	3	1	3
Fouilles en pleine masse	3	1	3
Corrections de cours d'eau	3	1	3
Couches de fondation et exploitation de matériaux	3	1	3
Travaux de revêtement	2	3	3
Voies ferrées	2	1	3
Béton coulé sur place	1	1	2
Excavations	3	2	3
Travaux de second œuvre pour voies de circulation, en particulier marquages des voies de circulation	1	3	1
Béton, béton armé, béton coulé sur place (travaux de génie civil)	1	1	2
Travaux d'entretien et de protection du béton, forages et coupes dans le béton et la maçonnerie	3	1	1
Pierre naturelle et pierre artificielle	2	1	1
Couvertures : étanchéités, revêtements	1	3	1
Etanchéités et isolations spéciales	1	3	1
Crépissages de façade : crépis et enduits de façade, plâtrerie	2	2	1
Peinture (extérieure et intérieure)	2	3	1
Revêtements de sol, de paroi et de plafond en bois, pierre artificielle ou naturelle, plastique, textile et fibre minérales (fibres projetées)	2	2	1
Nettoyage du bâtiment	2	2	1

Figure 168 Fig. 1. Ampleur relative des émissions de polluants atmosphériques dues aux activités de construction

(1= faible; 2 = moyenne; 3=forte)

Le terrassement est l'un des postes principaux d'émission de poussières sur un chantier.

→ Impact potentiel modéré, direct et temporaire

7.4.6.1.2 Phase exploitation

L'évaluation des impacts sur la qualité de l'air est appréhendée d'abord sur la base d'une quantification des émissions des principaux polluants émis par le trafic routier, puis sur une modélisation de la dispersion atmosphérique pour le dioxyde d'azote et les particules.

Les émissions polluantes, puis les concentrations en polluants ont été estimées sur l'ensemble du réseau d'étude pour 5 scénarios et 3 horizons d'étude : état initial 2022, scénario fil de l'eau et scénario projet à la mise en service 2029 et scénario fil de l'eau et scénario projet à la mise en service + 20 ans soit 2049.

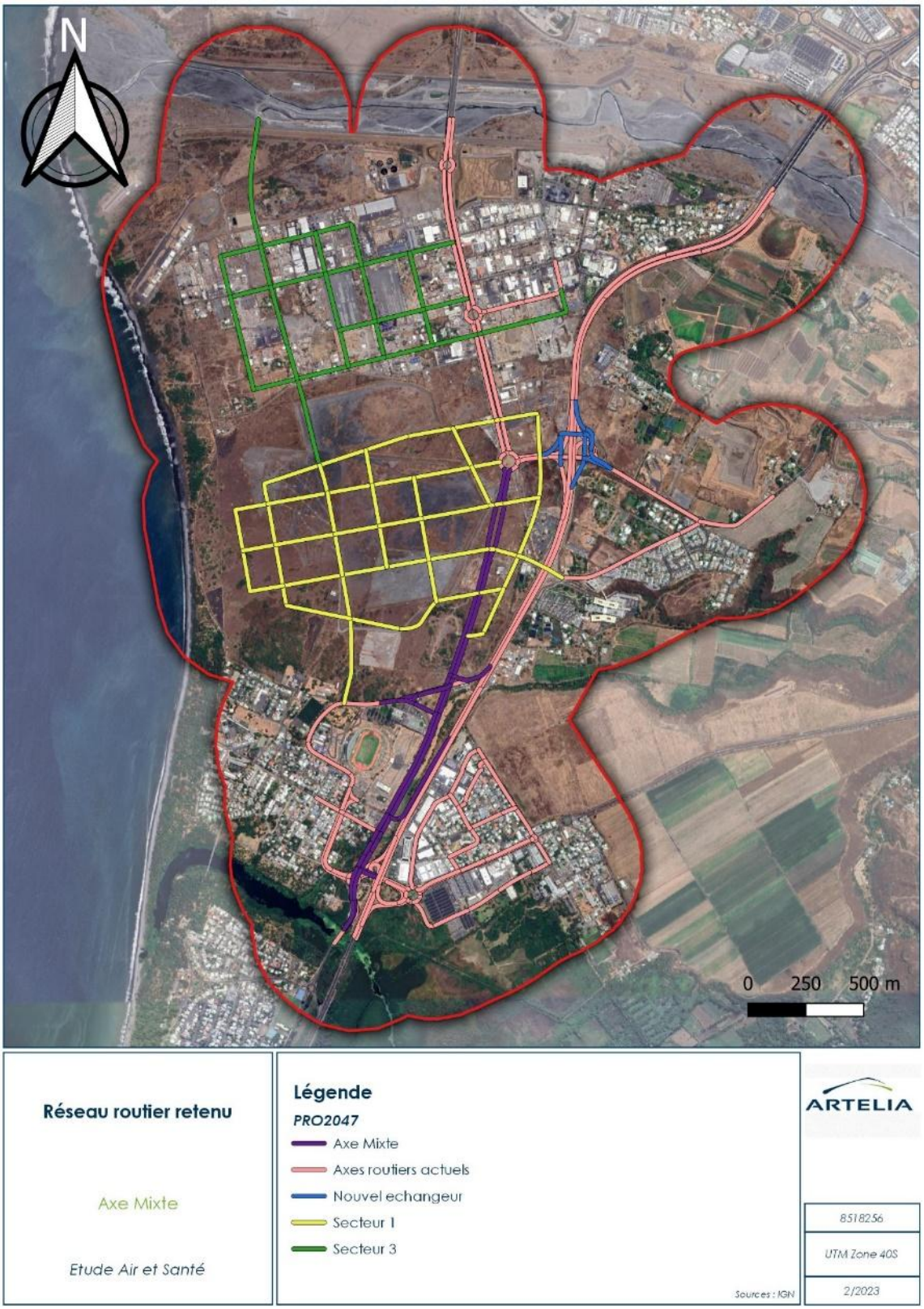


Figure 169 Réseau routier retenu

Les émissions ont été calculées sur l'ensemble du réseau d'étude pour les polluants indicateurs majeurs de la pollution d'origine routière, c'est-à-dire, pour les oxydes d'azote (NOx) et le dioxyde d'azote (NO2), les hydrocarbures totaux, le benzène, les particules PM10 et PM2.5 (émises à l'échappement et hors échappement), le dioxyde de soufre (SO2), le benzo(a)pyrène et deux polluants particulaires, l'Arsenic et le Nickel.

Le tableau ci-dessous présente le bilan des émissions en grammes par jour des différents polluants émis dans l'aire d'étude pour chaque scénario.

Tableau 45 Emissions globales pour les différents scénarios étudiés dans l'aire d'étude en grammes par jour

Polluants	2022	2029			2049		
	Etat initial	Réf.	Projet	Evolution Projet / Ref.	Réf.	Projet	Evolution Projet / Ref.
CO g/j	61 844	54 105	54 647	1,0%	60 866	73 832	21,3%
NOx g/j	155 893	105 196	106 016	0,8%	21 868	27 331	25,0%
NO2 g/j	31 909	18 431	18 463	0,2%	3 121	3 938	26,2%
NMCOV g/j	2 223	2 561	2 615	2,1%	7 367	9 454	28,3%
Benzène g/j	68	77	79	2,1%	292	376	28,6%
PM10 TOT g/j	15 041	15 469	15 410	-0,4%	12 786	15 498	21,2%
PM2,5 TOT g/j	7 565	7 108	7 260	2,1%	7 378	9 105	23,4%
SO2 g/j	328	328	330	0,6%	221	270	22,0%
As g/j	2,76E-03	2,91E-03	2,93E-03	0,7%	2,42E-03	2,94E-03	21,4%
Ni g/j	1,15E-02	1,30E-02	1,31E-02	0,7%	1,39E-02	1,66E-02	19,9%
B(a)P g/j	4,31E-01	4,24E-01	4,25E-01	0,2%	2,05E-01	2,48E-01	20,5%

Indépendamment du projet (comparaison des scénarios référence avec l'état initial), une diminution des émissions pour les polluants CO, NOx, NO_2, poussières PM_{10} et $PM_{2.5}$ émises à l'échappement et le Benzo(a)pyrène, est globalement observée du fait des améliorations technologiques attendues sur les véhicules et les carburants, l'électrification des véhicules et le renouvellement du parc automobile. En effet le durcissement des normes européennes et notamment l'introduction de la norme EURO 6 depuis 2015 contribue à freiner l'évolution globale des émissions en obligeant notamment les constructeurs de véhicules à réduire les émissions à la source grâce à des améliorations techniques portant sur la motorisation, les carburants et les systèmes de dépollution. Cette diminution est plus ou moins marquée selon les polluants avec une diminution très élevée pour les NOx (-33% entre 2022 et 2029 et -79% entre 2029 et 2049) et pour le NO_2 (- 42% entre 2022 et 2029 et -83% entre 2029 et 2049). A l'inverse, une augmentation des émissions peut être observée pour les COV, le benzène, le nickel, l'arsenic, et les poussières hors échappement, du fait de la croissance du trafic.

À l'horizon 2029, l'évolution des émissions entre les scénarios référence et projet est relativement négligeable (globalement inférieure à 2,5%). En effet, la faible variation de trafics sur les axes du secteur entre ces deux scénarios n'aura que très peu d'impact sur les émissions.

À l'horizon 2049, le scénario projet montre une hausse des émissions pour l'ensemble des polluants sur l'ensemble de l'aire d'étude du fait de l'augmentation des kilométrages parcourus avec le projet de l'Axe Mixte couplé au projet de la ZAC Cambaie. Les deux projets étant liés, il est difficile de séparer la part du trafic généré par le projet de l'Axe Mixte de la part du trafic généré par la ZAC.

L'évaluation des teneurs en polluants NO2 et PM10 a ensuite été modélisée en tout point des bandes du réseau d'étude pour les différents scénarios étudiés.

Les concentrations dans le domaine d'étude ont été calculées avec le logiciel ADMS Roads, qui simule la dispersion atmosphérique des polluants grâce à un modèle gaussien en prenant en compte la topographie et l'occupation des sols, les données météorologiques et la pollution de fond.

La modélisation de l'état initial met en évidence des concentrations en NO_2 en dessous de la valeur limite fixée à 40 µg/m3. En effet, la concentration moyenne annuelle avec prise en compte de la pollution de fond, varie entre 13,9 et 29,8 µg/m^3 selon les récepteurs. S'agissant des PM10, la contribution des sources modélisées aux concentrations dans l'air au droit des récepteurs reste faible puisque les niveaux modélisés sont proches de la pollution de fond (11 µg/m3). Les niveaux moyens annuels modélisés respectent pour les points récepteurs les valeurs réglementaires, voir la valeur guide de l'OMS de 15 µg/m3. Les résultats varient entre 11,1 et 14 µg/m3.

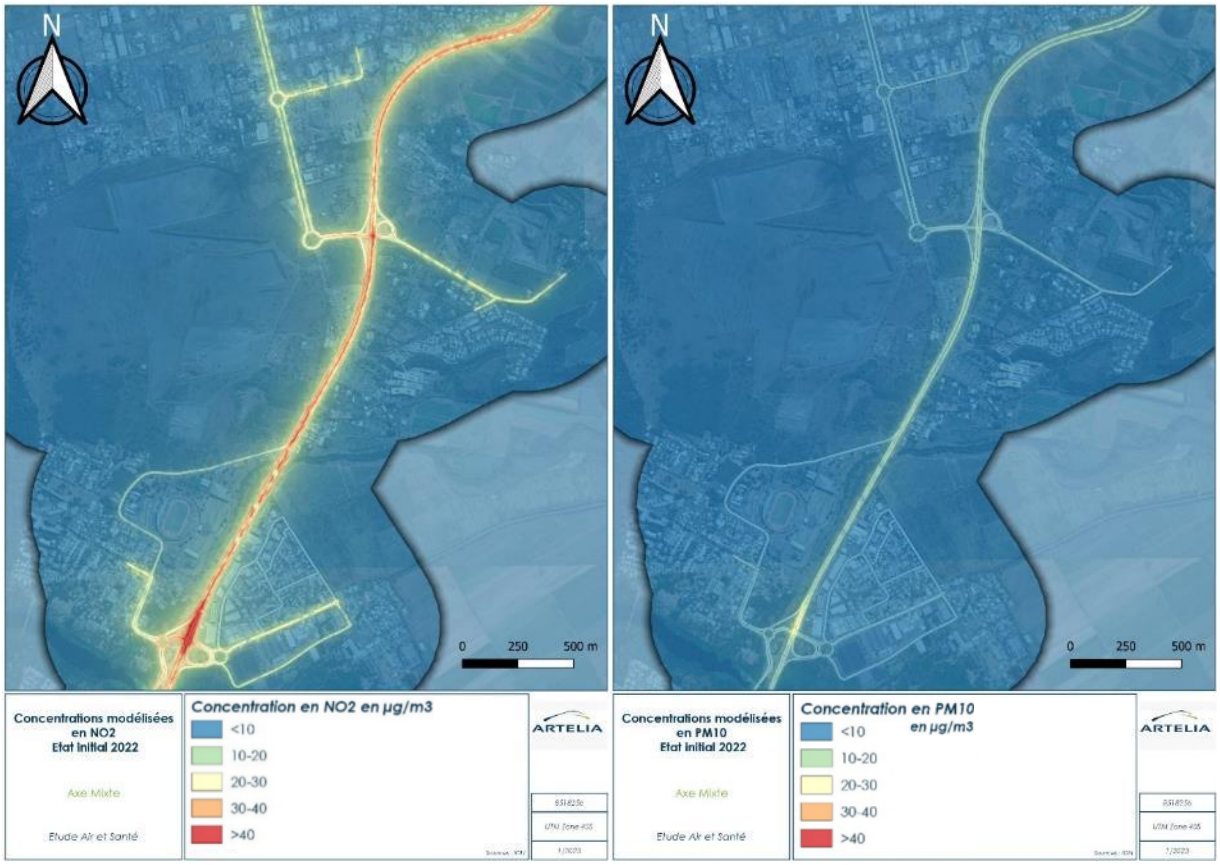


Figure 170 Contribution des sources modélisées aux concentrations moyennes annuelles dans l'air en NO2 (gauche) et en PM10 (droite) en µg/m3 - État initial

L'étude de l'horizon 2029 a montré une diminution faible à modérée des concentrations en dioxyde d'azote et en particules rapport à l'état initial. Cette diminution est la conséquence de la diminution des émissions polluantes sur l'aire d'étude à l'horizon 2029 du fait de l'amélioration des technologies de traitements des polluants en sortie des pots d'échappement et au renouvellement du parc automobile. Les points récepteurs proches de l'axe mixte voient leur concentration en polluants augmenter, tout comme les autres axes nouvellement créés dans le cadre de la ZAC.

Cependant, ces augmentations sont à nuancer. Les concentrations obtenues à proximité de l'axe mixte restent inférieures aux concentrations obtenues à proximité de la RN1, et en dessous des valeurs réglementaires.

Concernant les PM10, les augmentations sont moins marquées, étant donné que les concentrations sont fortement influencées de la pollution de fond.

Aux abords de l'Axe Mixte, à l'horizon 2029, il est attendu des concentrations en NO2 variant de 14 à 15 µg/m3. Concernant les PM10, les concentrations attendues sont de l'ordre de 12 µg/m3.

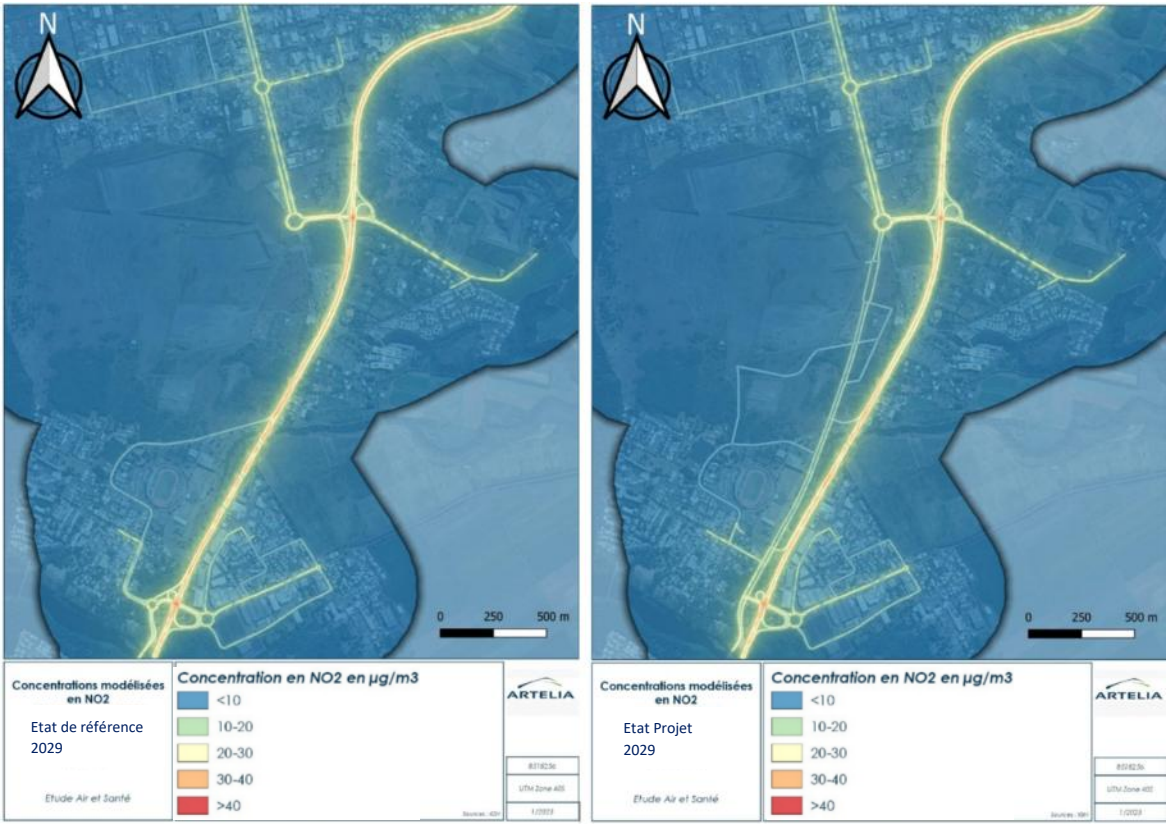


Figure 171 Contribution des sources modélisées aux concentrations moyennes annuelles dans l'air en NO2 en µg/m3 – Scénario référence 2029 à gauche, et en scenario projet 2029 à droite

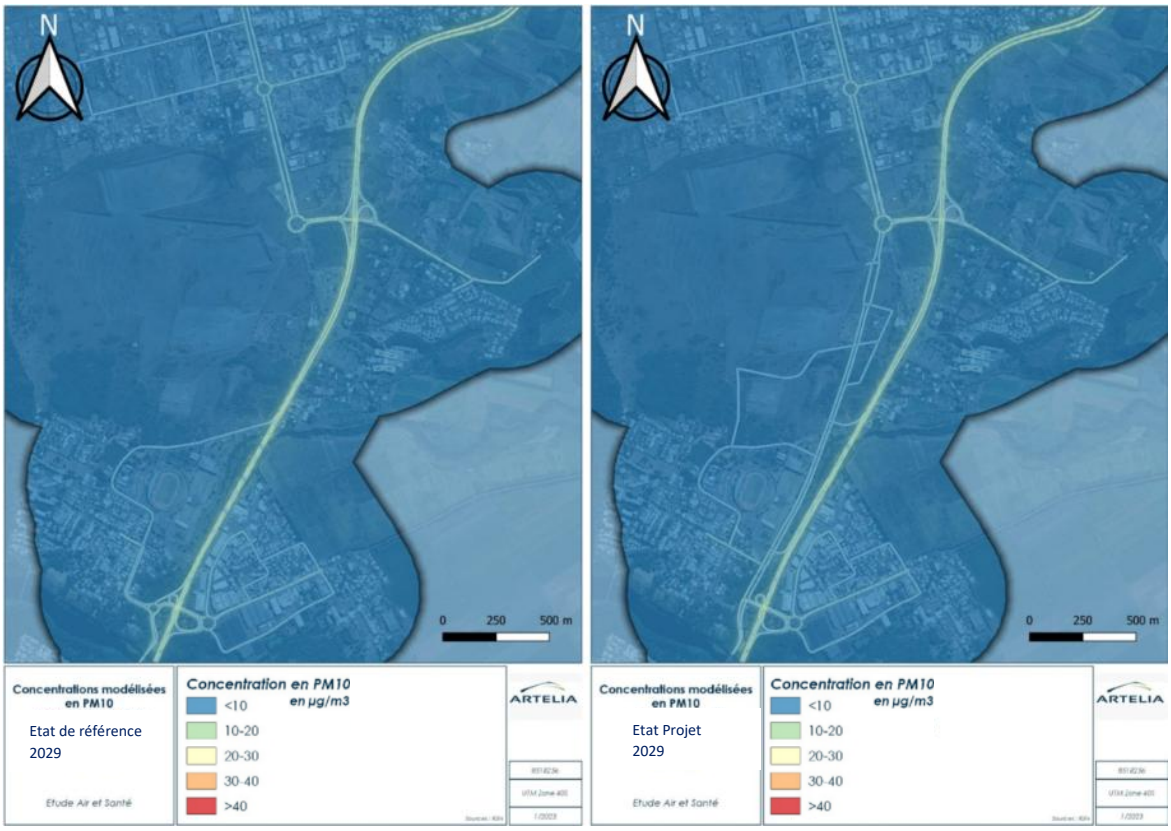


Figure 172 Contribution des sources modélisées aux concentrations moyennes annuelles dans l'air en particule PM10 en µg/m3 – Scénario référence 2029 et en scenario projet 2029 à droite

Concernant l'horizon 2049, il est constaté que les particules augmentent entre les scénarios référence et projet. Pour le NO_2, les mêmes points récepteurs que pour les PM_{10} sont concernés par la plus forte augmentation. Aux abords de l'Axe Mixte, à l'horizon 2049, il est attendu des concentrations en NO_2 variant de 13 à 14 µg/m_3. Concernant les PM_{10}, les concentrations attendues sont de l'ordre de 12 µg/m_3.

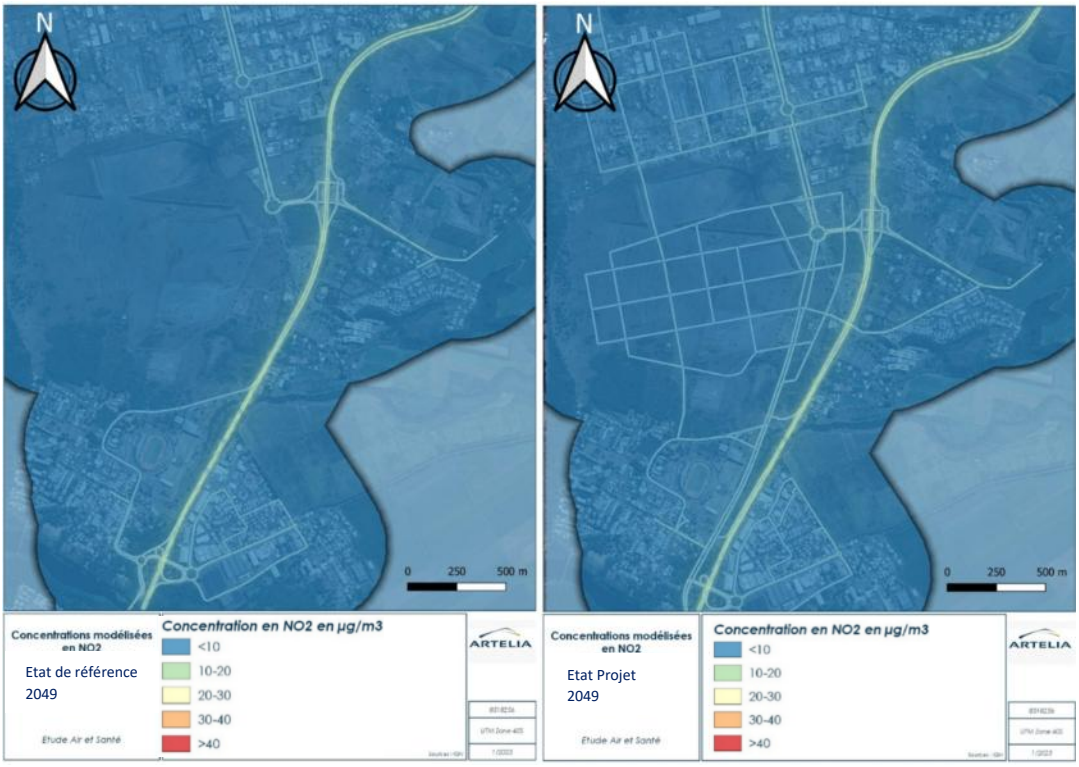


Figure 173 Contribution des sources modélisées aux concentrations moyennes annuelles dans l'air en NO2 en µg/m3 – Scénario référence 2049 à gauche, et en scenario projet 2049 à droite

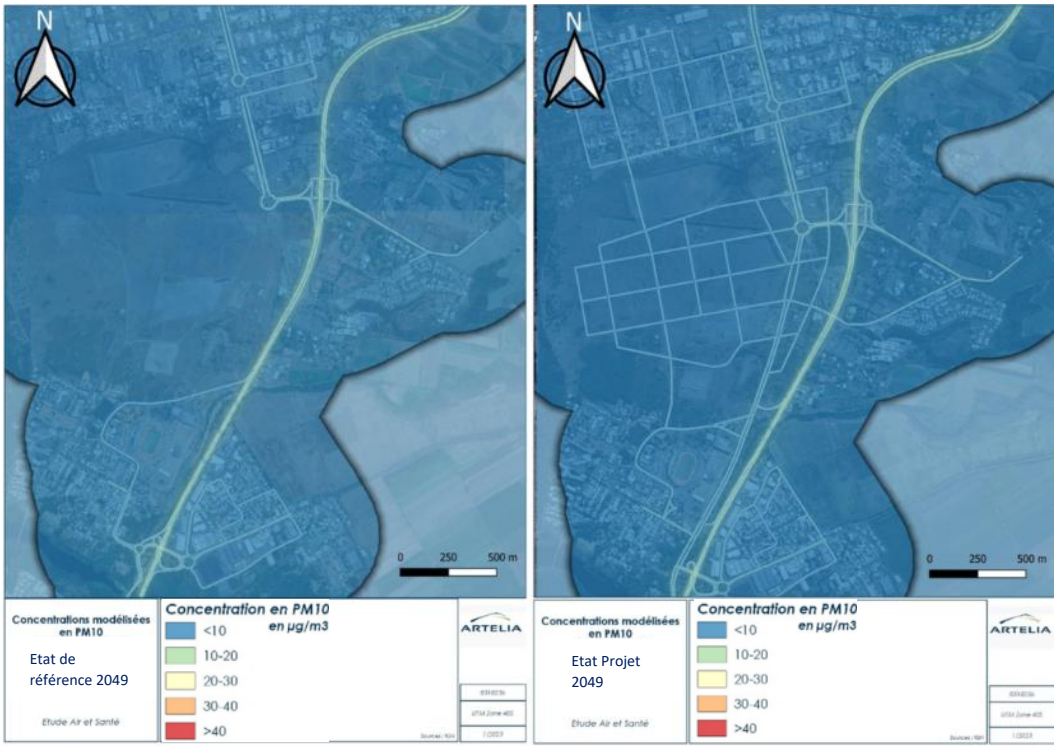


Figure 174 Contribution des sources modélisées aux concentrations moyennes annuelles dans l'air en particule PM10 en µg/m3 – Scénario référence 2049 et en scenario projet 2049 à droite

Enfin, concernant le calcul de l'indice d'exposition de la population à la pollution, les résultats montrent une augmentation avec le scénario projet, du fait de la présence de nouvelles populations (la ZAC Cambaie) et de nouvelles sources d'émission (l'axe mixte et les voiries de desserte de la ZAC).

A l'horizon 2029, une grande majorité de la population est exposée à des concentrations inférieures à 20 µg/m^3, que ce soit pour le scénario fil de l'eau ou le scénario projet. Pour le scénario fil de l'eau, 2% de la population est concerné par des concentrations comprises entre 25 et 30 µg/m3 contre 14% à l'état projet, ceci s'expliquant par l'augmentation de la population avec le projet

Enfin, pour l'horizon 2049, il est constaté que 100% de la population sera concernée par des concentrations en NO2 inférieurs à 20 µg/m^3, avec ou sans projet.

Le pétitionnaire s'engage à réaliser des campagnes de mesurages réguliers en phase exploitation du projet afin de garantir la salubrité des futurs logements.

→ Impact faible, direct et permanent

7.4.6.2 Mesures

7.4.6.2.1 Phase travaux

Évitement : /

Réduction :

Pour limiter les effets du chantier sur la qualité de l'air, les mesures à mettre en œuvre sont les suivantes :

lxxii. Un arrosage de surfaces terrassées sera pratiqué ;
lxxiii. La vitesse des engins de chantiers sur le site sera limitée à 20 km/h de façon à réduire les nuisances air et bruit dans ce secteur urbain très fréquenté.
lxxiv. Le brulage des déchets de chantier est interdit.
lxxv. Porter attention à la présence de vent, à sa direction et arroser par temps sec régulièrement afin d'éviter la dispersion de poussières et les fixer au sol, en particulier lors de la phase de terrassement,
lxxvi. Bâcher le chargement des camions chaque fois que nécessaire (matériaux et/ou déchets volatils) et notamment en période de grand vent,
lxxvii. Stocker les matériaux à l'abri des vents dominants,
lxxviii. Installer un bac de lavage des roues des véhicules en sortie de chantier et vérifier leur propreté avant départ.

Compensation : /

→ Impact résiduel faible à modéré, temporaire

7.4.6.2.2 Phase exploitation

Évitement : /

Réduction :

Le projet met en place des mesures favorables à la mobilité active pour encourager au maximum le report modal et ainsi participer à l'enjeu d''amélioration de la qualité de l'air :

Vélo : Le projet prévoit des voies dédiées aux vélos sur l'ensemble du projet de prolongement de l'axe mixte. Les limitations de pentes suivantes ont été retenues pour la conception des infrastructures : Pente maximale pour les franchissements de 8-9% sur des faibles distances pour compatibilité vélo : adaptation de la position des rampes et adaptation des carrefours. Le PEM est équipé d'arceaux. Des signalisation vélos sont prévues sur le projet.

Piéton : Le projet donne une priorité aux usagers piétons en leur apportant confort et sécurité par des connexions piétonnes à niveau, des quais de bus généreux, des carrefours sécurisés, une large place donnée aux plantations. la végétalisation des voies, en particulier des axes de déplacements en mobilité active en s'appuyant sur le rôle du végétal dans les flux de chaleur et de vapeur d'eau dans la ville (ombrage, ventilation, taux d'humidité de l'air et réduction de l'effet ilot de chaleur…).

Transport en commun : Le prolongement de l'axe mixte offre un parcours entièrement dédié aux bus entre le Port et Saint-Paul. En permettant un gain de temps et de confort aux usagers des Transports en commun, il participe au report modal. Le potentiel passage en mode guidé de type Tramway permettrait un gain supplémentaire pour la qualité de l'air du secteur élargi.

Compensation : /

Suivi :

Les campagnes de mesures de la qualité de l'air suivantes seront réalisées :

- Une campagne de mesures à la mise en service de l'infrastructure ;

- une campagne de mesures à 5 ans ;

- et une campagne de mesures à 10 ans.

Ce suivi permettra :

de vérifier les résultats des modélisations ;

et, le cas échéant, d'identifier d'éventuels ajustements relevant du périmètre du projet.

Il est précisé que ce suivi porte sur les situations existantes à la date de mise en service de l'infrastructure, notamment en ce qui concerne les habitations riveraines présentes à cette échéance.

Les éventuelles évolutions d'occupation du sol postérieures, notamment dans le cadre des projets d'aménagement urbain, relèvent des maîtrises d'ouvrage concernées, dans le cadre de leurs propres procédures.

→ Impact résiduel faible, permanent

Enjeu Air	Impact du projet		Impact après mesures
Modéré	Phase Travaux	Modéré	Faible à modéré
	Phase exploitation	Faible	Faible

7.4.7 Énergie

La Réunion est très dépendante des importations d'énergies fossiles en raison notamment de son insularité et de l'éloignement des principaux fournisseurs. La consommation d'électricité a doublé en 20 ans et le taux de dépendance énergétique en 2021 de la Réunion est de 88,2%.

→ Enjeu fort

7.4.7.1 Impacts

7.4.7.1.1 Phase travaux

La phase travaux est consommatrice d'énergie, notamment en termes de transport des matériaux et des ressources mobilisées. Il est estimé un coût carbone de 19000 teqCO2 en lien avec les travaux.

→ Impact potentiel fort

7.4.7.1.2 Phase exploitation

La loi sur l'air prescrit la prise en compte des consommations énergétiques (ou consommation de carburants des véhicules) qui résultent de l'exploitation du projet. Il s'agit là, d'un indicateur pour estimer l'utilisation rationnelle de l'énergie résultant des déplacements qu'entraîne ou permet d'éviter le projet. Le calcul des consommations a été

réalisé en même temps que celui des émissions polluantes à l'aide du logiciel HBEFA, dans le domaine d'étude utilisé pour l'étude air.

Le tableau ci-dessous présente le bilan des consommations (diesel et essence) en kilogrammes par jour pour les différentes situations considérées.

Tableau 46 Consommations dans le domaine d'étude en kilogramme par jour

	Etat initial (2022)	2029			2049		
		Scénario référence	Scénario projet	Evolution projet / référence	Scénario référence	Scénario projet	Evolution projet / référence
Essence	3 491	4 233	4 264	0,7%	5 297	6 311	19%
Diesel	17 165	16 446	16 555	0,7%	8 357	10 498	26%
Totale	20 799	21 125	21 263	0,7%	15 103	18 482	22%

Entre l'état initial et l'état référence 2029, les consommations en Essence augmentent, et les consommations en Diesel diminuent.

Concernant les scénarios référence et projet 2029, une faible augmentation est constatée (0,7%). Enfin, les consommations en Essence pour le scénario projet 2049 présentent une augmentation de 19% en comparaison au scénario référence 2049. Pour le Diesel, l'augmentation est de 26%.

Cette augmentation est majoritairement liée aux phases successives d'aménagement de la Plaine Cambaie par le projet Ecocité, et notamment la phase 2 du projet Cambaie Oméga. Ce projet Ecocité développe en effet le logement et diversifie l'offre en équipement sur le littoral. Cette politique publique n'est pas neutre en terme de consommation énergétique mais remplit un objectif d'équilibrage territorial qui doit permettre à une échelle plus large de consommer moins et mieux. En effet, à l'heure actuelle, comme le constate le rédacteur du SCoT « les habitants de l'Ouest vivent en majorité là où sont localisés (très) peu de grands équipements, de grands lieux d'emploi, de grands foyers de vie urbaine ; avec en bas dans le Cœur d'agglomération et le Littoral balnéaire la concentration économique et urbaine ; et en haut la majorité de l'habitat et l'agriculture ».

Ce déséquilibre va s'accentuant avec l'urbanisation essentiellement résidentielle des Mi-Pentes et Hauts. », urbanisation peu économe en foncier. Les données de la commune de Saint Paul concernant l'artificialisation sur la période 2009-2018 nous informent d'une artificialisation nouvelle totale de 406 ha (1.6% du territoire communal), dont 82% concerne l'habitat.

Et il est établi qu'en l'absence de rééquilibrage, la pression d'urbanisation continuera à peser sur les hauts et les mi-pentes avec un mitage des milieux naturels plus important, des densités moindres et donc une artificialisation des sols plus importantes

Le projet Ecocité organisé autour du prolongement de l'axe mixte vise à bâtir un quartier vivant, une ville des courtes distances où l'ensemble des besoins de déplacement du quotidien peuvent se faire facilement à pied, à vélo ou en transports en commun. Ainsi si les consommations énergétiques se renforcent sur le secteur de Cambaie Oméga, elles gagnent en efficacité et permettent de les éviter ailleurs, de façon moins économes et plus dispersés.

Le projet participe aux souhaits des différents plans et programmes qui souhaitent l'émergence du périmètre stratégique de la Plaine de Cambaie : Plan guide Ecocité donc, le SCoT, le SAR, le PLH…

→ Effet favorable sur le grand territoire

7.4.7.2 Mesures

7.4.7.2.1 Phase travaux

Évitement : /

Réduction :

lxxix. Conformément à la loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte (LTECV) du 18 août 2015 au moins 20 % en masse des matériaux utilisés dans les couches de surface et au moins 30 % en masse des matériaux utilisés dans les couches d'assise devront être issus de déchets.

Compensation : /

→ Impact résiduel modéré

7.4.7.2.2 Phase exploitation

Évitement : Le rééquilibrage territorial permet d'éviter un certain nombre de trajets domicile-travail ; domicile-commerces et équipements

Réduction :

Le projet met en place des mesures favorables à la mobilité active pour encourager au maximum le report modal et ainsi participer à l'enjeu de la maitrise énergétique :

Vélo : Le projet prévoit des voies dédiées aux vélos sur l'ensemble du projet de prolongement de l'axe mixte.

Piéton : Le projet donne une priorité aux usagers piétons en leur apportant confort et sécurité

Transport en commun : Le prolongement de l'axe mixte offre un parcours entièrement dédié aux bus qui accroit l'attractivité de ce moyen de transport et participe au report modal de la voiture particulière au transport en commun.

Compensation : /

→ Impact positif à l'échelle du territoire de l'Ecocité

Enjeu Énergie	Impacts du projet		Impacts après mesures
Fort	Phase Travaux	Fort	Modéré
	Phase exploitation	Positif	Positif

7.4.8 Paysage

Le paysage s'apprécie à différentes échelles et les enjeux diffèrent que l'on se tienne sur la Plaine de Cambaie à regarder les carrières excavées, les zones industrielles, ou en levant les yeux sur l'ouverture qu'offre la rivière des Galets vers le cirque de Mafate. La Plaine de Cambaie offre un paysage assez rude, aride marqué par les carrières et la zone d'activité, avec en revanche également des enjeux forts de préservation et de valorisation avec la forêt littorale et l'étang de Saint Paul. La Plaine de Cambaie constitue par ailleurs un espace de respiration entre deux entités urbaines fortes (St Paul et Le Port). La géomorphologie du territoire offre un effet de balcon (ou promontoire naturel) sur la plaine et des perceptions sur le site existent depuis les pentes qui entourent le site, et notamment les nombreuses routes paysages.

→ Les enjeux varient de faible à fort.

1.1.1.1. Impacts

7.4.8.1.1 Phase travaux

Outre les travaux de débroussaillement, le projet ne peut éviter 132 arbres dont l'impact est décrit en phase d'exploitation, l'impact y perdurant.

Les impacts liés à la phase chantier sont liés à la présence des engins de chantier sur 36 mois sur le grand secteur, à la présence de signalétique temporaire, à la présence de stockage temporaire des déblais du site, du stockage temporaire des matériaux de constructions, aux bases vie…

→ Impact modéré, direct et temporaire

7.4.8.1.2 Phase exploitation

Secteur 1 : Le projet est relativement peu impactant en impact brut sur le paysage dans le secteur 1. En effet, ce dernier est largement scarifié des exploitations passées d'exploitation de matériaux et marquée par les autres activités industrielles. Une végétation arborée est néanmoins localement présente et le projet d'infrastructure ne permet pas d'éviter la suppression de 132 arbres.

Figure 175 Secteur 1 à l'état initial et à l'état projet

Sur le secteur 2, le constat est contrasté car si le projet s'insère côté mer en milieu urbain, il prévoit pour permettre son passage de recalibrer une ravine la Plaine qui bien que d'intérêt paysager faible sur son parcours amont (entre son passage sous la Rn1 et la partie Sud du stade) présente sur l'aval des parties en eau d'aspect lentique qui introduisent le charme paysager de l'étang de Saint Paul. Sur cette zone, 200 spécimens arborés sont supprimés.

Figure 176 Secteur 2 à l'état initial et à l'état projet

Outre l'impact brut sur la ravine la Plaine et sa végétation le projet prévoit de rendre son lit mineur rectiligne alors que ses formes actuelles sont naturelles et présentent une certaine sinuosité, bien que peu marquée et adossée à la RN1, route à 2X2 voies.

La réalisation d'une infrastructure de transport d'une quarantaine de mètre de largeur n'est pas anodine dans le paysage. Le fait de s'adosser à l'infrastructure importante que constitue la RN1 permet néanmoins de limiter ses effets. En effet, la RN1 constitue d'ores et déjà un marqueur important du territoire. Sans mesure de réduction des impacts, la réalisation de l'infrastructure à ses côtés va grossir le trait mais ne constitue pas une fracture nouvelle de paysage. Sur la coupe ci après on perçoit bien la RN1 légèrement en surplomb de l'axe mixte et de son franchissement de la Ravine la Plaine. Ainsi les vues depuis le quartier Jacquot vers les hauts ne sont pas impactées par l'infrastructure. L'impact est donc majoritairement présent pour le paysage de proximité, paysage dont l'insertion peut être plus facilement réalisé au travers des plantations notamment.

Figure 177 Coupe au droit de l'ouvrage de franchissement principal de l'Axe Mixte et montrant également la RN1 qui la surplombe

Le projet entraîne par ailleurs une artificialisation des sols nouvelle de 2,7ha sur un périmètre d'intervention de 16,6 ha, ce qui a pour effet d'appauvrir l'espace et le ressenti de recul des milieux naturels.

→ Impact faible sur le secteur 1.

→ Impact fort sur le paysage rapproché sur le secteur 2

7.4.8.2 Mesures

7.4.8.2.1 Phase travaux

Évitement :

Réduction :

lxxx. Nettoyage régulier du chantier

Le chantier et son environnement direct seront nettoyés quotidiennement et débarrassés des déchets afin d'assurer un état de propreté convenable pendant toute la durée des travaux, cela participe à la meilleure perception visuelle d'un chantier.

Les chaussées seront nettoyées au fur et à mesure qu'elles se salissent et les camions nettoyés avant leur sortie du chantier.

En zone urbaine, les déblais, gravats, matériaux rejetés par l'entreprise sont immédiatement évacués, ou stockés provisoirement dans des conteneurs adaptés.

En milieu urbain, les stocks de matériaux sont limités au minimum nécessaire.

Et si, malgré les protections et autres précautions de réalisation, les travaux entrainent certaines dégradations, celui-ci est remis en état, les sites sont nettoyés et restitués dans leur état initial (avant travaux) afin de les rendre de nouveau compatibles avec leur affectation initiale.

Suivi/accompagnement : Contrôle via la coordination environnementale de chantier

→ Impact résiduel faible à modéré, temporaire

7.4.8.2.2 Phase exploitation

Évitement : /

Réduction :

lxxxi. Le projet prévoit d'accompagner l'infrastructure d'une dimension végétale structurante en écho à la « ville jardin » de l'Ecocité. Il s'agit de :

- Répondre aux enjeux de résilience, et de confort urbain de l'Ecocité par une trame végétale dense qui participe généreusement à la qualité de vie de la ville et l'attractivité des déplacements doux
- Développer une stratégie végétale pour faire de la ville un support de biodiversité
- Conforter la démarche de préverdissement engagée dans l'Ecocité par l'anticipation des plantations dans le projet (contrat de culture, …)

Le projet prévoit la plantation de 754 arbres en secteur 1 et de 859 en secteur 2 (hors arbustes et jeunes plants). Cette plantation vient réduire l'impact de la suppression par la réalisation de l'infrastructure des 132 arbres. Le projet plante 8 fois plus d'arbres qu'il en a été supprimé. Il s'agira néanmoins d'arbres jeunes, baliveaux, qui mettront de nombreuses années pour présenter le même intérêt paysager, de confort thermique et de puits de carbone que des espèces matures.

- Les ambiances végétales par secteur : Secteur 1 : secteur d'ambition forte

Il s'agit du cœur de l'EcoCité, section d'intervention prioritaire à vocation très qualitative présentant :

- Une zone densément plantée
- Une priorité donnée aux arbres d'ombrage, à la diversité des strates végétales et la biodiversité des essences
- Des bandes centrales : arbres très hauts au port élancé. Des arbustes sur les berges de noues et des couvre-sols et herbacées sur les abords pour ne pas gêner la visibilité. Ponctuellement quelques grands arbustes viennent compléter le cortège végétal et conforter l'effet masse des arbres.
- Des bandes latérales : alternance de grands arbres d'ombrage et de petits arbres au caractère ornemental. Association de d'arbustes et de couvre-sols (ainsi que des herbacées permettant une phytorémédiation) ;
- Un aménagement provisoire des bandes latérales en limites du futur front urbain. Sol traité en terre-pierre + prairie pour permettre une mutation future de ces espaces

Focus PEM : Le PEM, qui représente un ilot minéral circulation aisée entre les différents modes de déplacements sera ombragé au maximum par des grands arbres isolés sous lesquels sera installé du mobilier d'agrément, en complément des abribus pour offrir un cadre confortable thermiquement aux usagers.

Les pourtours du PEM seront aussi végétalisés par de larges massifs arbustifs très denses agrémentés d'arbres, créant à la fois une séparation physique et visuelle avec la voie attenante mais aussi un ilot de fraicheur.

Focus : Parking : Ce parking est temporaire, en attente d'un parking silo réalisé par la ZAC. Il ne sera ainsi pour l'instant planté en bordure par une strate basse.

- Les ambiances végétales par secteur : Secteur 2 : Secteur d'ambition intermédiaire

Section à l'ambiance paysagère plus légère et jouant un rôle de couture entre les différents sites aménagés et les milieux naturels (ravine la plaine, zone humide avec radier, ouvrage d'art, raccordement aux grands giratoires de Savannah…).

- Un secteur assez densément planté
- Une priorité donnée aux arbres d'ombrage, à la diversité des strates végétales et la biodiversité des essences
- Une variation de la palette végétale en fonction les ambiances paysagères et des milieux traversés : zone urbaine le long d'Expobat, zone de transition avec le milieu naturel le long de la ravine …
- Une végétation à l'entretien plus léger en bord de ravine et le long des grands axes routiers (prairie et quelques sujets arborés)
- Un terre-plein minéral ou prairie entre le TCSP et les chaussées latérales : restauré aux endroits dégradés dans le cadre des travaux
- La plantation d'arbres d'ombrages et massifs arbustifs sur les bandes latérales

Focus sur la ravine : La ravine étant recalibrée, l'objectif est de retrouver un milieu propice au développement des essences pionnières et adaptées à ce type de milieu.

Zone amont milieu peu humide : Ce secteur hors RAMSAR, considéré comme sec porte moins d'enjeux. Le principe de traitement de lit en continuité de la zone 1 par un principe de dépression humide et d'un premier couvert de Cynodon est intéressant.

Les berges amont (côté axe mixte) seront plantées d'essences forestières inspirées des essences de ripisylves et de la forêt semi sèche.

Figure 178 Croquis d'ambiance de la ravine la Plaine, zone sèche

Zone aval, milieu humide :

L'objectif est d'assurer dans le secteur une démarche exemplaire permettant une résilience accrue de la zone humide et la continuité écologique des ripisylves.

Le lit de la ravine sera composé de dépressions humides, favorisant la stagnation d'eau et la venue du *Paspalidium.* Les graines pourraient provenir des sédiments stockés, une première couverture de cynodon en période sèche permettra de stabiliser le lit.

Le projet prévoit la suppression du radier existant sur la ravine la Plaine.

Ce passage en radier impacte le paysage d'une des rares ouvertures visuelles vers l'etang.

Figure 179 Le passage en radier à l'état initial

lxxxii. Il est projeté de supprimer ce radier et d'aménager à son endroit une passerelle piétonne du même type que celle qui traverse la ravine de l'étang juste à l'aval.

Figure 180 La passerelle qui traverse la ravine de l'étang de Saint Paul, Photo G. PAYET

Figure 181 Croquis d'ambiance de la ravine recalibrée au niveau du radier existant

- **<u>Les noues et bassin de rétention.</u>**

lxxxiii. Réalisation de noues associant collecte d'eau et végétation multistrates

Les noues constituent le moyen de gestion des eaux sur les deux secteurs.. Il s'agit de rendre visible le parcours de l'eau tout au long de son chemin du haut vers le bas et freiner les écoulements jusqu'au rejet. Pour ce faire, le sol des noues est déstructuré et préparé de terre végétale pour les plantations et d'enrochement, avec des murets disposés le long du parcours. Ils écrêtent les débits de pointe, limitent l'érosion en limitant les vitesses et favorisent l'infiltration.

<u>Association de végétaux et de collecte de l'eau.</u> Les végétaux profitent des apports en eau et, par leur enracinement imbriqué dans les pierres et rochers inclus dans la constitution de la noue, stabilisent la terre du fond de la noue et limitent ainsi l'érosion du sol.

La terre végétale de bonne qualité est un milieu vivant très riche en bactéries utiles. Celles-ci servent en effet à transformer les matières organiques (déchets végétaux, hydrocarbures etc.) et minéraux assimilables par les végétaux pour assurer leur croissance : ainsi, les plantes et les bactéries qui vivent dans la terre en contact avec les racines des végétaux sont capables de « digérer » ces pollutions et d'être de véritables micro stations d'épuration.

Les végétaux associés à la noue prospèrent mieux et participent au confort climatique par leur ombrage et leur évaporation.

Pour pouvoir associer végétaux arbustifs/ arbres (et répondre ainsi au cahier des charges de l'Ecocité sur le paysage et le confort urbain) à une noue dont le rôle de conduction d'eau et d'épuration est prépondérant, il s'agit de la compartimenter pour quelle puisse rendre ces deux services.

En effet la planter d'arbre et d'arbustif de façon uniforme et dense conduirait à un colmatage de la noue, à une réduction sensible de son volume utile, à créer des embâcles et ne permettrait par ailleurs pas de l'entretenir et de la curer.

Il a donc s'agit de créer une noue avec une rive dédiée à la plantation d'arbres et arbustes avec une pente douce de 1V pour 3,5H. Les arbres sont distants de 5m les uns des autres. L'autre rive et le radier de la noue sont plantées d'herbacées qui se couchent lors des crues et qui jouent le rôle de peigne pour la pollution. L'eau qui ruisselle emporte avec elle les pollutions provenant principalement des espaces circulés : caoutchouc des pneus, fuites d'huiles et liquides divers, projection de particules provenant des gaz d'échappement. La grande partie des huiles et du caoutchouc reste en surface et se décompose par l'action de l'air, du soleil et des plantes adaptées aux pollutions rencontrées.

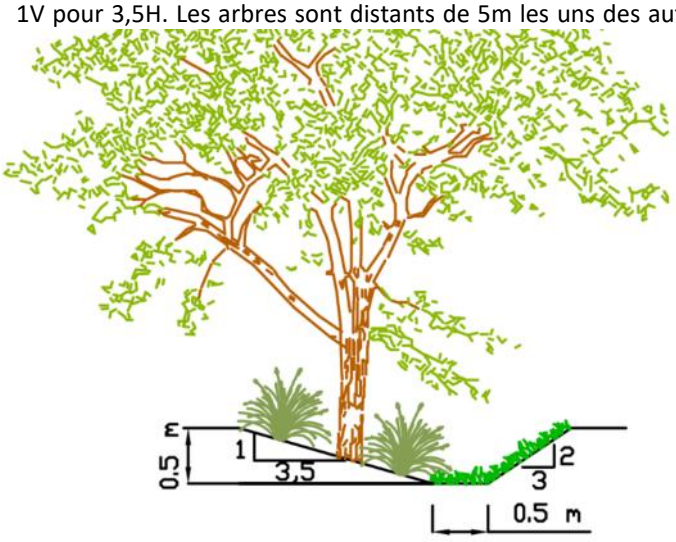


Figure 182 Coupe type de la noue

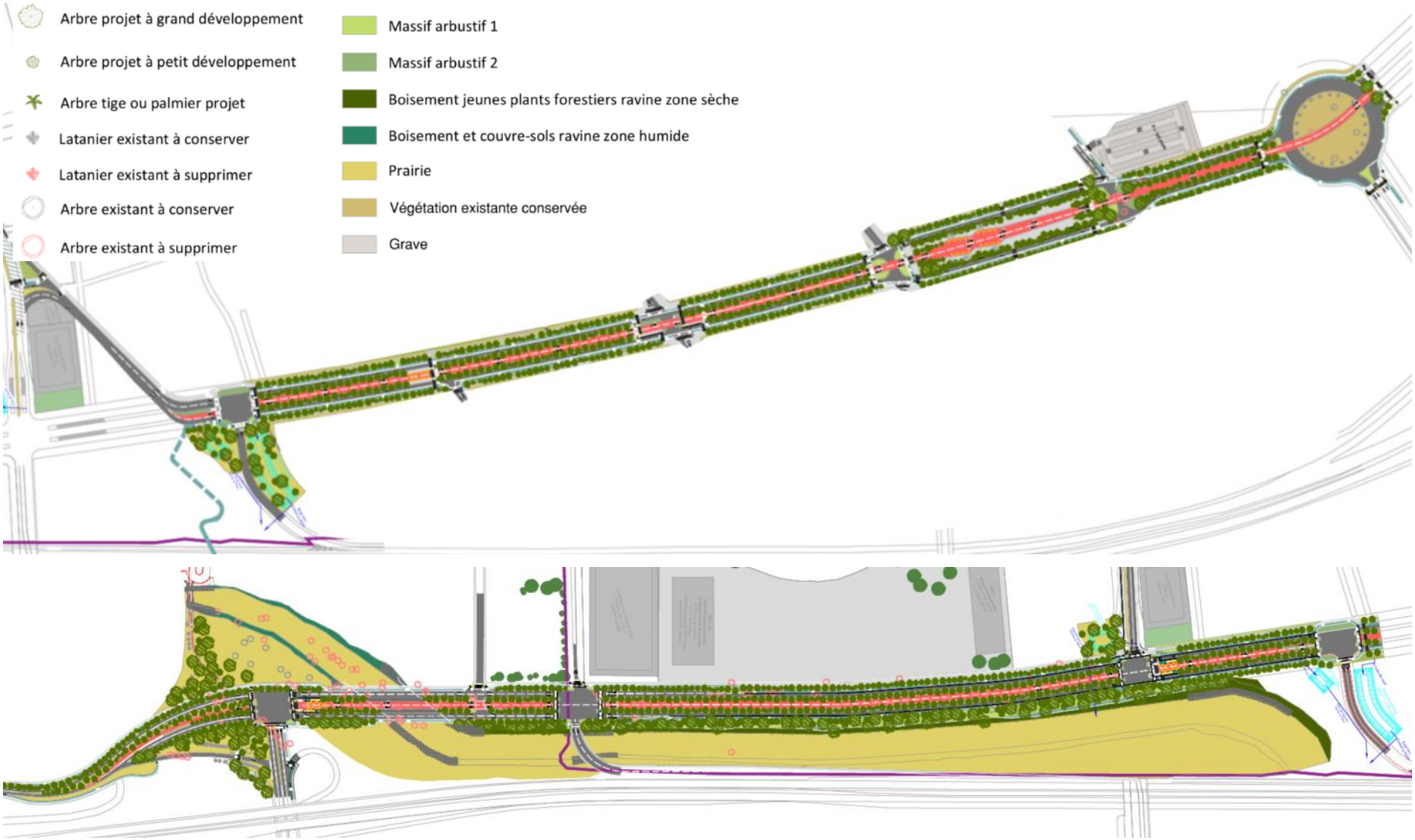
Lors des entretiens, les déchets de tonte des noues sont exportés du site après avoir été laissés 4 jours au sol pour limiter l'impact sur la faune.

Un décapage des sols pourra être opéré en cas de pollution accidentelle.

Les espèces projetées

S'agissant d'une infrastructure de transport, la majeure partie des espaces plantés est constituée par les noues, mais d'autres espaces sont également plantés. Les délaissés mises à jour par la transformation de l'infrastructure existante sont valorisés en espace paysager.

Le plan paysager présenté ci-dessous décrit les espaces plantés sur les secteurs 1 et 2.


Arbre projet à grand développement
Arbre projet à petit développement
Arbre tige ou palmier projet
Latanier existant à conserver
Latanier existant à supprimer
Arbre existant à conserver
Arbre existant à supprimer
Massif arbustif 1
Massif arbustif 2
Boisement jeunes plants forestiers ravine zone sèche
Boisement et couvre-sols ravine zone humide
Prairie
Végétation existante conservée
Grave

- Intentions de plantations en strate basse sur les noues :

Compte tenu du climat sec, aucune espèce hygrophile n'est implantée dans les noues. Les espèces envisagées en rive plantée sont Lys péi *Crinum asiaticum*, Bulbine *Bulbine futescens*, Vacoa nain, Vacoas panaché, Doliprane *Plectranthus mochilua*, Aloe, Mazambron marron et Dianella panaché , Goutte de sang *Russelia equisetiformis*, Euphorbe geraldii, Pittosporum nain *Pittosporum tobira nana*, bois de paille en queue *Monarrhenus salicifoliuse* et Romarin rampant.

Sur le radier et la seconde rive, le mélange herbacé projeté est composé de *Cynodon dactylon, heteropogon contortus*,. Ces espèces jouent un rôle de peigne pour la pollution sur les bassins versants exutoire des eaux que constituent la masse d'eau stratégique souterraine SDAGE et la réserve naturelle de l'etang de saint Paul.

- Intention de plantation en strate haute sur les noues :

Pour les palmiers : Latanier rouge Latania lontaroides ; Palmier de Madagascar *Dypsis madagascariensis* ; Palmier Bétel *Areca catechu* ; Palmier poison *Hyophorbe indica* ; Palmier Mac Arthur *Ptychosperma macarthurii*

Pour les arbres, Benjoin *Terminalia bentzoe*; Mantaly (Benjoin blanc) *Terminalia mantaly*; Arbre à miel *Inga laurina* ; Bois blanc rouge *Poupartia borbonica* ; Bois Rouge *Cassine orientalis* ; Pomme jacquot *Mimusops coriacea* ; Takamaka *Calophyllum inophyllum* ; Neem, Margousier *Azadirachta indica* ; Grand natte *Mimusops maxima*

- Pour les espaces hors noues –en surlageur et à distance des enrobés :

Pour les arbres : Flamboyant *Delonix regia* ; Baobab *Adansonia digitata* ; Palmier triangle *Dypsis decaryi* ; Tamarin *Tamarindus indica* ; Bancoulier *Aleurites moluccana*

Pour les massifs : Frangipanier *Plumeria sp*. ; Veloutiers gris *Tournefortia argentea* ; Mahot tantan *Dombeya acutangula* ; Bois de sable *Indigofera amoxylum* ; Bois de chandelle ; Bois de chenille *Clerodendrum heterophyllum* ; Bois d'huile *Erythroxylum hypericifolium* ; Bois *puant Foetidia mauritiana* ; Bois maigre *Nuxia verticillata* ; Bois de joli cœur *Pittosporum senacia* ; Bois de pintade *Coptosperma borbonica* ; Bois de sureau *Leea guineensis* ; Café fleur *Tabernae montana coronaria* ; *Turnera Turnera ulmifolia* ; Lys péi *Crinum asiaticum*, Bulbine *Bulbine futescens*, Vacoa nain, Vacoas panaché, Doliprane *Plectranthus mochilua*, Aloe, Mazambron marron et Dianella panaché , Goutte de sang *Russelia equisetiformis*, Euphorbe geraldii, Pittosporum nain *Pittosporum tobira nana*, bois de paille en queue *Monarrhenus salicifoliuse* et Romarin rampant *Rosmarinus officinalis 'Repens'*.

- Pour la ravine

lxxxiv. Renaturation de la ravine

Rappelons que le projet de prolongement de l'axe mixte de Saint-Paul comprend le recalibrage de la ravine la plaine depuis l'aval de l'OA RN1 jusqu'au radier du quartier Jacquot, démoli au profit d'une passerelle modes doux ; la liaison VL existante du radier étant supprimée et reportée sur les carrefours amont.

Le recalibrage vise à déplacer les portions de ravine, impactées par l'axe mixte hors de ces emprises et à porter la capacité hydraulique du tronçon remanié à Q10.

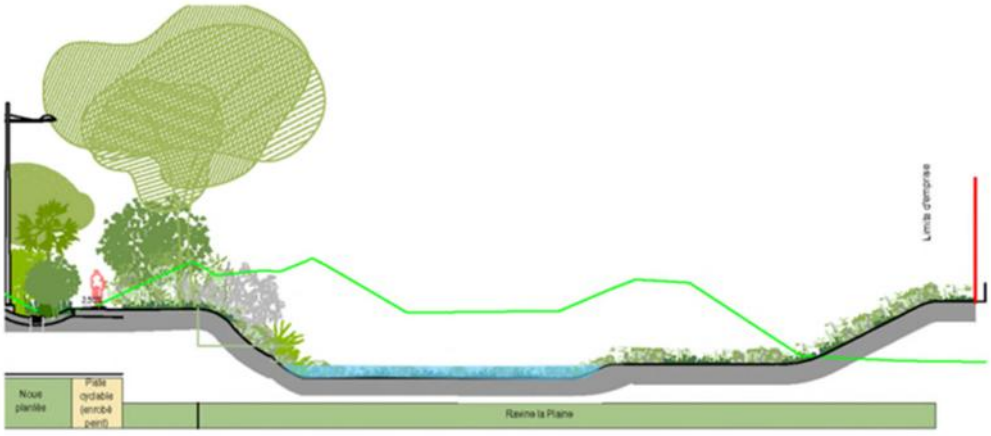
Le projet de plantations de la ravine comprend :

- Sur les berges, côté axe mixte : la plantation de massifs boisés de jeunes plants de forêt semi sèche
- Dans le lit de la ravine : une prairie de graminée formée de *Cynodon dactylon ; heteropogon contortus, Acalypha filiformis, Hibiscus ovalifolius, Pellea viridis, Ctenitis, et Pteris…*

Et nous distinguons sur la ravine deux secteurs. **Le secteur A** qui correspond à une ravine en eau, et **le secteur B** au profil de ravine sèche.

Sur le secteur A, les intentions de plantation sont Hibiscus *Hibiscus littoralis* ; Mahot bord de mer *Hibiscus tiliaceus* ; Porcher / Bois de rose *Thespesia populnea* ; Bois de peinture *Thespesia populneoides* ; Herbe bourrique *Ludwigia octovalvis* ; Herbe de riz Paspalum (Setaria) geminatum ; Paspalum *Paspalum vaginatum* ; Massette australe *Typha domingensis.*

Ces plantations seront aménagées sur un profil de ravine alternant zones en eau et zones émergées, tel que présenté sur le profil ci-dessous :



Sur le secteur B, les intentions de plantation sont

- dans le lit de la ravine des espèces prairiales formées de *Cynodon dactylon ; heteropogon contortus, Acalypha filiformis, Hibiscus ovalifolius, Pellea viridis, Ctenitis, et Pteris…*
- sur les berges, des essences de ripisylve et de forêt semi sèche : Benjoin *Terminalia bentzoe* ; Bois d'arneth *Dodonaea viscosa* ; Bois de balai (petit quivi) *Fernelia buxifolia* ; Bois de chandelle *Dracaena reflexa* ; Bois de gaulette *Doratoxylon apetalum* ; Bois de juda Cossinia pinnata ; Bois d'olive Olea *europea subs.*

Cuspidata ; Bois de senteur blanc *Ruizia cordata* ; Bois de sureau *Leea guineensis* ; Bois de tension *Pouzolzia laevigata* ; Bois puant *Foetidia mauritiana* ; Bois rouge Cassine orientalis ; Mahot tantan *Dombeya acutangula* ; Latanier rouge *Latania lontaroides.*

- Les matériaux et le mobilier :

Le projet a fait l'objet de choix qui ne sont pas uniquement liés au paysage, mais également à l'albedo, à la sécurité des usagers, à la recherche du moindre impact environnemental. Les raisons des choix sont à retrouver dans les paragraphes dédiés à ces enjeux.

L'ambiance du projet est illustrée par les perspectives ci-après :

Perspective de l’aménagement en section courante du secteur 1

Perspective de l’aménagement du PEM du secteur 1

Perspective de l’aménagement en section courante du secteur 2 le long de la Ravine

Compensation/suivi/accompagnement :

lxxxv. Suivi de plantation

- Les principes d'arrosage

Dans l'optique de limiter l'utilisation de la ressource en eau tout en permettant le bon développement des végétaux le projet prévoit la mise en place :

- D'un réseau d'arrosage automatique piloté par un système de télégestion > Pour les arbres et massifs arbustifs
- D'un réseau de clapets-vannes pour arroser les berges des ravines jusqu'à la reprise des végétaux > Pour les prairies dans la ravine.

Un réseau d'arrosage est existant au droit de l'axe mixte existant se raccordant sur le réseau d'eau agricole (eau brute). Le raccordement sera effectué sur ce réseau d'eau brute afin de limiter les coûts liés à la consommation d'eau. Une dissociation entre l'arrosage central et latéral sera mise en place.

Le système de télégestion permet le pilotage à distance du système, le suivi des consommations et apports en eau et le raccordement à un système de réseau plus large sur l'Ecocité. La régulation des apports et la gestion du système en fonction des aléas climatiques constitue donc un véritable atout en termes de gestion de la ressource en eau.

Le matériel de télégestion utilisé doit être compatible avec le logiciel utilisé par les services techniques.

Le projet prévoit :

- Le raccordement sur réseau d'eau brute
- Une unité centrale de télégestion
- Une électrovanne pour les noues centrales et une pour les noues latérales pour chaque tronçon pour ajuster indépendamment la fréquence d'arrosage
- Un réseau primaire Ø 75 par secteur
- Des réseaux secondaires Ø 50, 32 et 25 pour desservir les différentes bandes plantées
- Des rampes de goutte-à-goutte Ø 16 pour chaque massif planté
- Des antennes de goutte pour les arbres
- Des clapets-vannes pour l'arrosage des berges de la ravine et des espaces avec prairie
- Les équipements techniques pour prêtre la filtration de l'eau, la mise en sécurité et le bon fonctionnement du réseau d'arrosage (filtre à sable, regard de visite, régulateur de pression, purges…)

L'arrosage doit permettre une réduction progressive des apports en eau des arbres afin d'accompagner la réduction des besoins des plantes. Cependant, au vu des caractéristiques sèches du milieu, le maintien d'apports en eau en période de sécheresse est à conserver.

- Le contrat de culture

Les ambitions du projet et le caractère limité du marché de végétaux sur l'ile de la Réunion guident vers l'usage d'un « contrat de culture ».

- Nature du contrat

Le contrat de fourniture des végétaux peut s'organiser en deux grands types :

- Le contrat de réservation : réservation de végétaux de grande hauteur déjà en culture en pépinière (arbres), avec plusieurs mois ou années d'avance, offrant ainsi des quantités suffisantes pour assurer une gestion des stocks dans le temps.
- La mise en culture : Le « contrat de culture » consiste à mettre en culture des végétaux en pépinière, les produire et les accompagner en vue de leur mise en place à terme sur le projet. Cela concerne de très jeunes pousses, qui ont une qualité écologique très forte.

En grandissant en symbiose avec leur environnement, ces végétaux participent à la régénération du sol, à l'enrichissement du milieu, ou encore à la qualité de l'air.

- Le phasage des plantations

Les végétaux issus du contrat permettent une réservation de végétaux adaptés au projet et au site. Les végétaux réservés et les végétaux issus de graines ou de bouturage, sont mises en culture dans des pépinières situées dans la même zone géographique, (ouest de l'ile) pour que les conditions de sol et de climat soient similaires à celles de notre projet.

Les phases de plantations sont organisées prioritairement durant la période de fin d'hiver entre septembre et novembre estivale pour favoriser la reprise des végétaux. Il est nécessaire qu'ils soient en place avant l'été, avant leur « montée de sève », pour assurer une croissance privilégiée.

Ces campagnes de plantation seront articulées en cohérence avec le phasage de réalisation des 2 secteurs. Au vu des délais de réalisation envisagés, le **contrat de culture doit être lancé dès que possible lorsque la nature et la quantité des végétaux est connue et stabilisée dès la phase PRO-DCE.**

- Le suivi du contrat

Dans le cadre du suivi du contrat, le maitre d'ouvrage est commanditaire de ce marché de fourniture auprès des pépinières dont la supervision est assurée par la maitrise d'œuvre. Des vérifications régulières sont ainsi à mener par la maitrise d'œuvre :

- Contrat de réservation, déplacement en pépinières pour choisir et marquer les arbres. Un simple collier numéroté permet d'identifier les végétaux
- Contrat de culture, déplacement 3 à 4 fois par an en pépinière pour s'assurer que les quantités provisionnées et la qualité de production sont satisfaisantes

La mise en culture des végétaux peut prendre place sur des terrains de Cambaie que l'Ecocité destine à de l'agriculture provisoire (entre 5000 m² et 10 000m² sont nécessaires). Ce sont les pépinières qui sont garantes du suivi de la culture et devront à ce titre installer les structures nécessaires au bon développement du végétal. Les conditions de cette mise à disposition sont à recroiser avec le GIP Ecocité.

- Une transplantation en pépinière pour les arbres conservés,

Les arbres que l'on choisit de conserver sont des arbres jeunes, car ils supportent mieux la transplantation. Ils seront replantés sur site ou réintroduits sur le secteur.

- La gestion et exploitation

Financé par la Région, l'entretien sera réalisé pendant 5 ans par l'entreprise en charge des travaux de plantation pour conforter le projet de plantation.

Au-delà, la gestion sera assurée par la collectivité Mairie de Saint Paul dans le respect d'une charte de gestion écologique.

→ Impact positif, permanent

Enjeu Paysage	Impacts du projet		Impacts après mesures
Faible à fort	Phase Travaux	Modéré	Faible à modéré
	Phase exploitation	Faible à fort	Faible à positif

7.5 SYNTHESE DES IMPACTS MESURES

Intensité de l'impact	Positif	Négligeable	Faible	Modéré	Fort

Tableau 47 Tableau de synthèse reprenant les enjeux identifiés à l'état initial, les impacts du projet en phase travaux et en phase d'exploitation, les mesures identifiées pour Eviter Réduire et Compenser et l'identification des impacts résiduels post mesures

Milieu cible	Enjeu à l'état initial	Impacts par phase		Impact brut	Mesure d'évitement	Mesures de réduction	Impact résiduel	Mesure de compensation ou de suivi	Impact résiduel
MILIEU PHYSIQUE									
<u>Climat</u> Changement climatique	Le climat de la zone de Cambaie est l'un des plus chauds de l'île de la Réunion. On enregistre sur la commune du Port le record de température de l'île avec un relevé à 36,9°C le 6 mars 2005. Les températures moyennes les plus élevées (>28°C) sont situées entre 11h et 17h durant les mois de décembre, janvier, février, mars et avril. Les plus gros pics de températures interviennent courant février.	Travaux	Les effets de la chaleur sont particulièrement prégnants sur un chantier	Fort	/	i Les entreprises appliqueront des mesures de prévention des risques professionnels liés aux grandes chaleurs	Faible	/	Faible
		Exploitation	Le projet d'axe mixte créé une artificialisation nouvelle sur 2,7ha sur un périmètre d'intervention de 16,6 ha.	Modéré	/	ii la végétalisation des voies, iii maximiser la perméabilité, le projet est perméable sur 9,2 ha, soit sur environ 55% de la superficie. iv maximiser l'albédo. Sur les 7,5ha de surfaces imperméabilisées, le projet prévoit des surfaces claires sur 3,7 ha, soit 50% des surfaces imperméabilisées.	Positif	/	Positif
Relief, sols et sous sols	Le site est localisé en front de mer, dans une zone globalement plane. La topographie est néanmoins marquée localement par des dépressions d'anciennes carrières. Au niveau qualité des sols, le secteur 1 est concerné par des sols peu évolués d'apport sur galets non altérés à matrice sablo-basaltique. Dans le secteur 2 on trouve le même type de sol puis à mesure que l'on se rapproche de l'étang, d'abord des sols peu évolués et hydromorphe en profondeur en partie et des sols hydromorphes inondés ou totalement engorgés.	Travaux	Le projet tout secteur confondu entraîne un excédent de déblais de 83 000 m3. Le projet engendre par ailleurs un besoin de remblais 65 500 m3. Les études de pollution des sols ont décrit l'absence de pollution. Le projet d'axe mixte créé une artificialisation nouvelle sur 2,7ha.	Fort	/	v Le réemploi des matériaux est privilégié. Notez néanmoins qu'en raison du phasage des secteurs 1 (carrière SCPR) et 2 (recalibrage de la R. la Plaine), il n'est pas possible d'utiliser les déblais de la ravine en remblai dans l'ancienne carrière. Les sols feront l'objet d'essai en laboratoire pour déterminer les possibilité et condition de leurs réemplois. vi Le maitre d'ouvrage s'assurera du caractère inerte des sols exportés. vii Les déblais non valorisés s'ils sont décrits inertes seront transférés dans des installations de stockage des déchets inertes. viii. Le maitre d'ouvrage émettra des Bordereaux de Suivi des Déchets.	Faible à modéré	ix Contrôle de la filière déchet dans le cadre du suivi environnemental de chantier	Faible à modéré
		Exploitation	Sans impact	Nul	/	/	Nul	/	Nul
Hydrologie, hydrogéologie et qualité des eaux	La majorité du projet est à l'état initial sur le bassin versant de la Ravine la Plaine dont l'exutoire, l'étang de Saint Paul, est classé en Réserve Naturelle Nationale.	Travaux	Le projet prévoit de reprendre le lit mineur de la ravine la Plaine et de l'élargir. Ces travaux vont inévitablement induire des apports terrigènes dans la masse d'eau avec un risque d'anoxie du milieu ;	Faible à fort	/	<u>Concernant la plateforme routière et la Zone PPR Oméga</u> - Pour lutter contre et traiter la pollution chronique :	Modéré	IX) Suivi environnemental de chantier	Faible à modéré

Milieu cible	Enjeu à l'état initial	Impacts par phase		Impact brut	Mesure d'évitement	Mesures de réduction	Impact résiduel	Mesure de compensation ou de suivi	Impact résiduel
	Concernant les masses d'eau souterraine, la zone d'étude est concernée par la Masse d'Eau (ME) souterraine FRLG112 identifiée comme ressource stratégique d'alimentation en eau potable par le SDAGE. L'état chimique de la masse d'eau est décrit d'état médiocre en 2019. L'objectif de bon état est reporté à 2039. Les relevés piézométriques indiquent un radier de la ravine la Plaine en eau sur les 1/3bas du périmètre d'étude, c'est-à-dire de l'etang jusqu'à la limite Sud du parc expo. Plus haut, en limite Nord du secteur 1, une portion de la zone d'étude est concernée par le Périmètre de Protection Rapproché (PPR) du forage AEP Oméga.		Les travaux en PPR oméga sont très limité, il s'agit d'une reprise du trottoir existant. Concernant la plateforme routière, le projet est susceptible de créer des pollutions de diverses origines en lien avec l'utilisation de produits et matières toxiques pour le milieu aquatique pendant les travaux en tant que tel, à l'occasion des ravitaillements des engins de chantiers, pour les bases vie-sanitaire des équipes de travail…			x. Réalisation des bassins tampons et noues dès le début des travaux xi. Entretien des engins : L'entretien des engins de travaux sera réalisé en dehors du périmètre du chantier. Une vigilance sera apportée aux fuites d'huiles des engins. xii. L'usage de substances toxiques ou dangereuses sera limité au maximum xiii. Bases vie et stockage des produits dangereux hors zone rouge PPRn et du Périmètre de Protection forage Oméga. xiv. Ravitaillement des engins de chantier. Sur les sites d'installation de chantier, le ravitaillement des engins de chantier sera réalisé sur une aire étanche xv. La laitance de nettoyage des engins et outils à béton sera déversée dans des fosses étanches - Pour lutter contre les pollutions accidentelles xvi. Information et formations des entreprises de travaux sur les procédures à suivre en cas de pollution accidentelles xvii. En fonction des caractéristiques de la pollution, des procédés de traitement des eaux et/ou des sols devront être mis en œuvre. xviii. Compactage des pistes de chantier lors de leur réalisation. <u>Concernant le recalibrage de la Ravine la Plaine, les travaux de franchissements de la R. la Plaine et la suppression du radier</u> xix. Les travaux sont réalisés majoritairement en période sèche. xx. Mise en place d'un filet anti MES à l'aval du radier xxi. Elargissement du lit mineur principalement réalisé depuis les berges et profilage du lit de la ravine favorable à la biodiversité xxii. Suivi journalier du PH, en amont et en aval des travaux xxiii. Suivi de la turbidité pour les travaux en cours d'eau			
		Exploitation	Le projet prévoit de dévier les eaux du bassin versant amont (eaux de débordements de la ravine Piton Defaud).	Modéré	xxiv. Utilisation de produits phytosanitaires proscrites	xxv. Ouvrages de traitement des eaux pluviales xxvi. il est mis en place des vannes de fermeture manuelle disposées en aval de chaque noue dite latérale (c'est-à-dire celles	Faible	xxviii. Le gestionnaire des voies assure le suivi des dispositifs de gestion de l'eau	Faible

Milieu cible	Enjeu à l'état initial	Impacts par phase		Impact brut	Mesure d'évitement	Mesures de réduction	Impact résiduel	Mesure de compensation ou de suivi	Impact résiduel
			Le projet prévoit la collecte des eaux de la plateforme routière par des ouvrages de collectes à ciel ouvert, les « noues », et par des bassins tampons. Ces systèmes permettent d'abattre les polluants mais les rejets ne respectent néanmoins pas les seuils vis-à-vis des matières en suspension, de la DCO, du cadmium et des hydrocarbures totaux.			recueillant les eaux pluviales des chaussées VL/PL) et de chaque bassin de rétention. L'objectif est que l'exploitant puisse être averti le plus rapidement possible par les services de secours intervenant sur la zone afin qu'un opérateur ferme la vanne concernée ; xxvii Prise en charge de la pollution : Une fois la pollution cantonnée, le gestionnaire des espaces noues et bassins pompe dès que possible les eaux souillées contenues dans l'ouvrage (afin de les traiter) avant de procéder à un nettoyage complet de l'ouvrage ayant subi cette pollution : Elimination des végétaux souillés, en particulier les herbacées ; Curage de l'ouvrage (noue et/ou bassin de rétention) sur une épaisseur à déterminer (30 à 50 cm environ), vidange des séparateurs et évacuation des matériaux extraits (pour traitement) ; Mise en place d'une nouvelle couche de matériaux et de végétaux.			
Risque inondation	L'emprise du projet est concernée par l'aléa faible, moyen et fort. La partie qui concerne la ravine la Plaine est concernée par l'aléa fort. La capacité hydraulique actuelle de la Ravine La Plaine est inférieure à la crue décennale sur son tronçon compris entre la RN 1 et l'étang Saint-Paul et que des débordements vers le quartier Jacquot sont ainsi relevés dans le secteur du stade dès la crue décennale	Travaux	Tous les travaux en cours d'eau nécessiteront la présence d'engins (pelles, camions, toupie, moyens de levages entre autres) et d'aménagements (coffrages, échafaudages entre autres) dans le lit mineur de la ravine le Plaine, constituant : - des obstacles à l'écoulement des crues ayant pour effet la modification des conditions d'écoulement : rehausse de la ligne d'eau, augmentation des vitesses, - des matériels potentiellement mobilisables pouvant impacter les aménagements aval sur la ravine : Radier routier, Etang de Saint Paul Les aménagements des pistes d'accès au lit mineur modifieront la section hydraulique du cours d'eau Les travaux de recalibrage vont induire des déblais qui constituent un risque d'obstruction des conditions d'écoulements s'ils sont stockés dans le lit mineur. Rappelons que 26 000 m3 sont déblayés du lit mineur de la Ravine La Plaine. Les travaux de réalisation des ouvrages de franchissement vont modifier la section hydraulique de façon pérenne	Fort	xxix. Les travaux en zone rouge au PPR seront réalisés autant que possible pendant la période sèche	xxx. une surveillance météorologique xxxi. Formation du personnel présent sur les risques et sur le système d'alerte des secours en cas d'incident ; xxxii. En cas d'annonce d'avis de forte pluie ou d'alerte cyclonique, des actions seront entreprises immédiatement xxxiii. Mise en place de dispositifs permettant de protéger les aménagements non évacuables (échafaudage par exemple) :. xxxiv. Sur la réalisation des pistes et des culées, elles seront réalisées en période sèche. Les pistes devront assurer une transparence hydraulique ; Elles seront fusibles en cas de crue	Faible	/	Faible
		Exploitation	Les aménagements du projet se traduisent, soit par des aléas identiques à ceux observés pour la situation actuelle, soit par des aléas réduits. Pour les crues les évolutions du comportement hydraulique générées par le projet d'Axe Mixte retenu sont la suppression des débordements	Positif	La recherche du meilleur scenario est une mesure d'évitement des scenarii les moins	La pérennité des ouvrages de franchissement est garantie par les mesures constructives	Positif	/	Positif

Milieu cible	Enjeu à l'état initial	Impacts par phase		Impact brut	Mesure d'évitement	Mesures de réduction	Impact résiduel	Mesure de compensation ou de suivi	Impact résiduel
			observés sur la partie nord du quartier Jacquot (rive droite en amont et en aval du radier actuel) et forte diminution des hauteurs d'eau maximales sur la partie sud de ce quartier. Cette évolution constitue un gain très fort en termes de réduction de la vulnérabilité des enjeux : le gain concerne en effet des enjeux forts du territoire (zone d'habitat dense) et fréquemment inondé. Le projet apporte donc une très forte amélioration de la situation actuelle pour les habitants du Quartier Jacquot. Pour les deux trentennale étudiées, le projet permet de mettre hors d'eau les secteurs nord du Quartier Jacquot et de réduire les hauteurs d'eau maximales pour les secteurs sud de ce quartier. Pour les crues Q100, le projet d'Axe Mixte génère, comme pour les crues plus faibles, une forte réduction de l'inondation de la zone. Une partie de ce quartier est même sorti de la zone inondée par les aménagements retenus.		favorables à l'enjeu risque inondation				

Milieu cible	Enjeu à l'état initial	Impacts par phase		Impact brut	Mesure d'évitement	Mesures de réduction	Impact résiduel	Mesure de compensation ou de suivi	Impact résiduel
Habitat flore	On observe quatre formations naturelles d'intérêt fort toutes localisées sur la ravine la Plaine. Les savanes herbacées présentent un intérêt modéré. Les inventaires ont montré que l'aire d'étude rapprochée est largement dominée par les espèces exotiques avec plus de 75% des espèces recensées comme telles. Sur les 121 espèces végétales recensées, 15 espèces sont reconnues « envahissantes ou très envahissantes en milieu naturel » Dans l'aire d'étude rapprochée, 20 espèces présentent des enjeux de conservation dont 11 pouvant être considérés comme majeur ou fort	Travaux et Exploitation	Les habitats naturels qui seront directement détruits par l'emprise du projet sont : - 87.191 - Savanes herbacées (12 600 m² impactés) ; - 59.211 - Végétation marécageuse de basse altitude (3 420m² impactés). Les habitats secondaires qui seront directement détruits par l'emprise du projet sont : - 87.193 Fourrés secondaires de diverses espèces exotiques à tendance semi xérophile (72 380m² impactés) - 87.191 x 87.193 Savanes herbacées en cours d'embroussaillement (21 670m² impactés) Concernant la flore remarquable inventoriée, Zornia Gibbosa, espèce protégée sera impactée (32 stations au total) ainsi que Phragmite Mauritianus, espèce également protégées et impactées sur 300m2 par l'emprise directe du projet. Le recalibrage de la ravine va avoir pour effet la destruction d'habitats marécageux situés en aval de la ravine, notamment les roselières et les prairies humides. En effet, les travaux de recalibrage vont créer une remise en suspension des sédiments. Cette turbidité, si elle n'est pas contrôlée, pourrait avoir un impact sur les roselières et les prairies humides en aval du projet et notamment Nesea triflora, Setaria geminata, Typha domingensis et Paspalum vaginatum. L'impact brut sur la ravine la Plaine est négatif, direct et indirect, permanent et fort. Impact des déchets et des pollutions accidentelles sur les habitats et la flore en phase travaux Ce risque existe en phase chantier par la fréquentation importante de l'aie d'étude par les entreprises et leur personnel et par l'apport et l'utilisation de divers matériaux emballés, conditionnés ou polluants issus des engins de chantier par exemple. L'impact brut est négatif, direct et indirect, temporaire et fort. Impact de la prolifération des espèces végétales invasives en phase travaux Impact brut négatif, permanent, direct et indirect et fort	Fort	xxxv. Balisage des espèces floristiques à enjeu en amont de la phase chantier	xxxvi. Mesure de biosécurité en phase chantier xxxvii. Gestion des pollutions accidentelles et qualité de l'eau durant la phase travaux xxxviii. Renaturation de la partie avale de la ravine La Plaine xxxix. Déplacement des horizons superficiels du sol (Zornia) xl. Limiter la propagation des espèces exotiques envahissantes	Modéré	xli. Coordination environnementale de chantier xlii. Suivi écologique des milieux reconstitués xliii. Création habitat Phragmite xliv. Suivi de la mesure Phragmite	Faible
Faune	**Entomofaune :** Au sein de l'aire d'étude rapprochée, aucune espèce protégée n'est présente et 5 taxons présentent un enjeu spécifique dont un qualifié de moyen sur l'aire d'étude rapprochée. La présence de	Travaux	Pendant les travaux, réside un risque de destruction d'habitats d'espèces et/ou de nichées et/ou de perturbation de la faune dans le cas de proximité immédiate de zones favorables à leur reproduction.	Modéré à fort	xlv. Proscription des travaux nocturnes	La faune bénéficie des mesures Biosécurité en phase chantier, Gestion des pollutions, et Renaturation de la Ravine la Plaine xlvi. Adaptation de la période des travaux en dehors de la période de reproduction de la faune	Faible	xl. Coordination environnementale de chantier xli. Suivi écologique des milieux reconstitués	Faible

Milieu cible	Enjeu à l'état initial	Impacts par phase		Impact brut	Mesure d'évitement	Mesures de réduction	Impact résiduel	Mesure de compensation ou de suivi	Impact résiduel
	milieux aquatiques et la proximité avec l'Etang Saint-Paul rendent le sud de la zone d'étude particulièrement attractif au groupe des insectes. Les savanes de la zone d'étude présentent une biomasse (grande quantité d'insectes) importante rarement observée ailleurs sur l'île. **Reptiles et amphibien** : Au sein de la zone d'étude, 1 espèce protégée (caméléon panthère) est présente et constitue un enjeu spécifique faible au niveau des boisements. **Oiseaux** : Sur l'aire d'étude rapproché, 23 espèces d'oiseaux ont été observées et 3 autres espèces sont considérées comme présentes au regard de la bibliographie disponible. Parmi ces espèces, 10 d'entre elles sont indigènes : 4 espèces se reproduisent sur la zone d'étude ; 3 espèces s'alimentent sur la zone d'étude ; 3 espèces transitent sans interaction directes avec la zone d'étude. Le cours d'eau au sud de la zone d'étude représente un habitat de reproduction de la Gallinule poule d'eau (*Gallinulla chloropus pyrrhorrhoa*) et du Héron strié (*Butorides striata*). Hormis ces milieux humides, la zone d'étude est typique des habitats de basse altitude à La Réunion. L'ensemble des boisements et fourrés de la zone d'étude est favorable à la reproduction de la Tourterelle malgache (*Nesoenas picturata*) et du Zosterops des Mascareignes (*Zosterops borbonicus*) ; à l'alimentation du Busard de Maillard (*Circus maillardii*), de l'Hirondelle des Mascareignes (*Phedina borbonica borbonica)* et de la Salangane des Mascareignes (*Aerodramus francicus*).		<u>Recalibrage et réalisation des ouvrages d'art</u> :. Le risque de destruction d'habitat réside donc lors de la réalisation des ouvrages d'arts et du recalibrage de la ravine mais aussi dans le potentiel risque de pollution (MES) dans le lit de rivière. <u>Tous travaux</u> : Concernant le Caméléon panthère, l'impact brut est jugé moyen. L'impact brut pour la destruction et/ou altération des habitats pour les chiroptères est jugé faible car les colonies connus des deux espèces ne sont pas concernées par l'emprise projet. → L'impact brut de destruction d'habitat d'espèce ou perturbation de la faune est considéré comme négatif, direct et indirect, temporaire et permanent et moyen à faible pour la faune. <u>Impact des éclairages sur l'avifaune en phase de travaux</u> Pendant la phase de travaux, en cas de mise en œuvre nocturne, l'éclairage est susceptible d'avoir un impact sur les oiseaux dont le Puffin tropical qui survole la zone de projet. Pour ces espèces, les ravines représentent des couloirs de transfert importants entre les colonies et l'océan. Ce sont plus précisément les jeunes, lors de leur envol qui sont majoritairement affectés par ces lumières. L'espèce essentiellement concernée ici est le Puffin tropical. → Impact brut négatif, direct, temporaire et fort.			xlvii. Mise en place des travaux sensibles en dehors de la période de plus forte activité pour les chauves-souris (été austral) xlviii. Adaptation du mode de défrichement pour faciliter la fuite de la faune xlix. Réaliser une pêche de sauvetage en amont et en aval de la Ravine La Plaine			
	Chiroptères : La zone d'étude rapprochée inclut une colonie de <u>Petit Molosse</u> ayant élu domicile dans un bâtiment désaffecté sur la plaine Chabrier et regroupant près de 14 000 individus en période de reproduction	Exploitation	En phase d'exploitation, avec les lumières nocturne, l'éclairage est susceptible d'avoir un impact sur les oiseaux Procellariidae, dont le Puffin tropical et le Pétrel de Barau qui survolent la zone.	Modéré	Le projet a été réfléchi de manière à limiter les impacts sur la faune. Il s'agit du choix de franchissement de ravine limité en hauteur en écartant le	li. Définition des éclairages du projet pour éviter les échouages d'oiseaux marins	Faible	xlii. Suivi écologique des milieux reconstitués	Faible

Milieu cible	Enjeu à l'état initial		Impacts par phase	Impact brut	Mesure d'évitement	Mesures de réduction	Impact résiduel	Mesure de compensation ou de suivi	Impact résiduel
	(GCOI, 2021). Une seconde colonie (20 individus en septembre 2021) a été mise en évidence au sein d'un pont sous la N1 (chemin Laverdure). La ravine végétalisée reliant le pont à l'Etang Saint-Paul représente un corridor de déplacement pour ces individus a minima pour ces individus. Des observations directes à l'aide d'un appareil à ultrasons portatif attestent de l'activité de chasse du Petit Molosse dans les savanes de la Plaine Chabrier (Biotope, 2021). Pour le taphien de Maurice, pas de reproduction connue sur la zone d'étude mais à proximité (cocoteraie de l'Etang Saint-Paul). Le cours d'eau de la zone d'étude et son prolongement jusqu'au pont de la N1 est un corridor de déplacement et de chasse		Impact brut négatif, direct, permanent et fort.		type « hauban », l'évitement d'éclairage en surplomb de la ravine, la mise en place d'espaces perméables riche en une flore multistrate favorable à la biodiversité.				
Démographie, équilibre territorial et mobilité	Le scénario d'évolution démographique retenu par le SCoT 2016-2021 est un accroissement démographique selon un rythme annuel de +1700 habitants c'est à dire de 0,75%. Cet accroissement génère des besoins particuliers en termes de logement et de mobilité. Ces politiques publiques sont consommateurs d'espaces naturels, menace principale vis-à-vis du changement climatique et vis-à-vis de l'enjeu de conservation de la biodiversité. Dans le Cœur d'agglomération et le littoral balnéaire se concentre les activités économiques et commerciales et en haut la majorité de l'habitat et l'agriculture. Ce déséquilibre entre les hauts et les bas contribue aux dysfonctionnements de circulation du secteur élargie et cette situation va en s'accentuant avec l'urbanisation essentiellement résidentielle des Mi-Pentes et Hauts. Le site d'étude ne bénéficie par ailleurs pas aujourd'hui d'un maillage viaire. Il n'existe aucune continuité viaire entre le Nord avec l'axe mixte qui se prolonge par une voie communale	Travaux	Le projet induit des travaux d'aménagement sur les voiries. Ceux-ci auront lieu sur le domaine public et engendreront inévitablement des perturbations de la circulation, des accès et du stationnement Les activités économiques localisées à proximité sur le tracé pourront subir des désagréments en phase travaux Les effets prévisibles sur la sécurité pour les usagers et les travailleurs du chantier sont généralement dus à la confrontation entre engins de chantier, aux sols glissants.	Modéré	/	lii. Définition des emprises de chantier réduite au strict nécessaire. Au terme des travaux, ces emprises provisoirement occupées pendant le déroulement du chantier seront nettoyées et remises en état et en service. liii. Des plans de circulation provisoires seront mis en place liv. Le phasage de l'opération est optimisé de façon à limiter les impacts lv. La population locale est informée des travaux lvi. Le planning prévisionnel du chantier sera mis à disposition des riverains et les dispositions prises pour préserver et maintenir les usages sur l'espace lvii. Les accès riverains seront maintenus pendant toute la durée des travaux. lviii. En fonction du phasage des travaux, les déviations de la ligne impactée et les déplacements de ses arrêts pour dégager au maximum l'emprise et l'environnement des chantiers seront étudiées avec l'exploitant.	Faible à modéré	/	Faible à modéré

Milieu cible	Enjeu à l'état initial	Impacts par phase		Impact brut	Mesure d'évitement	Mesures de réduction	Impact résiduel	Mesure de compensation ou de suivi	Impact résiduel
	en impasse et le sud avec également une voie communale en impasse au droit du cinéma de Cambaie (avenue du stade). Entre la Possession et les mi-pentes de Saint-Paul, la RN1 accueille ainsi un très fort trafic journalier tant de transit entre la zone sud et nord de l'île, qu'intercommunal et local. Le mélange de ces trois types de trafics sur la RN1 (transit, échange et local) contribue à une perte de capacité pour l'infrastructure et pénalise ainsi le trafic d'agglomération et inter-quartiers. L'offre transports en commun qui représente une part modale sur le cœur d'agglomération de 6,5% subit les mêmes dysfonctionnement sur le secteur alors que le TO prévoit dans son Plan de Déplacement Urbain (PDU) de passer de 6,5% à 16% de part modale en transport en commun, correspondant à un triplement de la fréquentation des transports en commun d'ici 30 ans.					lix. La circulation et l'arrêt des bus ne devront jamais être perturbés.			
		Exploitation	Le projet permet la réalisation de la ZAC Cambaie et ainsi permet le rééquilibrage territorial. La réalisation de l'axe mixte déleste la RN1 permettant ainsi de réduire son taux d'occupation ; L'axe mixte présente des taux d'occupation correct sans saturation aux différents horizons. Le projet prévoit d'équiper de trottoirs dédiés aux piétons et aux cycles de part et d'autre de l'axe mixte.	Positif	/	lx. Prolongement du transport en commun en site propre du giratoire de Cambaie jusqu'à hauteur de Savanna lxi. Aménagement cyclable dédié / sécurisé de part et d'autre du prolongement de l'axe mixte, lxii. Trottoir piéton de part et d'autre dans le secteur 1 et unilatéral sur le secteur 2, lxiii. Réalisation de traversées piétonne sécurisées, lxiv. L'ombrage sur les noues accompagnent les circulations actives lxv. Les places de stationnement motorisées sont par ailleurs neutralisées sur les 5m en amont des passages pour piétons.	Positif	/	Positif
Déchets	La gestion des déchets en territoire insulaire est une problématique majeure.	Travaux	Compte tenu de la nature des travaux à effectuer (VRD + ouvrage d'art) la production de déchets est évaluée comme modérée.	Modéré	/	lxvi. La maîtrise d'ouvrage rédigera une charte chantier contractuelle qui détaille un ensemble d'actions ciblées destinées à réduire les nuisances générées par le chantier lxvii. Les entreprises rédigeront un Schéma d'Organisation et de Gestion des Déchets SOGED/SOSED qui coordonnera la gestion des déchets de chantier lxviii. Les entreprises attributaires des travaux seront responsables du tri et de l'évacuation des déchets et emballages générés par le chantier.	Faible à modéré	/	Faible à modéré
		Exploitation	/	Nul	/	/	Nul	/	Nul

Milieu cible	Enjeu à l'état initial	Impacts par phase		Impact brut	Mesure d'évitement	Mesures de réduction	Impact résiduel	Mesure de compensation ou de suivi	Impact résiduel
Patrimoine historique et culturel	Le secteur 1 est concerné le périmètre de protection des 500 m du « Domaine de la Poncetière » et est en limite de celui de la « Cheminée le Piton ». Il n'y a ni site classé, ni site inscrit dans le secteur d'étude. Aucun site archéologique n'est recensé sur le territoire. Il n'existe aucune zone de présomption de prescription archéologique dans le périmètre d'étude ou à proximité. Notons que la Plaine de Cambaie a été traversée jusqu'en 1955 par le chemin de fer côtier de l'île de la Réunion.	Travaux et Exploitation	Archéologie : Au regard des affouillements réalisés, le projet peut potentiellement mettre à jour des vestiges. Par retour en date du 12 avril le service régional de l'archéologie décrit qu'en l'état des connaissances archéologiques sur le secteur concerné, et de la nature et de l'impact des travaux projetés, il ne donnera pas lieu à prescription d'archéologie préventive. Monuments historiques : Des perspectives visuelles pourront effectivement se trouver modifiées ou supprimées par la réalisation du projet. Notons que le domaine a été sensiblement impacté par les travaux liés au Centre Hospitalier Ouest Réunion: le parc arboré a été en partie supprimé et le bâti conservé. Les impacts sont estimés nul compte tenu de la topographie. De la même façon, le remblaiement de la carrière depuis le domaine pour des raisons topographiques. La crête topographique étant en interface entre le MH et l'infrastructure Notez par ailleurs que des barrières visuelles existent avec la RN1 et les arbres en interface.	Faible	/	L'extraction de matériaux sera limitée au strict périmètre concerné. Des dispositions nécessaires sont prises pour que la découverte de vestiges archéologiques ou d'objets géologiques remarquables. S'il n'existe aucune covisibilité entre le projet d'aménagement et les monuments historiques le projet prévoit un large programme de plantation qui en plus des lisières arborées existantes et projetées en bordure de RN1 soignent l'aspect paysager de l'infrastructure.	Faible	/	Faible
Réseaux	Des réseaux sont présents au droit du fuseau d'étude	Travaux	Le projet prévoit des dévoiements des réseaux AEP, EDF, éclairage et Telecom Les réseaux concessionnaires situés sous le projet de voirie et de plateforme seront dévoyés, en tenant compte de l'évolutivité de la plateforme TCSP bus en plateforme tramway Les réseaux concessionnaires existant situés sous les trottoirs projetés seront conservés autant que faire se peut.	Faible	/	/	Faible	/	Faible
Qualité de vie **Bruit**	Le projet longe la RN1 classée en catégorie 1 et prolonge la RN7 catégorisée 2. La campagne de mesure a permis de mesurer les niveaux de bruit dans le secteur du projet, c'est-à-dire à proximité de la route nationale 1 (RN1). Compte-tenu des nuisances qualifiées de modérées sur les 2 points de mesures situés à plus de 50 mètres de la RN1, on peut considérer comme modéré le risque actuel de nuisances sonores influencées par la RN1. La généralisation de l'état initial par modélisation permet d'affiner le classement de la zone déjà déterminée à la suite de la caractérisation de l'état initial par mesures. Globalement, les résultats de la modélisation montrent une contribution sonore importante au niveau de la RN1 et dans une moindre mesure de la RN7.	Travaux	Les chantiers constituent une activité bruyante et émettrice de vibration. Les nuisances sont émises par les matériels roulants ainsi que les groupes électrogènes, les terrassements...L'utilisation de Brise Roche Hydraulique pourrait par ailleurs être nécessaire, engin bruyant. Néanmoins les habitations sont éloignées des habitations et l'hôpital CHOR également. Le secteur 2 est également peu concerné par des proximité d'habitat.	Faible à modéré	/	lxix. L'entreprise utilisera les matériels les plus adaptés. lxx. Une communication sera mise en place pour informer le voisinage des travaux, notamment en termes de nuisances. lxxi. Absence de travaux de nuit sauf ceux liés à la limitation de la perturbation du trafic	Faible à modéré	0. Un autocontrôle régulier du chantier devra être effectué par les entreprises	Faible à modéré
		Exploitation	La modélisation de la contribution sonore de la voirie nouvelle n'a montré aucun dépassement de seuils au droit des bâtiments riverains, pour les deux horizons	Faible	/	La suppression du radier permet de faire passer deux bâtis impactés à l'état initial en non impact.	Faible	/	Faible

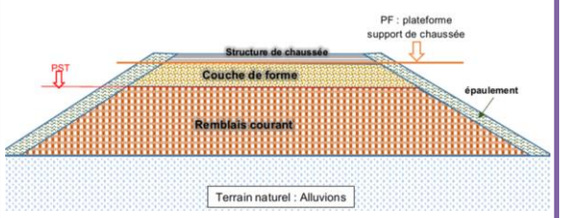
Milieu cible	Enjeu à l'état initial	Impacts par phase		Impact brut	Mesure d'évitement	Mesures de réduction	Impact résiduel	Mesure de compensation ou de suivi	Impact résiduel
	Seul un bâtiment, riverain de l'avenue du Stade présente des niveaux en façade de plus de 65 dB(A) de jour (bâtiment 251(1) et 251(2)). En dehors de ce bâtiment, la modélisation montre que la contribution sonore des voiries est inférieure à 65 dB(A) de jour et de 60 dB(A) de nuit en façade des habitations.								
<u>Qualité de vie</u> **Air**	Sur l'ensemble des tubes posés, 2 capteurs ont relevé une concentration moyenne supérieure aux seuils nationaux fixés à 40 µg/m3. Les concentrations maximales en NO2 ont été relevées à proximité de la voirie et notamment près de de la RN1 et des échangeurs, tandis que des valeurs minimales de concentrations en NO2 ont été observées en situation de fond urbain. Concernant les concentrations moyennes de benzène, elles se sont révélées en dessous du seuil fixé à 2 µg/m3 par la réglementation Française, la valeur maximale a été obtenue au niveau du capteur 16 avec une concentration de 1,0 µg/m3.	Travaux	En phase chantier, la pollution émise par tous les matériels roulants ainsi que les groupes électrogènes, les compresseurs… est considérée comme non négligeable momentanément. En effet, le projet nécessite des travaux de préparation du terrain conséquent (démolition de l'existant, terrassement, évacuation des déblais…) ainsi que la livraison de matériaux et la construction sur la zone. Le terrassement est l'un des postes principaux d'émission de poussières sur un chantier. Ces poussières sont en particulier des PM10, des PM2.5.	Modéré	/	lxxii. Un arrosage de surfaces terrassées sera pratiqué ; lxxiii. La vitesse des engins de chantiers sur le site sera limitée à 20 km/h de façon à réduire les nuisances air et bruit dans ce secteur urbain très fréquenté. lxxiv. Le brulage des déchets de chantier est interdit. lxxv. Porter attention à la présence de vent, à sa direction et arroser par temps sec régulièrement afin d'éviter la dispersion de poussières et les fixer au sol, en particulier lors de la phase de terrassement, lxxvi. Bâcher le chargement des camions chaque fois que nécessaire (matériaux et/ou déchets volatils) et notamment en période de grand vent, lxxvii. Stocker les matériaux à l'abri des vents dominants, lxxviii. Installer un bac de lavage des roues des véhicules en sortie de chantier et vérifier leur propreté avant départ.	Faible à modéré	/	Faible à modéré
		Exploitation	A l'horizon 2029, une grande majorité de la population est exposée à des concentrations inférieures à 20 µg/m3, que ce soit pour le scénario fil de l'eau ou le scénario projet. Pour le scénario fil de l'eau, 2% de la population est concerné par des concentrations comprises entre 25 et 30 µg/m3 contre 14% à l'état projet, ceci s'expliquant par l'augmentation de la population avec le projet Enfin, pour l'horizon 2049, il est constaté que 100% de la population sera concernée par des concentrations en NO2 inférieurs à 20 µg/m3, avec ou sans projet.	Faible	/	Le projet met en place des mesures favorables à la mobilité active pour encourager au maximum le report modal et ainsi participer à l'enjeu d''amélioration de la qualité de l'air	Faible	/	Faible

Milieu cible	Enjeu à l'état initial	Impacts par phase		Impact brut	Mesure d'évitement	Mesures de réduction	Impact résiduel	Mesure de compensation ou de suivi	Impact résiduel
Énergie	La Réunion est très dépendante des importations d'énergies fossiles en raison notamment de son insularité et de l'éloignement des principaux fournisseurs. La consommation d'électricité a doublé en 20 ans et le taux de dépendance énergétique en 2021 de la Réunion est de 88,2%.	Travaux	La phase travaux est consommatrice d'énergie, notamment en termes de transport des matériaux et des ressources mobilisées.	Fort	/	lxxix. Au moins 20 % en masse des matériaux utilisés dans les couches de surface et au moins 30 % en masse des matériaux utilisés dans les couches d'assise devront être issus de déchets.	Modéré	/	Modéré
		Exploitation	Entre l'état initial et l'état référence 2029, les consommations en Essence augmentent, et les consommations en Diesel diminuent. Concernant les scénarios référence et projet 2029, une faible augmentation est constatée (0,7%). Enfin, les consommations en Essence pour le scénario projet 2049 présentent une augmentation de 19% en comparaison au scénario référence 2049. Pour le Diesel, l'augmentation est de 26%. Le projet participe aux souhaits des différents plans et programmes qui souhaitent l'émergence du périmètre stratégique de la Plaine de Cambaie, et ainsi au rééquilibrage territoriale visant au moindre impact en terme de dépense énergétique par habitant	Positif	/	Le projet met en place des mesures favorables à la mobilité active pour encourager au maximum le report modal et ainsi participer à l'enjeu de la maitrise énergétique	Positif	/	Positif
<u>Paysage</u>	Le paysage s'apprécie à différentes échelles et les enjeux diffèrent que l'on se tienne sur la Plaine de Cambaie à regarder les carrières excavées, les zones industrielles, ou en levant les yeux sur l'ouverture qu'offre la rivière des Galets vers le cirque de Mafate. La Plaine de Cambaie offre un paysage assez rude, aride marqué par les carrières et la zone d'activité, avec en revanche également des enjeux forts de préservation et de	Travaux	Outre les travaux de débroussaillement, le projet impacte une vingtaine d'arbres dont l'impact est décrit en phase d'exploitation, l'impact y perdurant. L'impact liés à la phase chantier sont liés à la présence des engins de chantier sur 18 mois sur le grand secteur, à la présence de signalétique temporaire, à la présence de stockage temporaire des déblais du site, du stockage temporaire des matériaux de constructions, aux bases vie…	Modéré	/	lxxx. Nettoyage régulier du chantier	Faible à modéré	Contrôle via la coordination environnementale de chantier	Faible à modéré

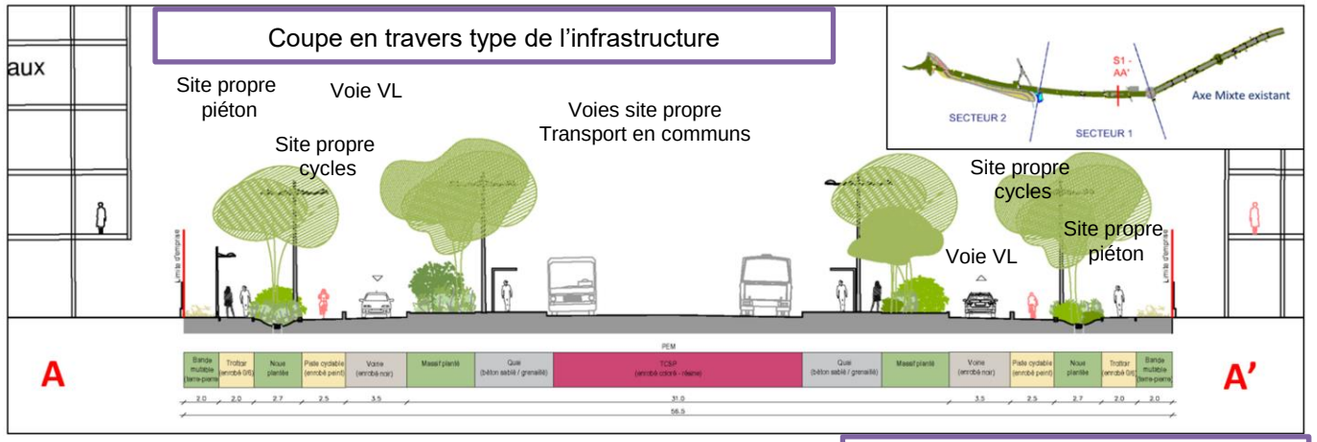
Milieu cible	Enjeu à l'état initial	Impacts par phase		Impact brut	Mesure d'évitement	Mesures de réduction	Impact résiduel	Mesure de compensation ou de suivi	Impact résiduel
	valorisation avec la forêt littorale et l'étang de Saint Paul. La Plaine de Cambaie constitue par ailleurs un espace de respiration entre deux entités urbaines fortes (St Paul et Le Port). La géomorphologie du territoire offre un effet de balcon (ou promontoire naturel) sur la plaine et des perceptions sur le site existent depuis les pentes qui entourent le site, et notamment les nombreuses routes paysages	Exploitation	<u>Secteur 1</u> : Le projet est relativement peu impactant en impact brut sur le paysage dans le secteur 1. En effet, ce dernier est largement scarifié des exploitations passées d'exploitation de matériaux et marquée par les autres activités industrielles. Une végétation arborée est néanmoins localement présente et le projet d'infrastructure ne permet pas d'éviter la suppression de 24 arbres. <u>Sur le secteur 2</u>, le constat est contrasté car si le projet s'insère côté mer en milieu urbain, il prévoit pour permettre son passage de recalibrer une ravine la Plaine qui bien que d'intérêt paysager faible sur son parcours amont (entre son passage sous la Rn1 et la partie Sud du stade) présente sur l'aval des parties en eau d'aspect lentique qui introduisent le charme paysager de l'étang de Saint Paul. Sur cette zone, 200 spécimens arborés sont supprimés. Outre l'impact brut sur la ravine la Plaine et sa végétation le projet prévoit de rendre son lit mineur rectiligne alors que ses formes actuelles sont naturelles et présentent une certaine sinuosité, bien que peu marquée et adossée à la RN1, route à 2X2 voies. La réalisation d'une infrastructure de transport d'une quarantaine de mètre de largeur n'est pas anodine dans le paysage. Le fait de s'adosser à l'infrastructure importante que constitue la RN1 permet néanmoins de limiter ses effets. En effet, la RN1 constitue d'ores et déjà un marqueur important du territoire. L'impact est donc majoritairement présent pour le paysage de proximité, paysage dont l'insertion peut être plus facilement réalisé au travers des plantations notamment. Le projet entraîne par ailleurs une artificialisation des sols nouvelle de 2,7ha sur un périmètre d'intervention de 16,6 ha, ce qui a pour effet d'appauvrir l'espace et le ressenti de recul des milieux naturels.	Faible à fort	/	lxxxi. Le projet prévoit d'accompagner l'infrastructure d'une dimension végétale structurante en écho à la « ville jardin » de l'Ecocité : plantation de 754 arbres en secteur 1 et de 859 en secteur 2 lxxxii. Il est projeté de supprimer le radier existant et d'aménager à son endroit une passerelle piétonne du même type que celle qui traverse la ravine de l'étang juste à l'aval, en soignant ainsi l'une des rares ouverture visuelle sur l'étang de Saint Paul lxxxiii. Réalisation de noues associant collecte d'eau et végétation multistrates avec des espèces adaptées aux conditions climatiques de la zone lxxxiv. Renaturation de la ravine	Positif	lxxxv. Suivi de plantation	Positif

Le projet de prolongement de l'Axe mixte depuis l'échangeur de Cambaie jusqu'à l'échangeur de Savanna va considérablement changer la donne en termes d'accessibilité et de désenclavement de Cambaie ainsi que du quartier Jacquot à Saint-Paul. Ce chaînon manquant du réseau viaire de l'Ouest permettra de poursuivre la liaison urbaine entre Le Port et Saint-Paul mais aussi de développer la desserte en transport en commun du territoire, grâce à des voies dédiées.
Un préalable au développement de l'Ecocité sur la Plaine de Cambaie : La réalisation du projet est un préalable au développement d'un Écoquartier bien desservi dès l'arrivée de ses premiers habitants. Le développement de la Plaine de Cambaie est guidé par tous les plans et programmes d'organisation du territoire : SAR, SCoT, PLH, PDU.

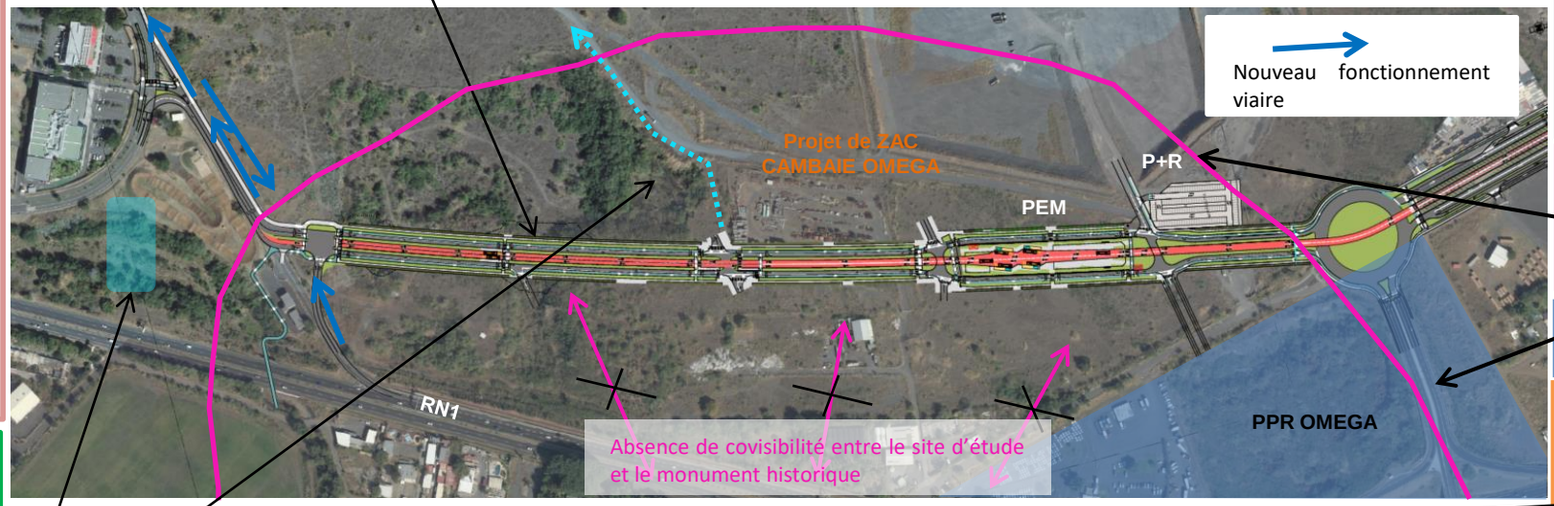
Passage de l'ancienne carrière SCPR par un comblement complet des dépressions créées par l'exploitation de la carrière dans l'axe de la future route et la réalisation de talutage de part transversalement.



Coupe en travers type de l'infrastructure



Le projet d'axe mixte créé une artificialisation nouvelle sur 2,7ha sur un périmètre d'intervention de 16,6 ha. Les sols qui sont aujourd'hui imperméabilisés à hauteur de 29%, le seront sur 45% environ en phase projet.
Le projet entraîne la suppression de 224 arbres.
Le projet entraîne la suppression de plusieurs stations d'une espèce herbacée, La *Zornia Gibbosa*.
Le projet entraîne la suppression de 1,2ha de savanes herbacées et de 3500 m2 de végétation marécageuse
Le projet impacte des milieux favorables aux poules d'eau, aux hérons, aux chiroptères, aux espèces aquatiques…



Une priorité donnée au mode doux et au transports en communs. Les espaces de déplacements sont ombragés et favorable à la mobilité active. L'albédo est soigné

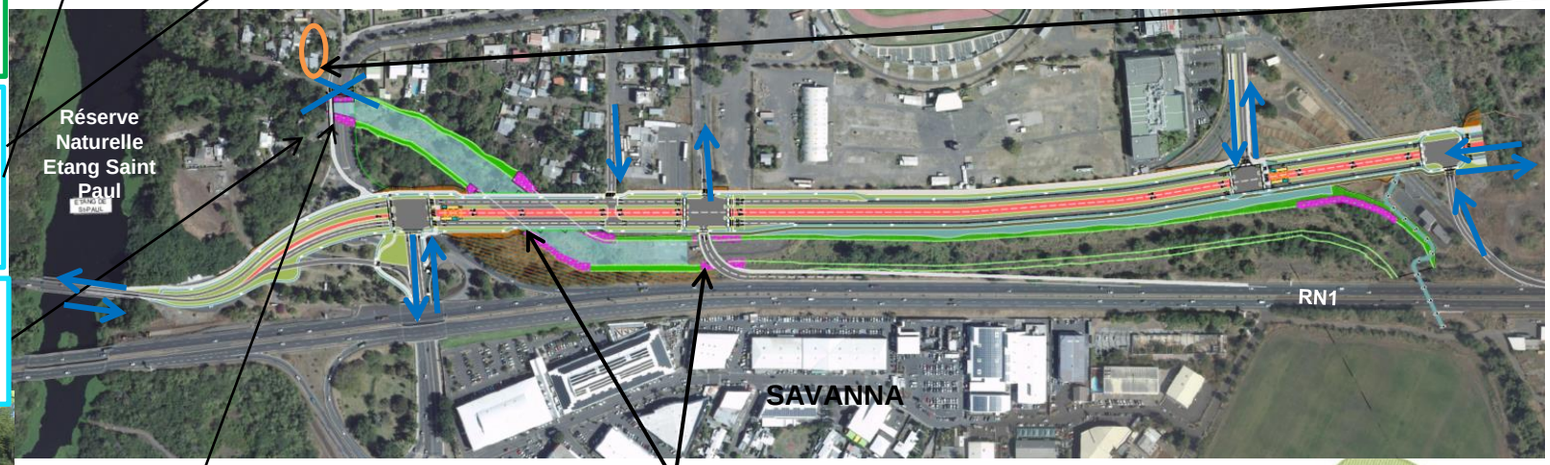
Périmètre de Protection Rapproché du Monument Historique Domaine de la Poncetière : Absence de covisibilité entre le site d'étude et le monument historique

Absence d'impact du projet sur le Périmètre de Protection Rapproché du forage Oméga

Deux habitations concernées par des dépassements sonores à l'état initial bénéficient de la suppression du radier sur cet enjeu bruit

Le projet prévoit l'aménagement de 2,5ha de massifs arbustifs et herbacées dans les noues, d'environ 1ha de surfaces prairiales, la plantation d'environ 1600 arbres et le déplacement de 40 arbres

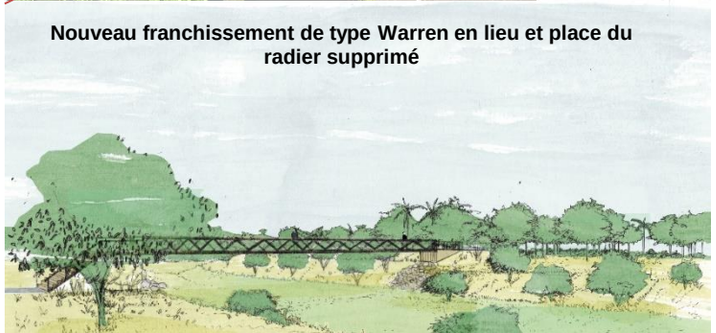
Tampon de l'ensemble des eaux de la plateforme dans des noues d'infiltration qui rejettent 80% de l'état initial. Le projet prévoit la déconnection des eaux de la totalité des eaux du secteur 1 du bassin versant de la RNN Etang de Saint Paul



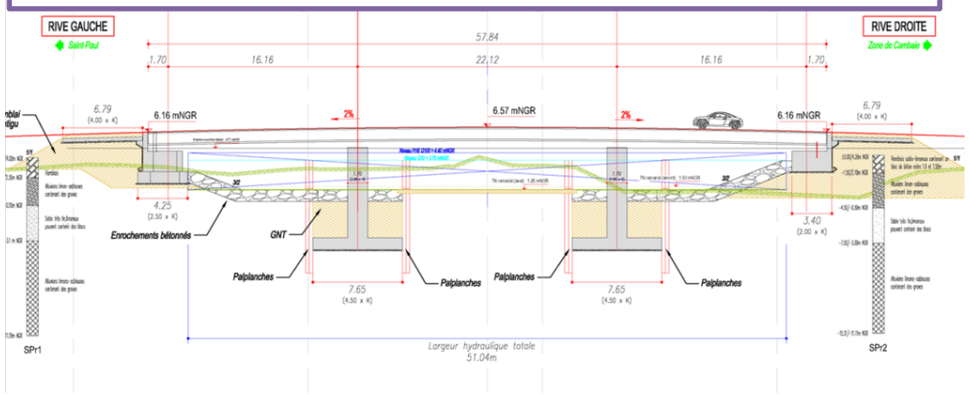
Le projet comprend le recalibrage de la ravine la Plaine, pour permettre d'insérer son infrastructure et d'autre part de participer au traitement du risque inondation de la ravine la plaine. L'étude hydraulique montre que le projet apporte une amélioration de la situation actuelle pour les habitants du Quartier Jacquot.

Suppression du radier routier existant sur la Ravine la Plaine et création à son endroit d'une passerelle piétonne de type Warren, de même type que celle existante au dessus de l'Etang

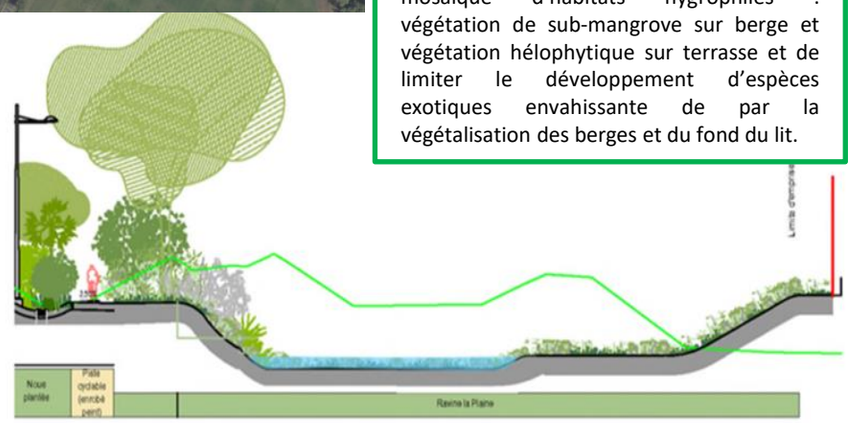
Nouveau franchissement de type Warren en lieu et place du radier supprimé



Réalisation de deux franchissements de la Ravine la Plaine, le premier pour la bretelle RN1 – axe mixte et le second pour le franchissement de la Ravine par l'infrastructure Axe Mixte.
Les deux franchissements présente trois travées. Ci-dessous le franchissement principal



Le recalibrage de la ravine la Plaine s'accompagne d'un projet de renaturation qui prévoit de recréer des habitats favorables à la faune aquatique (invertébrés et oiseaux d'eau) de par la récréation d'une mosaïque d'habitats hygrophiles : végétation de sub-mangrove sur berge et végétation hélophytique sur terrasse et de limiter le développement d'espèces exotiques envahissante de par la végétalisation des berges et du fond du lit.



Renaturation de la Ravine la Plaine : Variation de la largeur mouillée ainsi que la hauteur mouillée

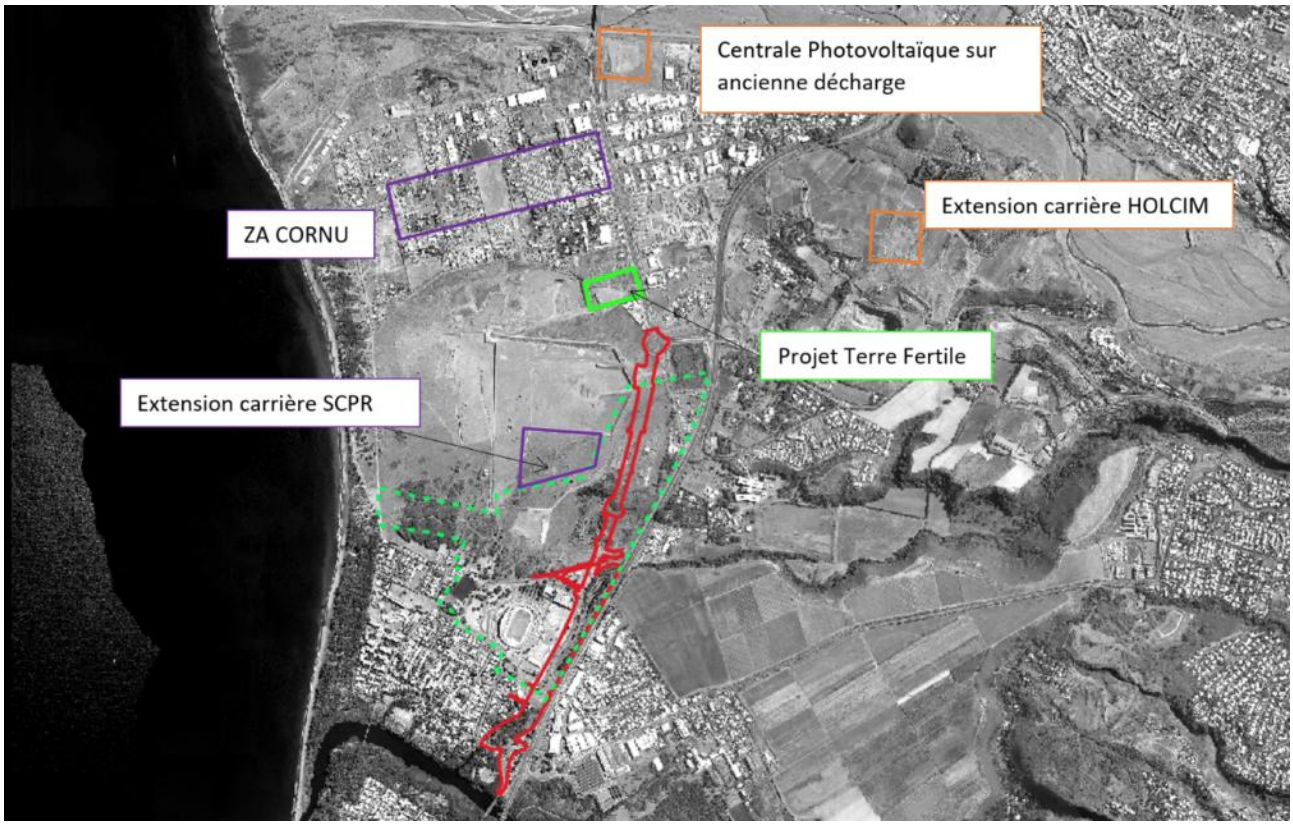
7.6 IMPACTS CUMULES AVEC D'AUTRES PROJETS/ PLANS ET PROGRAMMES

Comme l'identifie la réglementation, une analyse des impacts cumulés du projet avec d'autres projets connus est réalisée, ces derniers correspondant à des projets qui, au moment du dépôt de l'étude d'impact :

- ont fait l'objet d'un document d'incidences au titre de l'article R. 214-6 (Régime d'autorisation Loi sur l'eau) et d'une enquête publique ;
- ont fait l'objet d'une étude d'impact au titre du présent code et pour lesquels un avis de l'autorité administrative de l'État compétente en matière d'environnement a été rendu public.

Sont listés ci-dessous les projets connus situés à proximité du site en projet et dans les communes limitrophes :

- Avis MRAE. 2021.Opale Alsei. Opération d'aménagement « Espace économique Henri CORNU » sur le territoire de la commune de Saint-Paul
- Avis MRAE. 2021. TO. ZAC Cambaie Oméga. Absence d'avis.
- Avis MRAE. 2020. Total Quadran. Projet de centrale photovoltaïque au sol – décharge de Cambaie.
- Avis MRAE. 2020. Holcim. Modification de l'autorisation d'exploiter la carrière au lieu-dit « Plaine Défaud » sur la commune de Saint-Paul
- Avis MRAE.2020. Société de Concassage et de Préfabrication de La Réunion. Projet d'extension d'une carrière de matériaux alluvionnaires sur la commune de Saint-Paul au lieu-dit « plaine Chabrier »



7.6.1 Le projet de centrale photovoltaïque au sol à Saint-Paul (ancienne décharge de Cambaie)

Le projet de centrale photovoltaïque de Cambaie s'inscrit en entrée de l'axe principal du secteur stratégique ÉcoCité de la plaine de Cambaie. Une insertion paysagère soignée et en cohérence avec l'EcoCité a été recherchée.

Total Energies, MOA, nous informe fin mars 2023 d'un démarrage du chantier prévu sous 3 mois et une mise en service sur le deuxième ou troisième trimestre 2024.

Les travaux ne seront pas concomitants. Il n'y a pas d'effets cumulés entre les deux projets sur la phase travaux.

Le projet photovoltaïque n'est pas éclairé et il n'y a ainsi pas d'effets cumulés sur la pollution lumineuse.

Le projet de décharge impacte par ailleurs environ 300 000 pieds de Zornia. L'impact cumulé des deux projets restent donc fort.

7.6.2 Projet de modification de l'autorisation d'exploiter la carrière au lieu-dit « Plaine Défaud » sur la commune de Saint-Paul

La société HOLCIM Réunion procède actuellement à l'extraction de matériaux alluvionnaires dans une carrière à ciel ouvert située à Saint-Paul au lieu-dit « Plaine Défaud ». L'exploitation de cette carrière sur un périmètre de 42,7 hectares comprenant une station de transit de matériaux, est autorisée par arrêté préfectoral en date du 16 juin 2015 pour une durée de 15 ans.

Conformément à la décision du tribunal administratif de La Réunion prise à la suite d'un recours visant la régularité de l'arrêté préfectoral d'autorisation, la société HOLCIM Réunion a produit un dossier présentant les nouvelles conditions d'exploitation de la carrière de la Plaine Défaud.

L'autorité environnementale dans son avis du 28 octobre 2020 identifie les principaux enjeux suivants :

- les ressources naturelles, avec la préservation des eaux souterraines, notamment l'eau destinée à la consommation humaine provenant du captage Oméga.

Le prolongement de l'axe mixte est concerné très localement par les périmètres de protection de captage du forage Oméga. L'opération est principalement située à son aval. La réalisation de l'infrastructure respectera la réglementation du PPR. Toutes les mesures sont prises en phase travaux comme en phase d'exploitation pour réduire les impacts du projet sur la qualité des eaux. Il n'est pas identifié de potentiels impacts cumulés sur cet enjeu.

- le paysage, avec le respect de la coupure d'urbanisation, et compte tenu des signaux emblématiques (Piton Défaud, Cheminée Le Piton).

Les deux projets sont séparés par la RN1. Il n'y a pas d'interface visuelle entre les deux projets.

- les risques sanitaires, avec la limitation des nuisances sonores, des émissions de poussières, des gaz à effet de serre.

La participation du projet à la dégradation de l'environnement sonore et de la qualité de l'air n'est pas sensible et n'entraînera pas d'impact cumulé aux effets induits sur ces thématiques par la carrière.

- l'activité agricole, avec la restitution optimisée et stabilisée de la sole et la maîtrise des ruissellements pluviaux.

Le projet Axe mixte n'impacte pas de zone agricole.

Il n'est pas identifié d'impact cumulé entre les deux projets. Aucun arrêté d'autorisation n'est mentionné sur le site de la préfecture. Le commissaire enquêteur avait émis un avis défavorable au projet d'extension.

7.6.3 Projet OPALE ALSEI de Zone d'activités CORNU

Le projet d'Espace Economique Henri Cornu vise sur une surface de 25ha la reconfiguration d'un ensemble d'implantations désorganisées d'activités de fait. Sur un site peu investi et déqualifié qui accueille des activités de ventes en façade sur l'actuelle avenue de Cambaie (axe mixte) et des activités de stockage et de dépôts divers sur le reste de l'emprise considérée, le Groupe Opale Alsei prévoit de développer un important projet d'immobilier d'activités qui amplifie la capacité d'accueil et renforce l'attractivité de la zone par la requalification complète de son aménagement, la rationalisation de l'utilisation du foncier, et la production de locaux s'inscrivant dans un objectif d'exigence environnementale affirmée, qui apporteront une réponse aux besoins fonctionnels et de sécurité des industriels et des acteurs économiques.

Le projet d'espace économique Henri Cornu a été conçu et organisé en pleine conformité avec les préconisations du plan guide de la démarche Ecocité ;

Ce projet est situé le long de l'axe mixte existant. Il ne sera impacté par les travaux de l'axe mixte que comme l'ensemble des activités existantes sur Cambaie en lien avec les perturbations de trafic sur le rond-point de Cambaie (Cf description des effets de la période de travaux sur la mobilité).

En termes de planning de réalisation des travaux et de gênes cumulés sur le trafic et les usages du grand secteur, les deux projets ne bénéficient pas du même calendrier de réalisation et il n'y a ainsi pas d'effets cumulés sur cet enjeu.

Par ailleurs, nous rappelons que les études mobilités ont pris en compte la réalisation de la ZA CORNU dans la modélisation de trafic.

7.6.4 Projet d'extension d'une carrière SCPR de matériaux alluvionnaires sur la commune de Saint-Paul au lieu-dit « plaine Chabrier »

Le projet d'extension de carrière de matériaux SCPR a fait l'objet d'un avis de l'AE du 09/10/2020 qui souhaite que des justifications soient apportées, notamment en lien avec le futur projet urbain Ecocité dont le prolongement de l'axe mixte fait partie.

Périmètre partagé :

La juxtaposition des périmètres d'études de prolongement d'axe mixte et d'extension projetée des surfaces d'exploitations de matériaux de la SCPR montrent que les deux projets ne partagent pas le même périmètre.

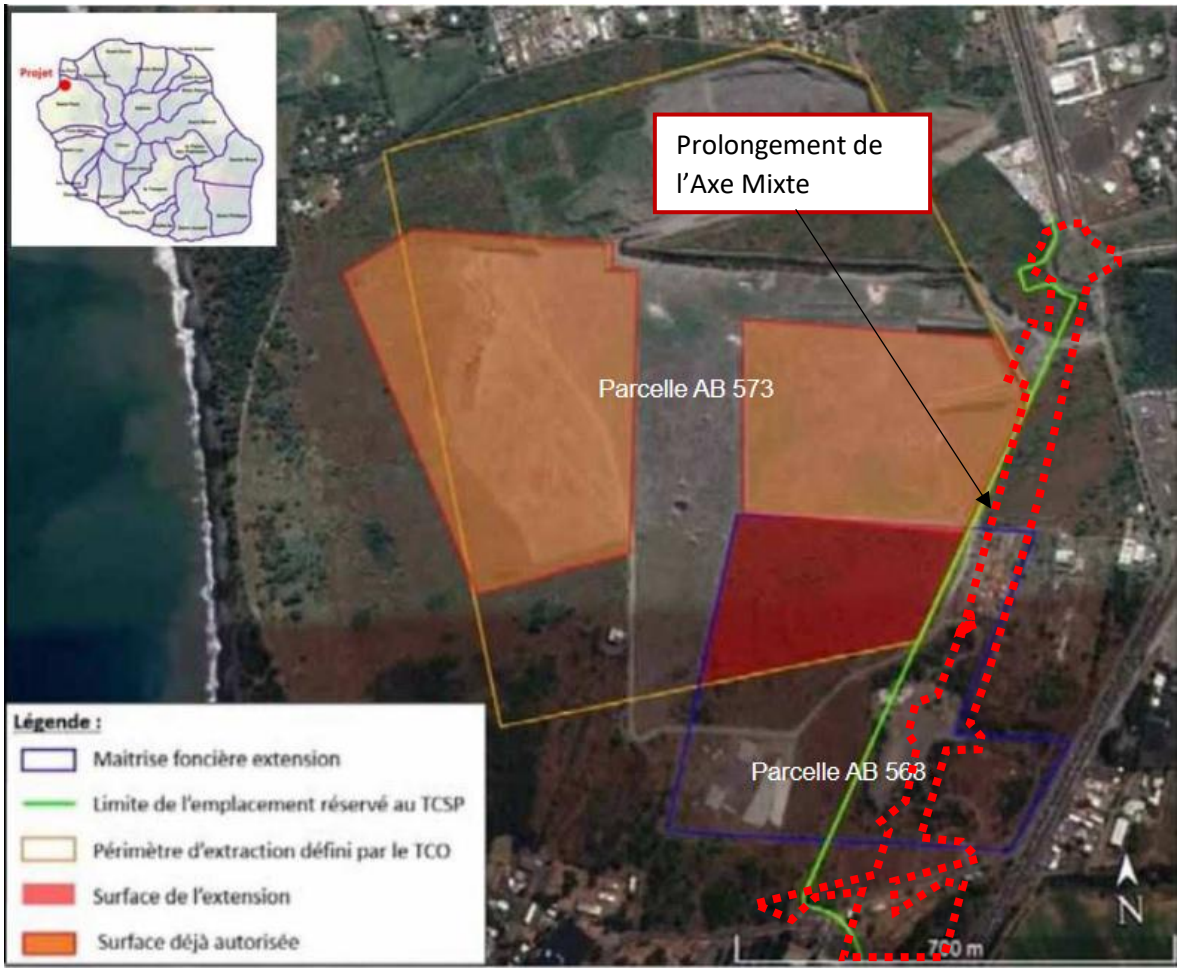


Figure 183 Périmètre projet vis-à-vis des surfaces d'extraction SCPR et de sa surface d'extension projetée

Sur la compatibilité du projet Ecocité avec le Schéma Départemental des Carrières : L'ensemble des exploitations en cours de réalisation ou d'instruction sont compatibles avec le périmètre d'extraction global défini en 2013 entre le TO, l'État et les carriers tel que préconisé par la prescription n°21 du SAR.

En effet, c'est sur la base de ce périmètre d'extraction global qu'a été défini le profil en long et en travers du prolongement de l'axe mixte (hors périmètre d'extraction global).

Le projet SCPR objet de l'avis de la MRAE du 09 octobre 2020 s'inscrit bien dans ce plan d'extraction défini en 2013 et est compatible avec le projet urbain Ecocité.

Optimisation de l'exploitation du gisement :

La MRAE recommande que « *de manière à répondre aux enjeux de préservation et de valorisation des ressources en matériaux préconisés dans les documents de planification en vigueur (SAR1 , SDC2 …), voire de favoriser une meilleure intégration urbaine des futurs aménagements, il faille étudier en lien avec le TO et la Maîtrise d'Œuvre urbaine de*

l'EcoCité, des scénarios alternatifs permettant d'optimiser l'exploitation du gisement disponible, au moins sur la parcelle maîtrisée, ou à défaut de préciser les raisons qui n'ont pas permis de les examiner notamment sur le plan environnemental »

Le TO, conscient de la nécessité de garantir un approvisionnement en matériaux pour le développement de l'Ouest, cherche à optimiser d'avantage l'exploitation du gisement de Cambaie. Il pourrait notamment s'agir d'une extension du périmètre d'extraction global vers le sud permettant potentiellement d'adoucir le modelé de terrain de la ZAC Cambaie Omega entre l'extraction SCPR en cours d'instruction et l'extraction ancienne sur la parcelle AB 568.

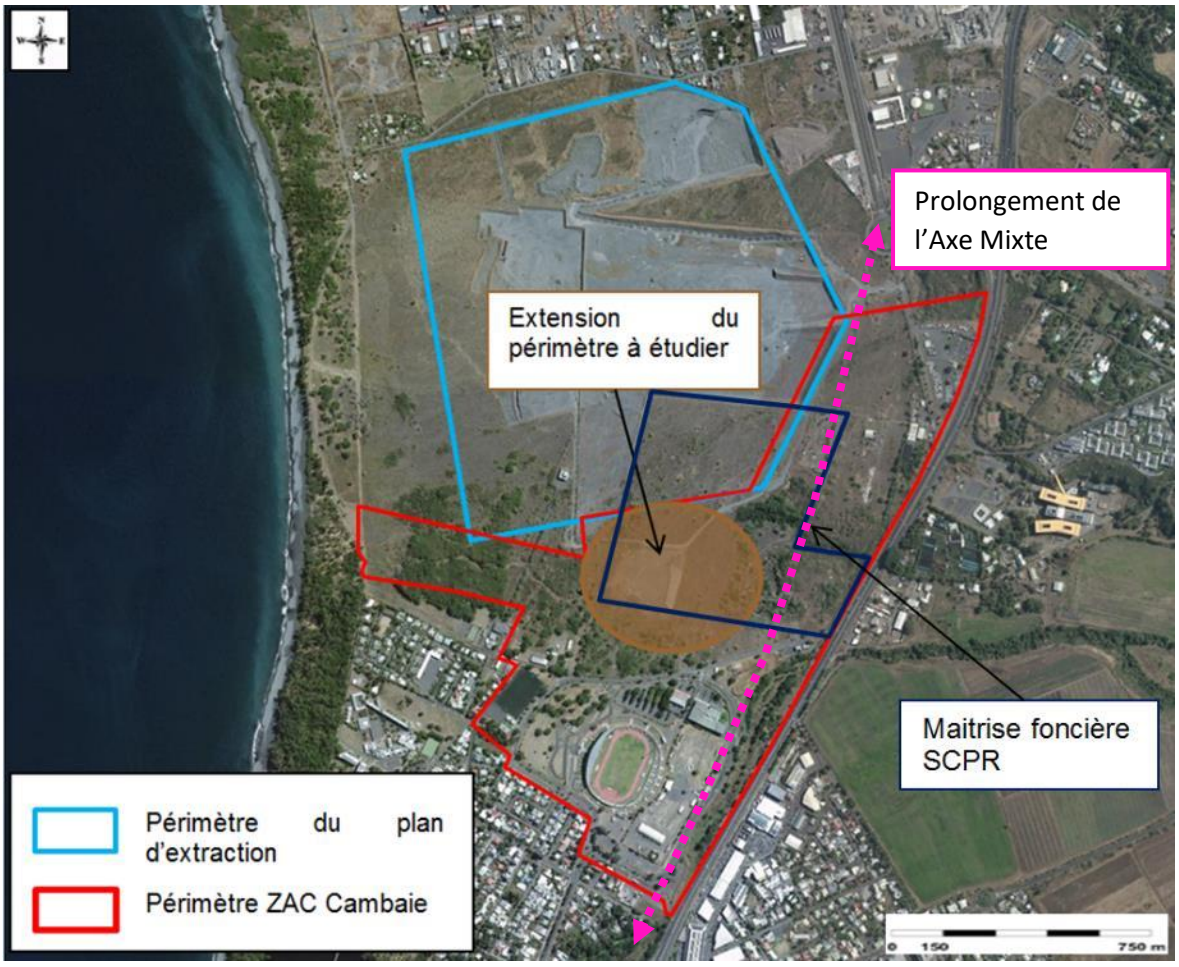


Figure 184 Extension du périmètre du plan d'extraction envisagé par le TO et maitrise foncière SCPR

Sur la colonie de chiroptères

De par la présence avérée d'une colonie de chiroptères dans un ancien bâtiment désaffecté à proximité, l'Ae demande au pétitionnaire :

« de préciser, en lien avec le Territoire de la Côte Ouest (TO), le devenir de cette construction, sachant qu'elle se situe dans le périmètre d'extraction défini dans le cadre de la future ÉcoCité ;

de réaliser un diagnostic sur site plus précis et actualisé, avec un spécialiste des chiroptères, qui devra définir les mesures de réduction, de compensation et de suivi complémentaires éventuellement nécessaires avant toute intervention (y compris en termes de procédure réglementaire de dérogation d'espèces protégées) »

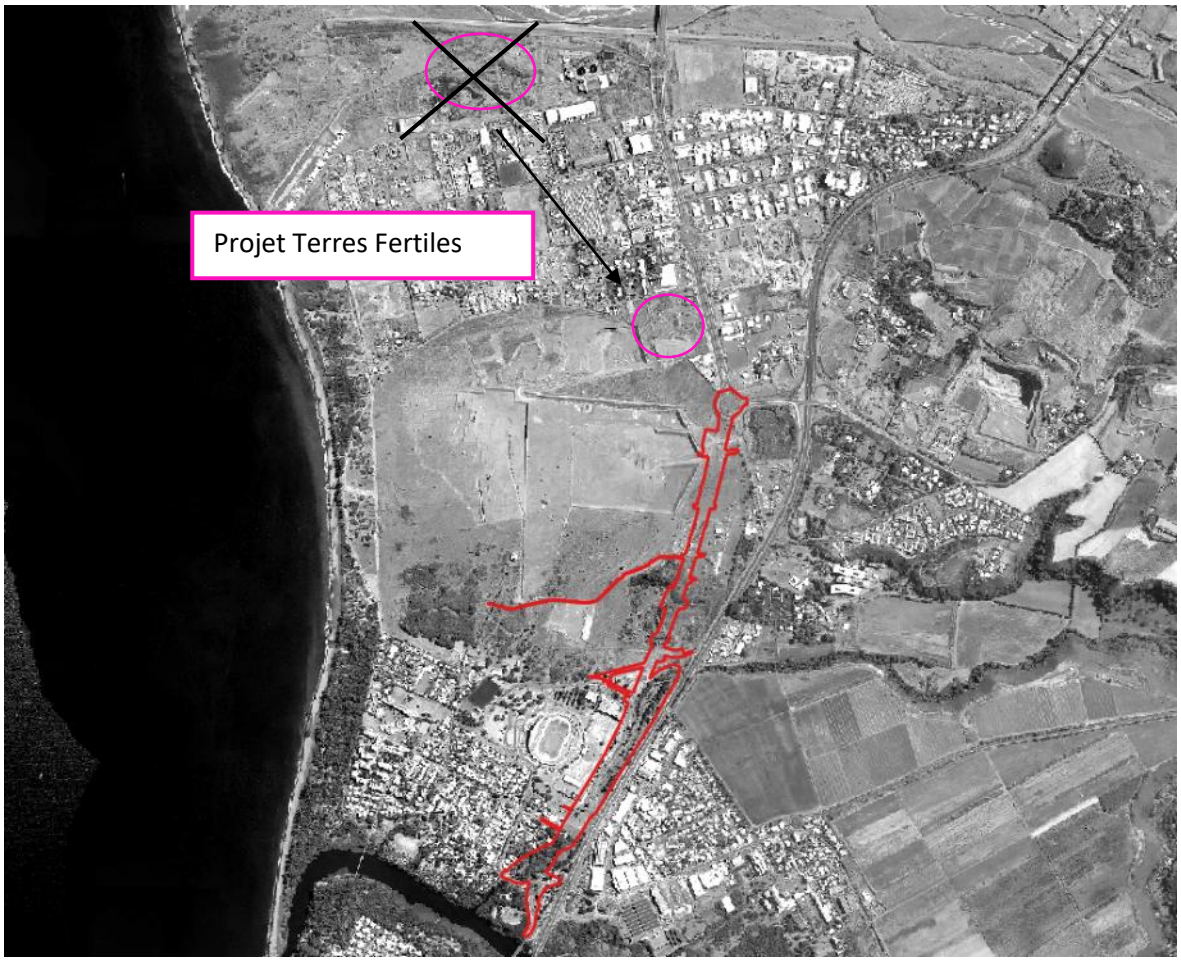
Une étude de suivi préconisée par la DEAL a été réalisée en 2021-2023 par le TO et l'EPFR propriétaire du site. Cette étude fait suite à deux visites de comptage réalisées par GCOI.

Il a été réalisé par le bureau d'études CYNORKIS un suivi annuel de la colonie pour estimer la taille de la population ainsi que l'élaboration de scenarii d'aménagement. Un scenario suppression du bâtiment a fait l'objet d'un plan d'action mais écarté à ce jour ; S'il est bien acté de conserver le bâtiment, une mission de Maitrise d'œuvre génie écologique devra travailler à intégrer le bâtiment dans le paysage avec un aménagement extérieur des façades tout en conservation les paramètres abiotiques de l'habitat.

Des mesures d'atténuations sont mises en œuvre par chaque projet sur l'enjeu chiroptère.

7.6.5 Projet de Terres Fertiles

Le projet de Terres Fertiles a fait l'objet d'un avis de non soumission à évaluation environnementale le 28 mars 2022. Le projet a pour objectif de créer une filière en économie circulaire de production de terres fertiles réalisées à partir de mélanges de terres excavées criblées, de fines de lavage et du compost de déchets végétaux. Cette plateforme de production de terres fertiles s'inscrivant dans le cadre du projet de l'Écocité est prévue au nord de la plaine de Cambaie à Saint-Paul, en rive gauche de la rivière des Galets, sur un terrain d'une superficie de 2 ha mis à disposition par le Territoire de la Côte Ouest (TO) – parcelles cadastrées AB 0394 et 560.



Néanmoins, les dernières informations transmises par le TO décrivent que suite à une extension de la STEP de Cambaie, la faisabilité d'implantation de la plateforme industrielle de production de terres fertiles a été requestionnée. Il est projeté un transfert de la plateforme industrielle de production de terres fertiles, initialement prévu sur Cambaie Nord (cf schéma ci-dessus), vers le démonstrateur agricole de Cambaie Sud (sous réserve de confirmation de la mise à disposition officielle de ce foncier TO. Ainsi, la plateforme industrielle de production de terres fertiles doit faire l'objet d'une autorisation ICPE et d'une nouvelle soumission à cas par cas. La production de terres fertiles devra par ailleurs satisfaire à la réglementation ad hoc

Le début des travaux n'est ainsi pas envisagé avant 1,5/2 ans (production des dossiers réglementaires et instruction).

Impact en lien avec le projet Axe Mixte :

La réalisation du projet du cœur d'agglomération de l'Écocité du TO dont fait partie le prolongement de l'axe mixte nécessite de produire des terres fertiles pour pallier les contraintes naturelles des sols en place sur ce territoire (alluvions, fort déficit hydrique annuel...), et assurer le développement pérenne d'une végétation arborée et arbustive diversifiée. Leur emploi constitue une alternative à l'import e terres naturelles des hauts de l'ouest.

La montée en puissance des volumes de production de terres fertiles doit permettre d'atteindre à terme une capacité de l'ordre de 100 000 m³ par an et un trafic journalier estimé au maximum à 160 camions.

Sur les premières années d'exploitation, ce seront environ 50 véhicules par jour qui sont estimés.

Les travaux des deux opérations sont potentiellement concomitants. La réalisation de la plateforme terres fertiles constitue néanmoins une opération courte et qui nécessite en phase travaux peu de roulement de camion.

En revanche, si le planning de réalisation de la plateforme Terres Fertiles se confirme, le projet de prolongement de l'axe mixte pourra bénéficier sur le secteur 2 de l'apport de terres fertiles, permettant ainsi d'éviter des déplacements de matériaux terreux des hauts de l'Ouest.

7.6.6 ZAC CAMBAIE

Sur les impacts habitat, flore, faune : Il est estimé une diminution notable du terrain de chasse des papangues, des chiroptères et des oiseaux forestiers, ainsi un impact brut cumulé jugé fort sur ces espèces/groupe d'espèce.

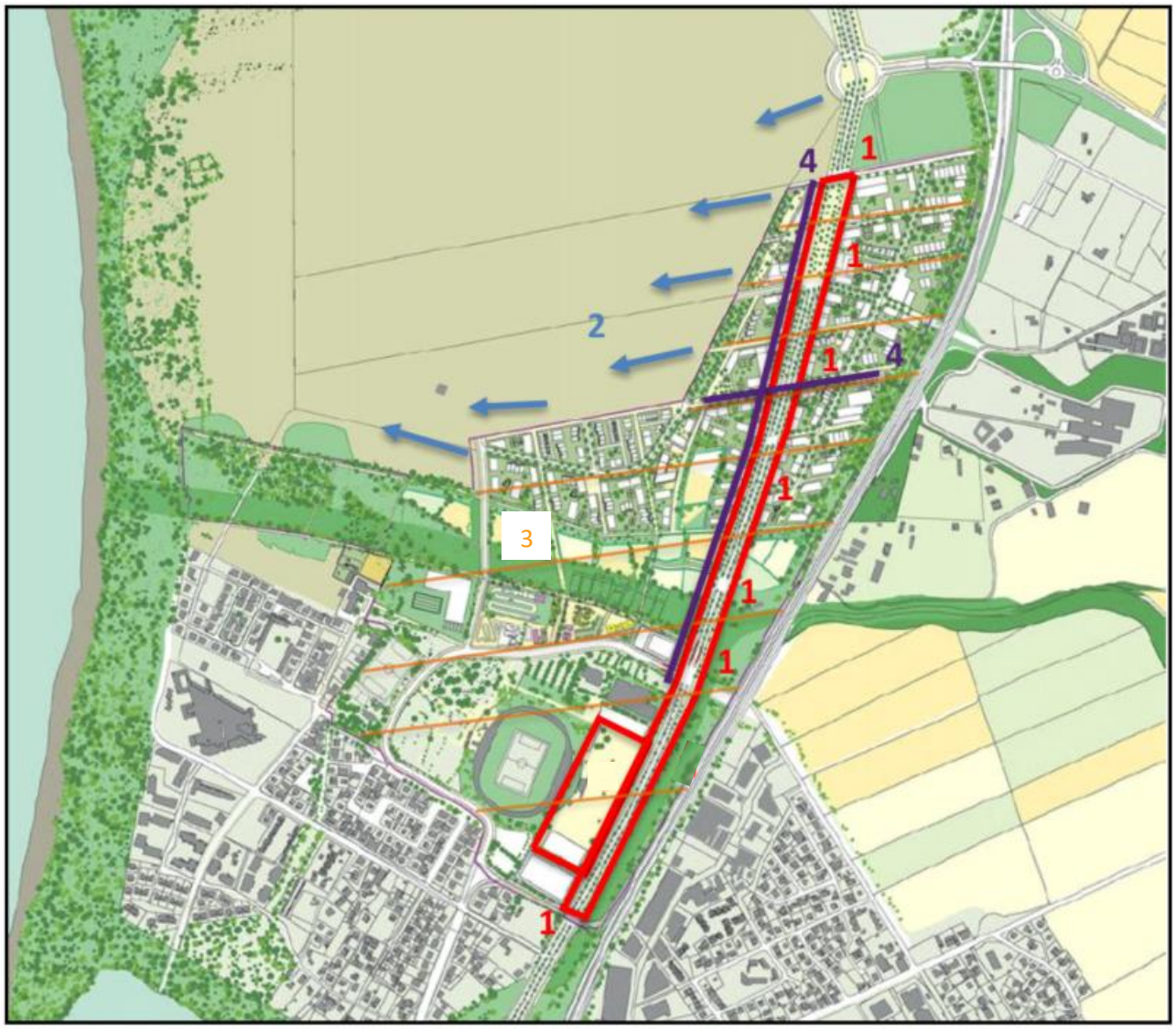
La ZAC a par ailleurs un impact sur les sites de reproduction du petit Molosse et un impact sur les savanes primaires abritant notamment l'espèce protégée floristique Zornia gibbosa.

L'impact brut cumulé est jugé fort. Les mesures d'atténuations mises en œuvre par chaque projet n'engendrent qu'un impact cumulé jugé faible.

Enfin, la création de la ZAC et du prolongement de l'Axe Mixte crée un impact cumulé jugé fort de la pollution lumineuse sur l'avifaune marine en phase d'exploitation.

Le schéma ci-dessous décrit les autres interfaces avec la ZAC Cambaie Oméga :

1. Configuration et amorce des carrefours
2. Gestion mutualisée des eaux pluviales
3. Bruit. Sur le trafic



1. Configuration et amorce des carrefours

Le projet de prolongement de l'axe mixte et ses amorces pour la ZAC ont été réalisés selon les plans de la ZAC transmis par le GIP Ecocité/TO.

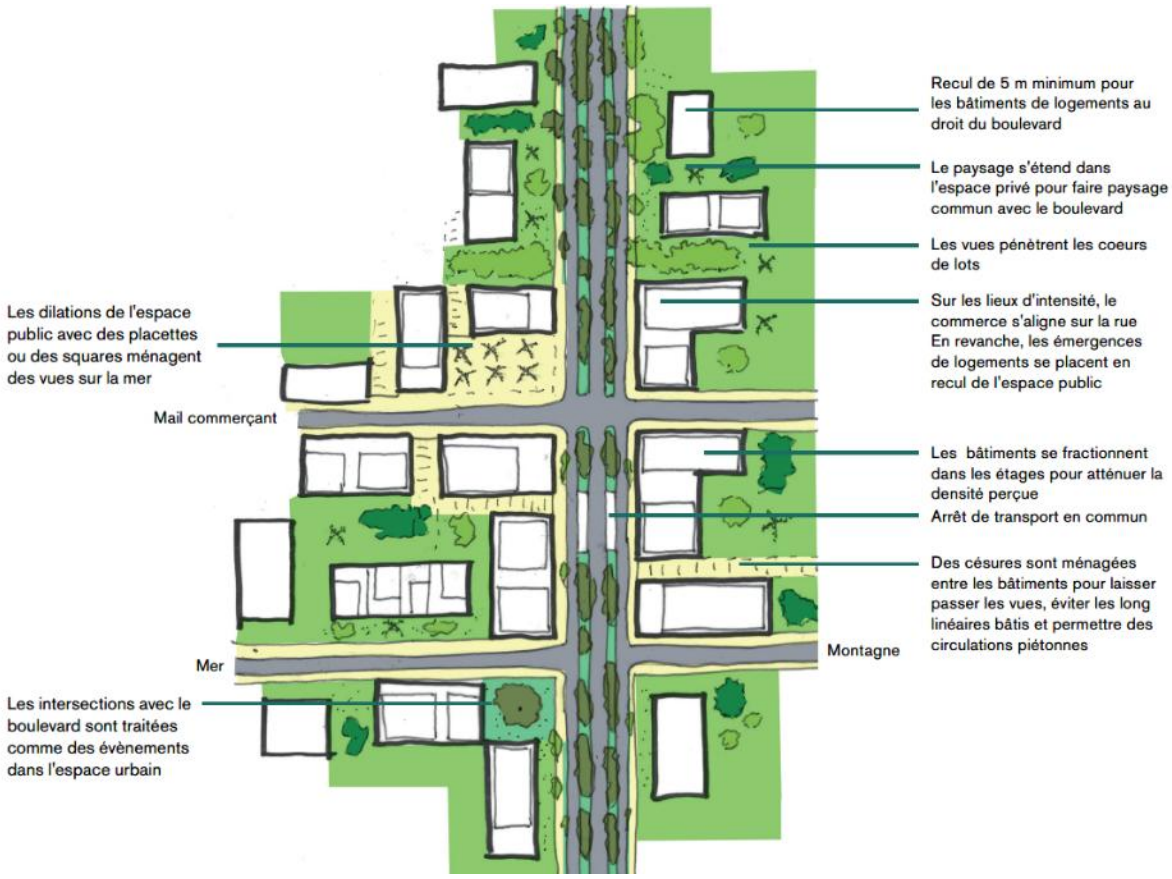
Le pôle d'échanges multimodal, le P+R, les sites propres répondent également au cahier des charges du plan guide Ecocité.

Ainsi, la réalisation du PEM suit les prescriptions suivantes de l'Ecocité :

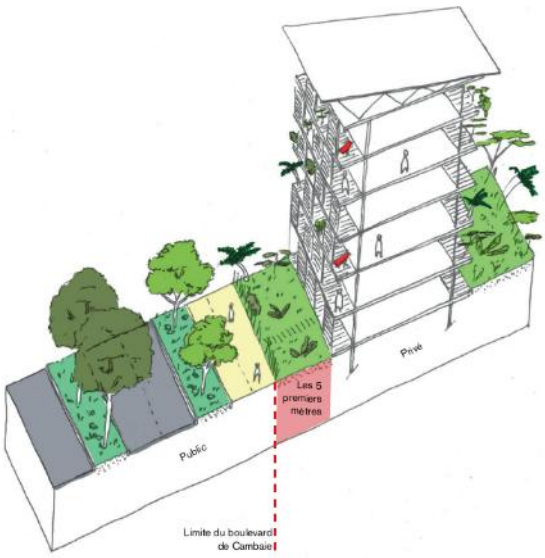
- Une connexion nécessaire du pôle avec l'environnement urbain par :
    - La création de continuités dans les liaisons douces menant aux différents espaces publics du quartier
- Une priorité donnée aux usagers (piétons / cycles) en leur apportant confort et sécurité par :
    - Des connexions piétonnes à niveau, sans passerelles,
    - Des quais de bus généreux,
    - Un grand plateau à niveau sur cette section du boulevard pour donner la priorité aux piétons en ralentissant le trafic côté quai TCSP et côté rue,
    - Des aménagements d'agrément pour compléter ce lieu (kiosque, parking à vélo, assises, ombrage…),
- Une large place donnée aux plantations.
- Une même matérialité entre la place, les quais, la chaussée et les trottoirs pour figurer un ensemble homogène et cohérent

Les 5 premiers mètres des parcelles privées permettront d'accueillir la diversité des situations envisagées le long de cette infrastructure.

L'organisation des îlots et en particulier l'implantation des bâtiments permettront de définir des séquences avec des intensités urbaines variables. Des effets de polarités seront recherchés près du pôle d'échange multimodal alors qu'à contrario, d'autres parties du boulevard seront traitées comme une ville paysage beaucoup plus distendue.



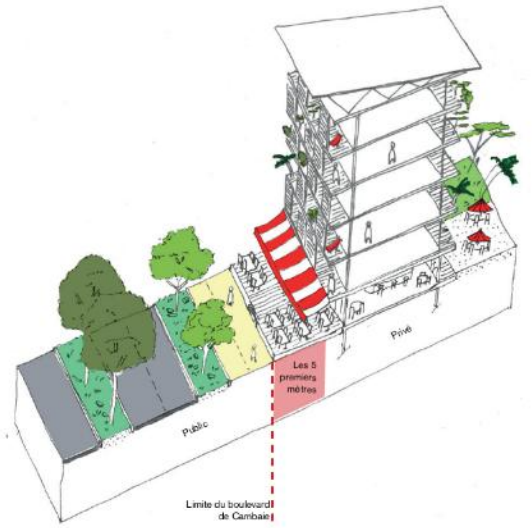
Schémas de principe de l'implantation bâtie le long de l'axe mixte en fonction des situations



Le jardin sur boulevard

Lorsque le programme sera exclusivement de logements, il sera préconisé d'adopter un recul de 5 mètres sur le boulevard.

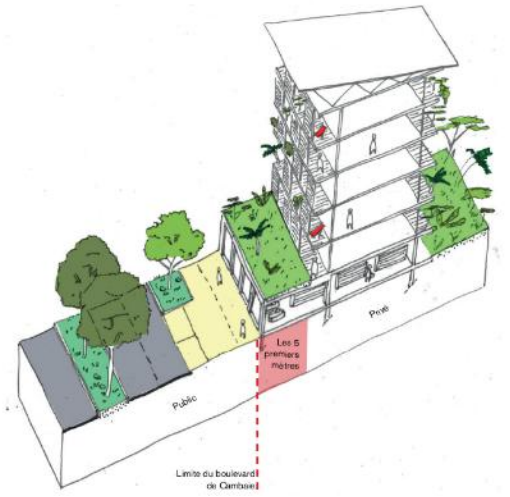
Ce recul permettra de ménager des jardins pour faire un effet de seuil, de disposer aisément des logements à rez-de-chaussée et de laisser le paysage du boulevard s'étendre sur les espaces privés.



La terrasse de café

Les commerces à rez-de-chaussée pourront aussi profiter de bâtiments en retrait pour se ménager une terrasse ou un parvis. C'est donc l'espace privé qui permet de disposer d'une terrasse et non une concession sur l'espace public.

Les rez-de-chaussée commerçants, pour certains programmes pourront être imaginés comme des espaces traversants profitant du coeur d'îlot planté.



Le commerce en rez-de-chaussée

Lorsque des commerces seront envisagés à rez-de-chaussée, le socle du bâtiment pourra être implanté à l'alignement de l'espace public pour assurer leur visibilité.

Il pourra aussi être envisagé une supression partielle de la bande plantée au droit du trottoir pour y mettre du stationnement et des espaces de livraisons.

2. Bruit

Les simulations montrent que l'impact bruit sur la ZAC est majoritairement lié à la RN1 et au prolongement de l'axe mixte. L'analyse des isophones montre une incidence de la future voirie Axe Mixte jusqu'à 30 m en période jour et 18 m en période nuit au droit de la future ZAC.

Constatons en premier lieu que la principale source de bruit est la RN1, route à grande circulation et que de façon à limiter les nuisances, la ZAC aménage le long de la RN1 une lisière de 15 m de large plantée pour assurer une continuité verte le long de l'infrastructure et mettre en place une mise à distance des premiers bâtiments de la RN1.

S'agissant des impacts liés à l'axe mixte : Alors que le prolongement de l'axe mixte présente une vitesse de 50km/h, au droit du pôle d'échanges la vitesse est réduite à 30km/heure. Le lien entre vitesse et bruit dépend d'un certain nombre de facteurs (fluidité du trafic, proportion de poids lourds, type de revêtement et type de conduite par exemple) mais il est possible d'affirmer que, toute chose égale par ailleurs, en réduisant la vitesse, on réduit le niveau sonore. L'ADEME a publié en 2014 une synthèse des études existantes relatives à l'impact des limitations de vitesse sur la qualité de l'air, le climat, l'énergie et le bruit. L'ensemble des études présentées concluent à une réduction modérée des émissions sonores avec les vitesses. La réduction de la vitesse a donc un effet positif sur les niveaux sonores et peut être envisagée comme mesure de réduction à la source, seule ou se coupler avec d'autres mesures antibruit pour renforcer son action.

Le Maitre d'ouvrage de la ZAC a par ailleurs des leviers pour limiter l'impact du bruit Il peut se servir du bâti comme écran. Il s'agit de la mise en œuvre de bâtiments non sensibles (bureaux par exemple) et pour lequel la climatisation est envisageable. De hauteur plus ou moins importante, ils peuvent tenir le rôle d'écran acoustique et protéger les bâtiments d'habitation. Ainsi l'organisation des activités au sein de la ZAC peut dans une certaine mesure être orientée selon les contraintes acoustiques : très classiquement les activités de bureau et les commerces pourront être situées dans les zones les plus bruyantes, les parties les moins bruyantes étant réservées aux résidences et à certaines zones récréatives ou de soin.

Enfin il dispose du levier d'isolement de façade En effet, si les dépassements des seuils (de 60 dB(A) le jour et de 55 dB(A)la nuit) constatés dans la modélisation perdurent pour des constructions nouvelles de types habitations et/ou établissements sensibles, alors ces bâtiments seront isolés des bruits extérieurs afin de garantir un niveau de bruit à l'intérieur des pièces principales inférieur ou égal à 35 dB(A) de jour et 30 dB(A) de nuit. Le calcul de l'isolement en façade peut être fait de la manière suivante :

- Lecture sur la carte des niveaux en façade des bâtiments (récapitulatif présenté en annexe 3 de l'étude acoustique présenté en annexe 2 de la présente étude) de la valeur maximale par façade de jour et de nuit, notée respectivement LAeq, Fmax, jour et LAeq, Fmax, nuit en dB(A),
- Calcul de l'isolement en façade avec :
    - De jour DnT, A, tr = LAeq, Fmax, jour – 35 dB(A) + 3 dB(A) de sécurité
    - De nuit DnT, A, tr = LAeq, Fmax, nuit – 30 dB(A) + 3 dB(A) de sécurité
    - DnT, A, tr ne peut être inférieur à 30 dB(A).
- Prendre la valeur DnT, A, tr la plus élevée entre la nuit et le jour, de telle sorte que le niveau de bruit à l'intérieur des pièces principales soit égal ou inférieur à 35 dB(A) en période diurne et 30 dB(A) en période nocturne.

Avec DnT, A, tr l'isolation acoustique standardisé pondéré défini selon la norme NF EN ISO 717-1 intitulée « Évaluation de l'isolement acoustique des immeubles et des éléments de construction » (indice de classement français S 31-032-1).

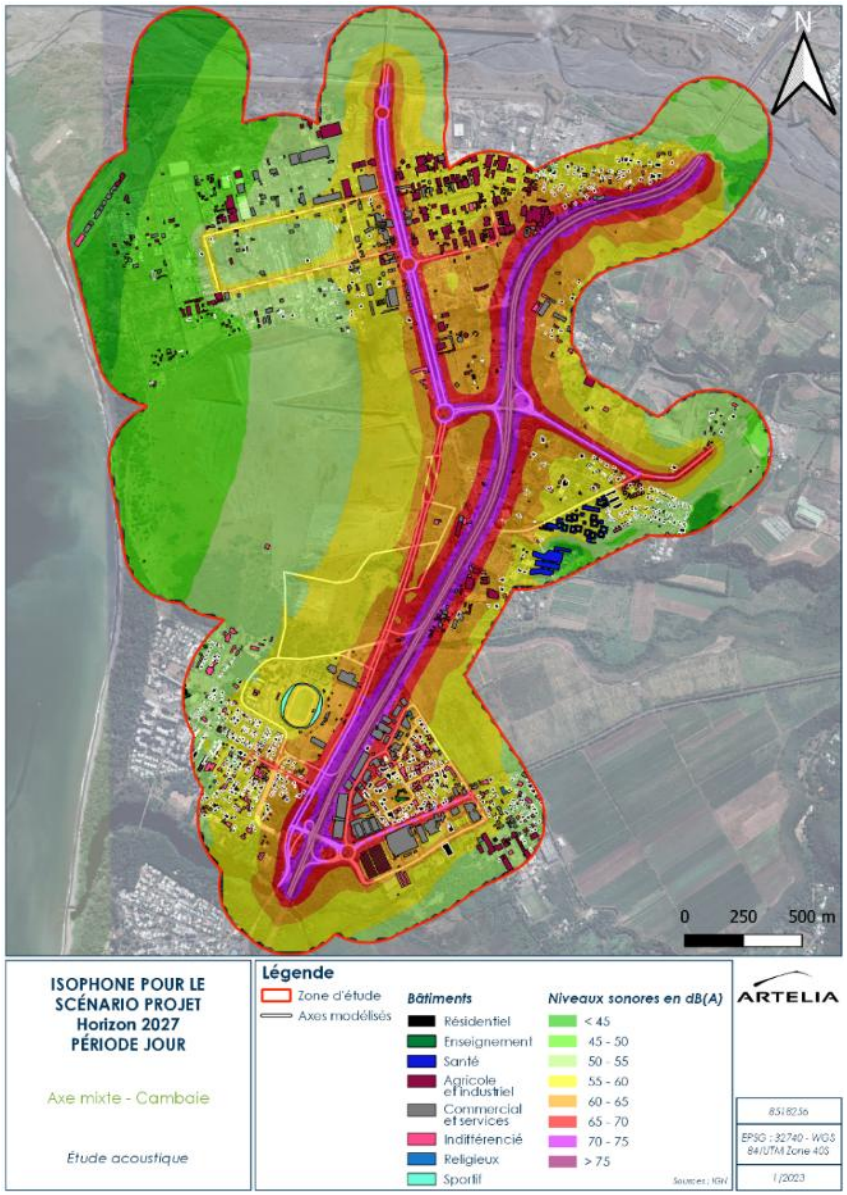


Figure 185 - Carte des isophones scénario projet 2029 - Période diurne

Figure 186 - Carte des isophones scénario projet 2029 - Période nocturne

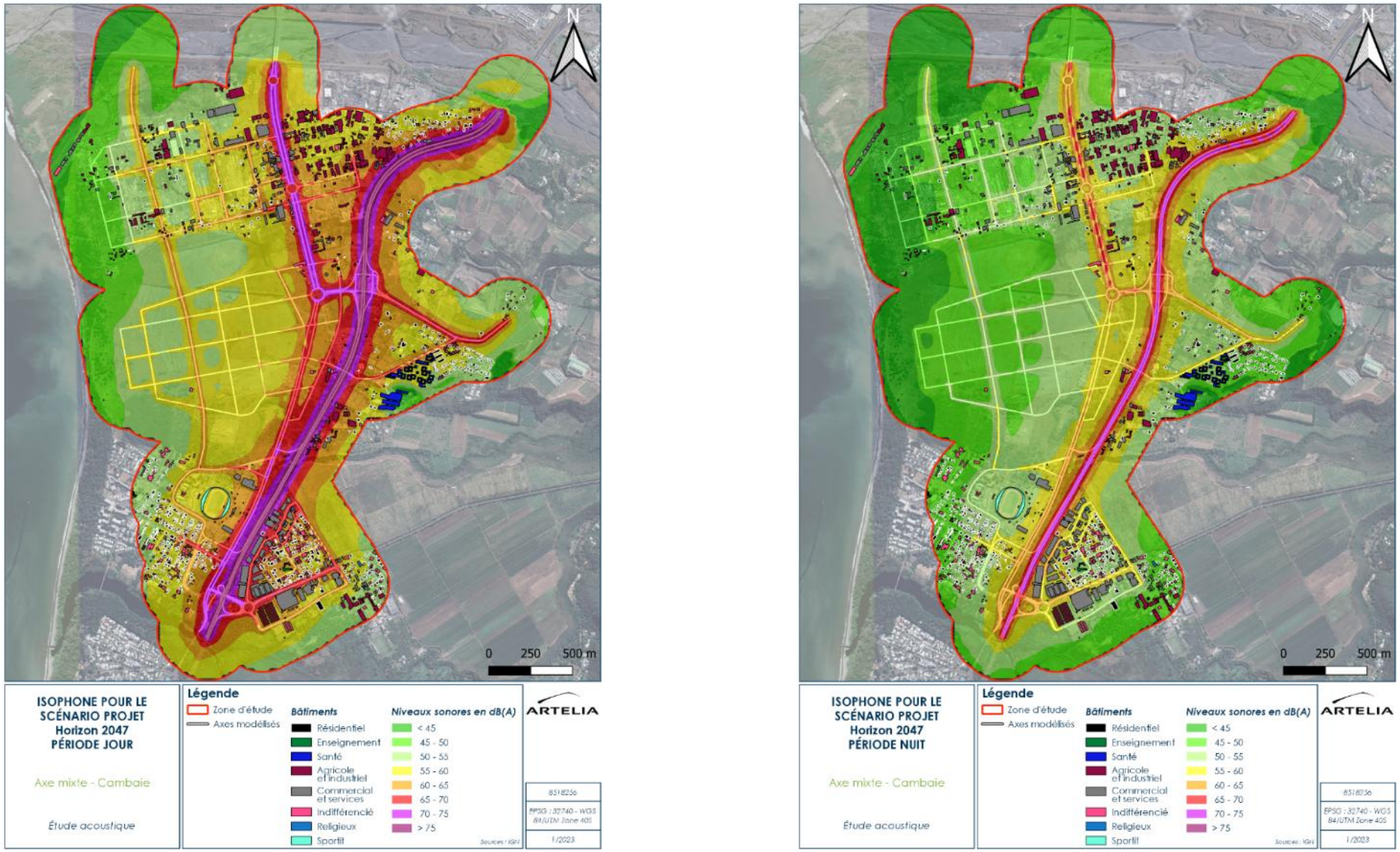


Figure 187 - Carte des isophones scénario projet 2049- Période diurne à gauche et période nocturne à droite

Le pétitionnaire s’engage par ailleurs à transmettre au maître d’ouvrage de la ZAC (Territoires de l’Ouest) les données de modélisation afin qu’elless soient intégrées aux cahiers des charges des futurs lots bâtis afin que des mesures concrètes telles que la distance de retrait des façades, leur orientation ou encore la distribution des usages (bureaux, habitations) puissent être prises.

3. Sur les réseaux

L'ensemble des réseaux déployés par la ZAC Cambaie seront situés sur les bandes mutables ou les trottoirs du boulevard. Aucun réseau ne longera la plateforme TCSP. Les réseaux traversant l'axe mixte et sa plateforme TCSP devront respecter les contraintes des aménagements de l'axe mixte et d'une plateforme tramway.

Ainsi, afin de préfigurer la réalisation de ces réseaux et d'éviter les interventions sur le boulevard urbain post livraison de l'axe mixte, les travaux suivants seront proposés :

- ▪ Pose de fourreaux ou de dalot en attente pour les réseaux secs ;
    - Carrefour C2 : fourreaux Ø160 (Hta) et Ø110 (télécom) / Dalot (AEP DN200/REUSE DN200);
    - Carrefour C3 : fourreaux Ø160 (Hta) et Ø110 (télécom) ;
    - Carrefour C6 : Dalot (EU DN600/200);
    - Carrefour C8 : fourreaux Ø 160 (HTa/HTb) ;
- Réalisation d'une galerie technique visitable (h x L : 2.1 x 2 m) pour les zones à forte concentration de réseaux ;
    - Carrefour C4 : Hta, Htb, TEL / AEP, REUSE, ILO, EU

Le positionnement de la galerie au niveau du carrefour C4 est motivé par :

- La localisation du carrefour au cœur de la ZAC Cambaie ;
- La densité de réseaux ZAC à déployer dans le secteur.

L'implantation, le gabarit et plus largement les conditions d'exploitation des réseaux et de la galerie seront à préciser avec les partenaires et concessionnaires en présence.

- Pose des antennes en attente par le projet connexe en coordination avec les travaux de l'axe mixte (Projet SWAC).
    - Carrefour C4 : SWAC 2 x DN600

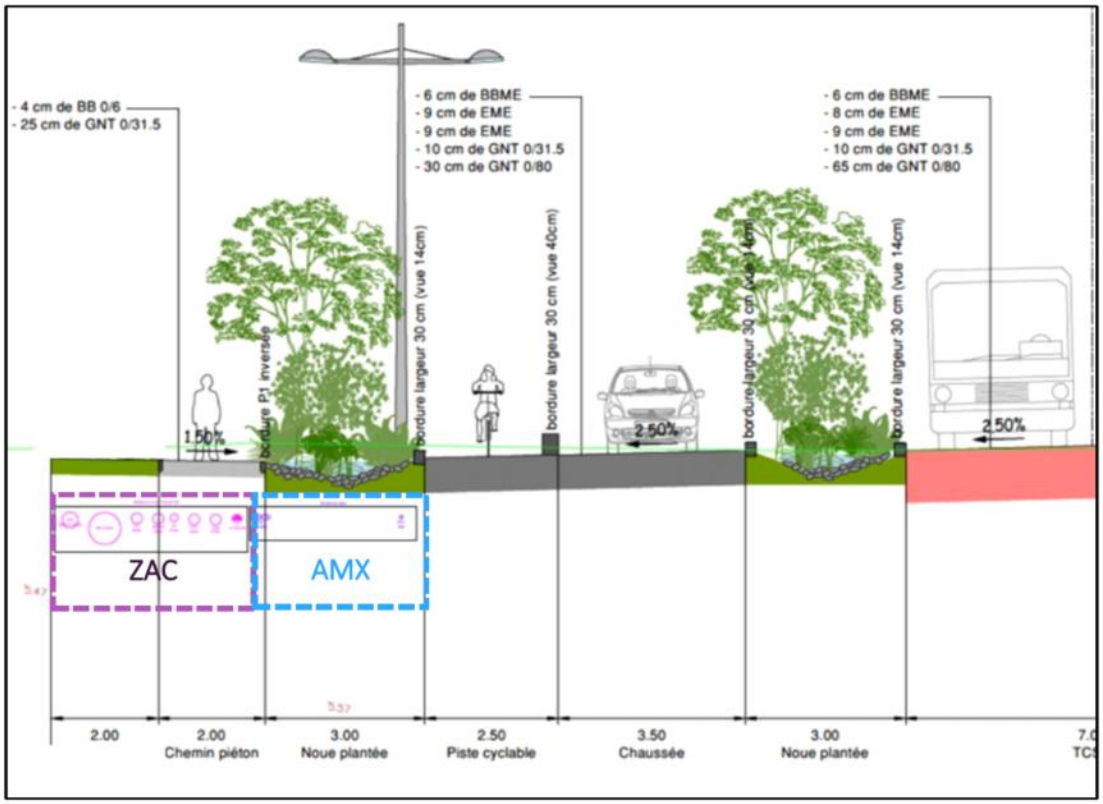


Figure 188 Coupe secteur 1

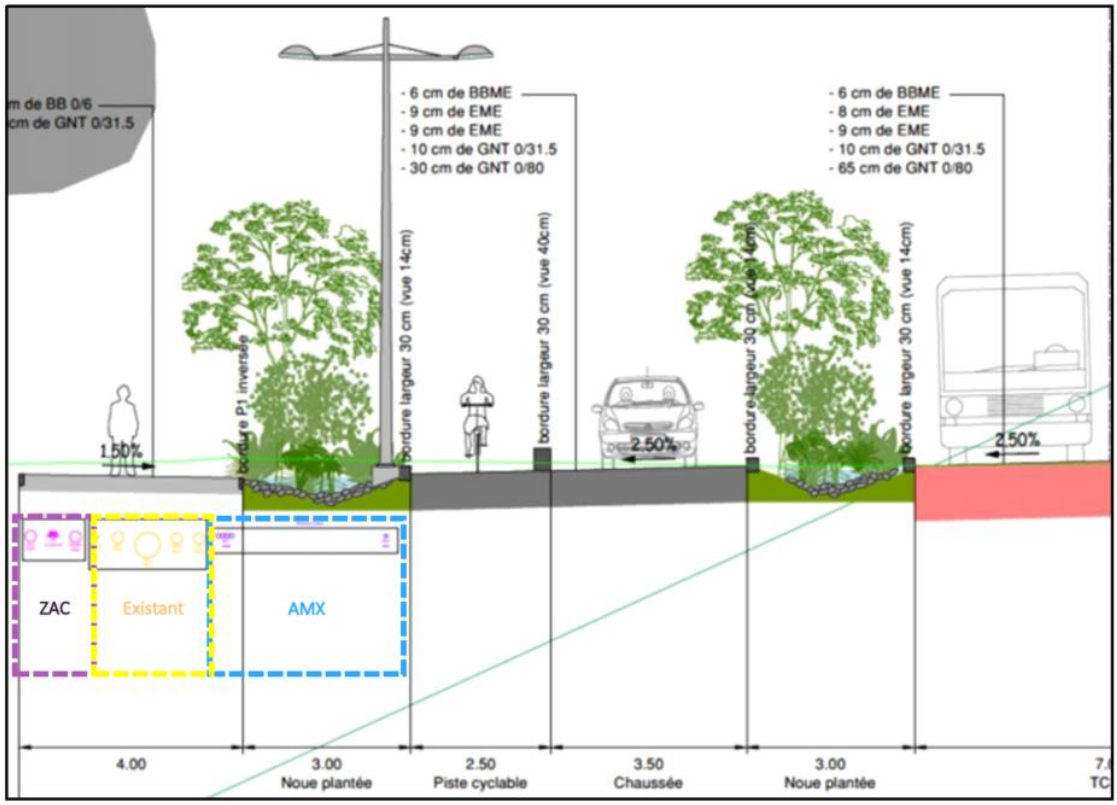


Figure 189 Coupe secteur 2

4. Trafic :

La modélisation de trafic décrit dans le chapitre mobilité prend en compte les aménagements de la ZAC Cambaie Oméga en 2029 et du projet urbain de la Plaine de Cambaie en 2049.

7.7 ESTIMATION DU COUT DES MESURES

N°	Dénomination de la mesure	Type (ERC)	Responsable de la mesure	Coût estimé	Espèces cibles / paramètres cibles / Milieux cibles
1	Aménagement paysagers et irrigation dont entretien sur 5 ans et suivi des Espèces exotiques envahissantes EEE	Réduction	MOA	**Compris dans le cout des travaux (4M€)**	Enjeu milieu physique – Milieu naturel – milieu humain
2	Recalibrage de la ravine - terrassement	Réduction	MOA	**Compris dans le cout des travaux (1,03M€)**	Enjeu milieu physique – Milieu naturel – milieu humain
3	Recalibrage de la ravine – programme de plantation	Réduction	MOA	**Compris dans le cout des travaux (1,3M€)**	Enjeu milieu naturel
4	Aménagement eaux pluviales dont équipements noues	Réduction	MOA	**Compris dans le cout des travaux (380k€)**	Enjeu milieu physique – Milieu naturel – milieu humain
5	Voiries et terrassements propres au TCSP	Réduction	MOA	Compris dans le cout des travaux (1,6M€)	Enjeu milieu physique – milieu humain
6	Voiries et terrassements propres aux cycles	Réduction	MOA	Compris dans le cout des travaux (1,2M€)	Enjeu milieu physique – milieu humain
7	Voiries et terrassements propres aux piétons	Réduction	MOA	Compris dans le cout des travaux (0,8M€)	Enjeu milieu physique – milieu humain
8	Délimitation des emprises chantier et balisage préventif des arbres remarquables à conserver	Réduction	MOA / Entreprise titulaire du marché de travaux	Compris dans le cout des travaux	Enjeu milieu naturel
9	Adaptation de la période des travaux sur l'année en cohérence avec le cycle biologique des espèces présentes	Réduction	MOA / Entreprise titulaire du marché de travaux	/	Enjeu milieu naturel
10	Passage d'un écologue avant défrichement	Réduction	MOA	**10k€ (base 6 passages + compte rendu**	Espèces protégées (nidification)
11	Adaptation du mode de défrichement pour faciliter la fuite de la faune	Réduction	MOA / Entreprise titulaire du marché de travaux	**Compris dans le cout des travaux**	Enjeu milieu naturel
12	Suivi environnemental de chantier - Respect des mesures prescrites par l'évaluation environnementale et des mesures de l'arrêté d'autorisation notamment contrôle des déchets – des EEE – prévention des pollutions des sols et des eaux	Accompagnement	MOA	**250 k€ (Une journée par semaine pendant les 36 mois de travaux+ suivi qualité des eaux)**	Enjeu milieu physique – Milieu naturel – milieu humain
13	Dispositif de lutte contre les espèces exotiques envahissantes (actions préventives)	Réduction	MOA / Entreprise titulaire du marché de travaux	**Compris dans le coût des travaux**	Enjeu milieu naturel
14	Suivi sur 5 ans des EEE	Réduction	MOA / Entreprise de travaux	**Compris dans le coût paysager**	Enjeu milieu naturel
15	Insertion sociale. Un pourcentage d'heures réservées sera défini.	Réduction	MOA / Titulaire du marché de travaux	**/**	Économie / social
16	Suivi écologique des milieux reconstitués	Suivi	MOA	**70k€ pour le suivi sur 5 ans**	Enjeu milieu naturel
17	Pêche de sauvegarde	Réduction	MOA	**20 k€**	Enjeu milieu naturel
18	3 séparateurs à hydrocarbures munis d'obturateur automatique	Réduction	MOA	**110 k€ (50k€ pour le 100l/s)** **60 k€ pour les 2 de 20l/s)**	Enjeu milieu naturel
19	Suivi de la mesure compensatoire	Compensatoire	MOA	**750€/jour**	Enjeu milieu naturel

La somme des mesures non présentées dans le cout global des travaux est d'environ 460 000€.

8 DISPOSITIONS GENERALES SUR L'ORGANISATION DU CHANTIER, MOYENS DE SURVEILLANCE ET D'INTERVENTION

Les dispositions générales suivantes permettent d'encadrer l'organisation et le déroulement du chantier de manière à privilégier la démarche d'évitement et, à en réduire l'impact lorsqu'il est inévitable. Il décrit également les principaux moyens d'interventions en phase travaux et en phase d'exploitation. Les mesures sont ensuite précisées dans les chapitres suivants sur chacun des enjeux.

8.1 CAHIER DES CHARGES ENVIRONNEMENTAL

Les prescriptions environnementales définies dans l'étude d'impact devront être intégrées en annexe du dossier de consultation des entreprises. Ce document, à valeur contractuelle, servira de référence pour l'exécution des travaux par les entreprises retenues.

Rappelons que dans le cadre de la réalisation du chantier, un dispositif rigoureux de surveillance de la qualité de l'eau devra notamment être mis en œuvre. Ce suivi porte sur un certain nombre de paramètres : matières en suspension (MES), pH, température, oxygène dissous, conductivité, DBO5, DCO.. Les mesures devront être effectuées à une fréquence hebdomadaire durant toute la durée des travaux, avec une intensification ponctuelle en cas d'épisodes pluvieux significatifs. Quatre stations de contrôle (S1 à S4), positionnées stratégiquement le long du linéaire d'intervention, permettront de suivre l'évolution de la qualité de l'eau en amont et en aval des zones à enjeux.

Chaque entreprise soumissionnaire devra justifier des méthodes qu'elle entend mettre en œuvre pour limiter les nuisances environnementales liées aux travaux. Ces démarches devront être intégrées dans leur offre, incluant les coûts correspondants. Le respect des engagements du cahier des charges « Environnement » proposé par chaque entreprise fera l'objet d'une évaluation spécifique lors de l'analyse des candidatures.

Ce cahier des charges précisera également que toute non-conformité aux clauses environnementales pourra entraîner des pénalités spécifiques. Des retenues de garantie ou des cautions environnementales pourront être mobilisées à cet effet.

Enfin, un suivi environnemental régulier du chantier sera assuré. Il visera à contrôler l'application des prescriptions de l'arrêté préfectoral d'autorisation, les exigences environnementales intégrées au marché de travaux, ainsi que les engagements pris par les entreprises dans leur cahier des charges. Ce suivi prendra la forme de visites de terrain mensuelles, au cours desquelles seront vérifiés notamment : la propreté du chantier, la gestion de l'eau et des effluents, la prévention des risques de pollution, la gestion des déchets, la prise en compte des enjeux écologiques (habitats, avifaune), ainsi que les nuisances pour le voisinage. Chaque visite donnera lieu à un procès-verbal, précisant le cas échéant les mesures correctives ou coercitives à mettre en œuvre.

8.2 DEMARCHE DE CHANTIER RESPECTUEUX DE L'ENVIRONNEMENT

Une démarche de chantier respectueux de l'environnement sera mise en place.

Ces objectifs, tout en restant compatibles avec les exigences liées aux pratiques professionnelles du BTP seront de :

- limiter les risques et les nuisances causés aux riverains du chantier ;
- limiter les risques sur la santé des ouvriers ;
- limiter les pollutions de proximité lors du chantier ;
- limiter la quantité de déchets de chantier mis en décharge ;

La charte mise en place dans le cadre des travaux sera intégrée aux pièces contractuelles du marché de travaux remis à chaque entreprise intervenant sur le chantier.

Elle sera signée par toutes les entreprises intervenant sur le chantier, qu'elles soient en relation contractuelle directe ou indirecte avec le maître d'ouvrage.

8.3 PRECONISATIONS AUX ENTREPRISES

Les travaux d'exécution du projet peuvent être à l'origine de perturbations sur le milieu naturel et de gêne sur les populations (pollution liée aux engins de chantiers, déversement accidentel). Les mesures spécifiques précisées ci-dessous permettront de réduire fortement, voire de supprimer ces impacts.

- Installations de chantier

La localisation des installations de chantier est décidée en fonction des enjeux environnementaux (nuisances et voisinage, sensibilité à la pollution, risques d'inondation).

Elles devront être équipées contre tout risque de pollution par des dispositifs soumis à l'approbation du Maître d'Ouvrage.

Des consignes d'alerte en cas d'accident sur le chantier devront être affichées. La pollution occasionnée doit être traitée immédiatement et est prioritaire à l'avancement du chantier. Le matériel nécessaire et adapté à la remédiation d'une pollution (produits absorbant, pompes,…) doit être présent en permanence sur le chantier et disponible.

- Sécurité de chantier et protection

L'application des mesures de sécurité du chantier et de protection de la santé sera assurée par un Coordinateur de Sécurité et de Protection de la Santé (CSPS). Celui-ci veillera notamment à la mise en place d'installation de sécurité en cas d'événement pluviométrique important.

- Les travaux seront interdits la nuit de 20h à 6 h
- Les accès au sein du chantier sont sécurisés :
  - Clôture des chantiers ;
  - Entretien des clôtures ;
  - Fermeture des accès.
- Le chantier fera l'objet d'une signalisation
- Mise en place de protection spéciales (protection des façades de bâtiments, du mobilier urbain, protection des accès piétons…
- L'accès des services publics et de secours est toujours maintenu en tous lieux. Lorsqu'une rue est barrée, les dispositions pour le maintien des accès des véhicules pompiers, ambulances, sont étudiées et mentionnées sur les plans d'aménagement du site. Les dimensions minimales de largeur de chaussée et de rayon de braquage sont conformes aux exigences de la définition d'une « voie échelle », chaque fois que nécessaire.
- Pendant les heures de travail, le personnel est toujours présent en cas d'urgence pour dégager les voies de chantier qui peuvent être empruntées par les véhicules de secours, particulièrement lorsque la circulation est restreinte.
- Les mesures conservatoires seront mises en œuvre chaque soir pour assurer l'accès aux véhicules de secours durant les heures non travaillées.
- Information et sensibilisation du personnel

- Entretien des sites, des pistes et des véhicules
  - Les véhicules et les voiries empruntées devront être nettoyés.
  - Un arrosage des pistes de chantier, à la charge des entreprises, aura pour effet de limiter les envols de poussières occasionnés par le trafic des engins de chantier.
  - En cas de besoin, une aire de lavage des pneus des véhicules sortant du site limitera les dépôts de boues sur les chaussées.
  - Les installations de chantier, parkings des engins et stockage des hydrocarbures devront être clôturés.
  - Les différents sites d'installation et de travaux devront être disposés de points de collecte des déchets judicieusement répartis sur leurs emprises.
  - Les abords du chantier et des installations de chantier devront être tenus parfaitement propres (pas de papier, détritus, ferrailles, bidons…). Les déchets devront stockés provisoirement dans des bennes régulièrement vidées. Tous les déchets (ordures, béton, produits de découpe, chutes, gravats, métaux…) devront être

régulièrement évacués hors du site conformément à la réglementation en vigueur. L'entreprise devra se rapprocher de la DEAL-SPREI afin de décider du devenir de ces matériaux.

- Remise en état des terrains après travaux

La remise en état à l'identique des terrains après travaux consistera notamment :

- Au démantèlement des pistes provisoires et la remise en place des déblais / remblais de façon à reconstituer les dévers initiaux ;
- A la reprise de la terre végétale préalablement stockée pour leur réutilisation.

En fin de travaux, dans un délai maximum de 15 jours, les terrains ayant servi aux installations de chantier seront remis en état.

- Information et sensibilisation du personnel

Afin d'appliquer les obligations prévues ci-dessus, l'entrepreneur devra organiser des séances d'information et de formation de son personnel et de celui de ses sous-traitants, au démarrage des travaux et tout au long du chantier.

- Les objectifs de ces séances d'information et de sensibilisation seront les suivantes :
- L'organisation et la gestion des engins évoluant sur le chantier ;
- Les risques encourus suite à une pollution accidentelle par déversement d'hydrocarbures sur le sol ;
- Les dispositions à prendre en cas de pollution accidentelle (fuite du carter de moteur, rupture de circuit hydraulique, etc.)
- La gestion des déchets de chantier.

8.4 MOYEN D'INTERVENTION EN CAS D'ACCIDENT

8.4.1 En phase travaux

8.4.1.1 Incidents corporels et matériels

Les risques d'accident en phase de travaux concernent essentiellement les personnels présents sur les chantiers. Les moyens d'intervention sont définis dans les plans d'urgence établis par les entreprises et dans le Plan Général de Coordination :

- Consignes de prévention ;
- Affichage ;
- Dispositifs d'alarme ;
- Intervention des secours ;
- Dispositifs d'évacuation ;
- Etc.

8.4.1.2 Pollution accidentelle

Malgré les précautions prises, le chantier n'est pas à l'abri d'une pollution accidentelle, notamment liée aux engins.

a. <u>Conduite en cas de déversement accidentel</u>

Le personnel doit donc être formé et informé (affichage) sur les mesures d'urgence à appliquer, à savoir :

- Arrêt immédiat de l'engin d'où provient la fuite ;
- Avertir le plus rapidement possible le service mécanique concerné ;
- Si possible, étancher la fuite ;

- Si la fuite persiste, poser un bac de vidange ou un autre contenant pour récupérer les produits polluants continuant à se déverser ;
- Mettre en place des produits absorbants (sciure de bois, boudins, granulés, feuilles absorbantes, etc.) pour récupérer le maximum de produits polluants déversés ;
- Limiter au maximum l'étendue du polluant :
    - Cas d'un déversement sur le sol : reconnaître le cheminement du produit et contenir la dispersion du polluant à l'aide de barrage de terre, de boudins, etc. ;
    - Cas d'un déversement dans l'eau (huile notamment) : isoler la pollution en surface (dans les zones de faible turbulence) grâce à des boudins ou à des barrages absorbants flottants.
    - En cas de déversement de polluants (hydrocarbures) directement dans les eaux de la rivière ou du contre-canal, il conviendra de compléter les mesures d'urgence définies ci-dessus par :
        - L'épandage de produits absorbants ;
        - La mobilisation d'une société spécialisée dans le pompage des eaux de surface souillées.

b. Évacuation et traitement des sols pollués

En fonction des caractéristiques de la pollution, des procédés de traitement des eaux et/ou des sols devront être mis en œuvre. Dans le cas de déversement de polluants sur le sol, hydrocarbures notamment, les mesures d'urgence définies précédemment seront complétées des mesures suivantes :

- Décapage soigneux de la zone polluée avec une pelle jusqu'au sol sain ;
- Stockage de la terre polluée à l'écart du milieu sensible, sur aire étanche type polyane ;
- Évacuation rapide des sols pollués par une entreprise spécialisée vers un site agréé.

8.4.2 En phase d'exploitation

En cas de pollution accidentelle, des procédures d'intervention et de traitement sont prévues.

8.4.2.1 Accidents matériels et corporels

Le gestionnaire d'ouvrage doit quant à lui élaborer un plan d'intervention et de sécurité (PIS). Celui-ci mettra notamment en place :

- Les modalités d'identification de l'accident (localisation exacte, nombre et type de véhicules impliqués, nature des matières concernées) ;
- Les personnes et les organismes à prévenir (compétence, coordonnées et ordre de priorité) ;
- Les moyens disponibles autour du site (localisation, itinéraire d'accès, descriptif, modalités et priorités de mise en œuvre).

8.4.2.2 Procédure d'intervention en cas de pollution accidentelle

L'urgence et l'efficacité imposent d'agir avec rigueur et clarté en cas d'alerte, en utilisant des procédures connues de tous les intervenants. Un document de référence largement diffusé et l'information de l'ensemble des équipes sont nécessaires.

Les services préfectoraux disposent d'un plan de secours spécialisé (PSS) en matière de pollution accidentelle des eaux intérieures. Il a pour objectif d'organiser et de planifier la lutte contre les pollutions accidentelles des eaux superficielles et souterraines.

8.4.2.3 Traitement de la pollution sur la voirie et les parkings

Plusieurs types d'interventions seront nécessaires après l'accident. La pollution sera d'abord neutralisée, traitée, puis les milieux atteints seront remis en état :

- Neutralisation de la source de pollution ;
- Stopper le déversement ;
- Recueillir les liquides et les produits contaminants ;
- Prendre des mesures contre la propagation de la pollution dans le sol et les eaux (barrages de terres, de sable, etc.) ;
- Neutraliser le produit,
- Évaluation de l'atteinte au milieu et réhabilitation et surveillance des sols, des eaux souterraines et des eaux de surface.

8.4.2.4 Mesures de prévention et réduction des pollutions accidentelles

Afin de prévenir les pollutions accidentelles, et en cas d'occurrence, d'en limiter leurs effets, les mesures suivantes seront intégrées au projet :

- Signalisation des zones et ouvrages à risques ainsi que des moyens d'intervention : stockage de carburant ou de produit liquide potentiellement polluant, zone de circulation et de livraison poids-lourds, ouvrage de traitement, vanne de sécurité, dispositif incendie, kit anti-pollution, barrage anti-pollution etc.
- Notamment vitesse réduite et circulation balisée pour les véhicules transportant des produits polluants ;
- Établissement de procédures d'intervention en cas d'incident ;
- Formation des intervenants sur le site ;
- Installation de vanne d'isolement sur les réseaux pluviaux ;
- Création de rétentions des eaux d'extinction d'incendie.

9 EVOLUTION PROBABLE DE L'ENVIRONNEMENT : SCENARIO PROJET ET SCENARIO AU FIL DE L'EAU

La réforme de l'évaluation environnementale du 3 août 2016 introduit la notion du scénario de référence. Il est décrit comme l'évolution probable de l'environnement en cas de mise en œuvre du projet. À contrario, le scénario au fil de l'eau traduit une évolution probable de l'environnement en l'absence de mise en œuvre du projet.

Les thématiques étudiées dans la description de l'état actuel de l'environnement sont présentées ci-après et les interactions susceptibles d'exister décrites. L'analyse s'appuie en partie sur l'évaluation environnementale du SCOT du TO et le scénario fil de l'eau que ce dernier a défini.

Intensité de l'impact	Positif	Négligeable	Faible	Modéré	Fort

Thèmes	**Scénario de référence :** Il s'agit de la mise en œuvre du projet de ZAC Cambaie objet de la présente étude d'impact	**Scénario au fil de l'eau** Un scénario d'absence d'aménagement, en dépit des objectifs des divers documents de planification (SAR/SCoT/PLU)
Climat et artificialisation des sols	Comme tout projet d'aménagement, le projet est consommateur d'énergie, consommateur d'espace (2,7ha imperméabilisés) et générateur de pollution de l'air. Le projet est compatible avec les outils de planification relatifs au climat à l'air et à l'énergie. Il prévoit de maximiser la végétalisation des voies et la perméabilité, en particulier des axes de déplacements en mobilité active en s'appuyant sur le rôle du végétal dans les flux de chaleur et de vapeur d'eau dans la ville (ombrage, ventilation, taux d'humidité de l'air et réduction de l'effet ilot de chaleur…). Les infrastructures de transport intègrent des voies de transport en commun et de mobilité active en site propre. L'amélioration et le développement des transports collectifs permettent de répondre aux objectifs d'amélioration de lutte contre le réchauffement climatique, en accord avec les orientations des lois Grenelle 1 et 2.	L'exploitation des carrières sur Cambaie entraîne un défrichement des parcelles concernées. En l'absence du projet, l'extension d'exploitation des carrières se poursuivra sur la plaine de Cambaie. Par ailleurs, au regard de la croissance démographique, si l'urbanisation n'est pas réalisée sur site, la pression d'urbanisation continuera à peser sur les hauts et les mi hauts avec des densités moindres un mitage des milieux naturels plus important et une continuité dans le désordre territoriale relatif à l'éloignement des zones résidentielles des zones économiques.
Ressource en eau	Le projet prévoit un large programme de plantation visant des espaces publics résilient. Le besoin en eau est assuré par le réseau d'eau brutes présent sous l'axe mixte. Le projet permet par ailleurs le développement du projet Ecocité sur la Plaine de Cambaie. Ce développement résidentiel et agricole entrainera des consommations d'eau potable supplémentaires Néanmoins l'intensification de l'urbanisation existante favorisera les économies d'eau potable (moins de pertes sur les réseaux).	Si l'urbanisation n'est pas réalisée sur site, la pression d'urbanisation continuera à peser sur les hauts et les mi haut avec des prélèvements sur la ressource en eau potable au moins équivalent.
Ressource minérale	Le projet est conforme au périmètre d'extraction global a été défini en 2013 entre le TO, l'État et les carriers.	L'absence de réalisation du projet d'aménagement permet l'exploitation maximale du gisement minéral.

Topographie	Le projet s'appuie sur le terrain naturel mais nécessite d'importants déblais pour le recalibrage de la ravine la Plaine et remblais pour le passage de l'axe mixte dans l'ancienne carrière SCPR.	L'absence de réalisation du projet d'aménagement permet l'exploitation maximale du gisement minéral et entraînera ainsi des excavations sur le périmètre carrière défini au Schéma Départemental des Carrières.
Risques naturels	Le projet d'aménagement prévoit l'amélioration des conditions d'écoulements de la ravine du Piton Défaud et de la Ravine la Plaine Le projet apporte donc une très forte amélioration de la situation actuelle pour les habitants du Quartier Jacquot Le projet est compatible avec le Plan de Prévention des Risques Littoraux. Un projet de restauration écologique de la forêt Littoral participera à résorber le risque érosif.	Les désordres issus de la Ravine Piton Defaud et Ravine la Plaine perdureront
Hydrogéologie Hydrologie	Le projet constitue une opération urbaine sur un bassin versant fragile, constituée par une ressource d'eau stratégique pour les eaux souterraines et par un plan d'eau de transition classée Réserve Naturelle Nationale. Comme tout projet urbain le risque de pollution des eaux de surfaces et des eaux souterraines est potentialisé. Les eaux polluées provenant de la voirie et des zones de stationnement seront déversées dans des bassins composés d'une partie décantation d'aspect technique et d'une partie infiltration/rétention plus paysagère. Le projet prévoit la mise en place de noue d'infiltration végétalisée le long des voies.	En l'absence d'aménagement, l'impact sur les eaux superficielles et souterraines est lié à l'exploitation des carrières qui prévoit une limite d'extraction à 2m du toit de la nappe (2 m au-dessus de la cote des plus hautes eaux connues) et une exigence de surveillance du fonctionnement hydrogéologique de cette dernière. Le maintien d'une couche d'alluvions non remaniées d'une épaisseur minimale de 2 à 2,5 mètres lors de l'extraction au-dessus de la limite des plus hautes eaux de la nappe, représente une mesure d'évitement des impacts.
Milieu naturel et semi naturel	La réalisation du scénario de référence entraîne un recul des milieux naturels dits « ordinaires ». Bien que le site soit constitué majoritairement d'espèces exotiques et envahissantes, ces espaces constituent néanmoins une zone d'habitat et de ressource alimentaire pour l'avifaune et les chiroptères. Le projet aura nécessairement un impact en phase travaux sur la suppression d'espèce et leurs dérangements. L'étude d'impact décrit l'absence d'impact résiduel et les travaux d'effacement de radier et d'amélioration de la ravine constituent une amélioration des conditions de circulation des espèces.	En l'absence d'aménagement sur le site, ce dernier continuera de constituer un milieu semi-naturel qui risque en partie de faire l'objet d'exploitation de carrières. Néanmoins après remise en état, les sols continueront de constituer des milieux semi-naturels favorables à la faune et à la flore. En l'absence de réalisation du scénario de référence, la pression d'urbanisation continuera à peser sur les hauts et les mi hauts avec des densités moindres un mitage des milieux naturels plus important

Milieu humain **Démographie, équilibre territorial, mobilité**	Le projet de prolongement de l'Axe mixte constitue en soi une amélioration des conditions de circulation et d'accessibilité du secteur. Ce chaînon manquant du réseau viaire de l'Ouest permettra de poursuivre la liaison urbaine entre Le Port et Saint-Paul mais aussi de développer la desserte en transport en commun du territoire, grâce à des voies dédiées. Le prolongement de l'Axe mixte décidé par la Région a largement contribué au choix du positionnement et du périmètre de la ZAC Cambaie Omega. Cette dernière qui constitue la première opération publique d'aménagement réalisée sur le secteur stratégique de l'Ecocité « Plaine de Cambaie poursuit les objectifs de développer un nouveau quartier urbain dans le cœur de l'agglomération du TO Le projet participe au rééquilibrage du territoire en développant le logement sur le littoral où se concentrent les principales zones d'emploi, des grands équipements commerciaux, des installations et espaces de loisirs	L'absence de réalisation du projet ne permet pas l'amélioration des conditions de circulation sur le secteur. Au regard de la croissance démographique, si l'urbanisation n'est pas réalisée sur site, la pression d'urbanisation continuera à peser sur les hauts et les mi hauts avec des densités moindres, une consommation plus importante des espaces et une accentuation du désordre territoriale relatif à l'éloignement des zones résidentielles des zones économiques.
Paysage	Le projet de prolongement de l'axe mixte, puis à sa suite, de ZAC va transformer le paysage du site en profondeur par une mutation progressive de la vocation et de la structuration des espaces : agriculture, trame végétale, et urbanisation. L'impact visuel de cette urbanisation est tempéré par d'importantes mesures d'insertion environnementales et paysagères. S'agissant de l'infrastructure stricto sensu, son adossement à la RN1, laquelle le surplombe limite sensiblement les impacts. Le projet prévoit la suppression du radier existant sur la ravine la Plaine .Ce passage en radier impacte le paysage d'une des rares ouvertures visuelles vers l'étang. Il est projeté de supprimer ce radier et d'aménager à son endroit une passerelle piétonne du même type que celle qui traverse la ravine de l'étang juste à l'aval. Aussi le projet prévoit la plantation d'environ 1600 arbres. Cette plantation vient réduire l'impact de la suppression par la réalisation de l'infrastructure des 132 arbres. Le projet plante 6fois plus d'arbres qu'il en a été supprimé. Il s'agira néanmoins d'arbres jeunes, baliveaux, qui mettront de nombreuses années pour présenter le même intérêt paysager, de confort thermique et de puits de carbone que des espèces matures.	En l'absence d'aménagement, le paysage de savane s'enfrichera peu à peu avec une strate arbustive d'espèces invasives qui laissera place localement à la poursuite de l'exploitation de matériaux sur le site ;

10 ANALYSE DES METHODES D'EVALUATION

10.1 METHODES MISES EN ŒUVRE

10.1.1 Prospections faune/flore

Les conditions de réalisation de l'étude faune flore sont décrites dans l'étude de Biotope en Annexe 2.

10.1.2 Etude hydraulique

Les conditions de réalisation de l'étude hydraulique sont décrites dans l'étude complète en Annexe 1

10.1.3 Étude acoustique

Les conditions de mesure et d'interprétation des résultats suivent les prescriptions énoncées par la méthode de constat décrite dans la norme NFS 31-010. Ils sont présentés en Annexe 3.

10.1.4 Etude air

Les conditions de mesure et d'interprétation des résultats sont présentés en Annexe 4.

10.2 ACQUISITIONS DE DONNEES

10.2.1 Bibliographie

L'analyse de l'état initial du site s'est appuyée sur les informations et documents recueillis auprès des bureaux d'études et des différents services et organismes environnementaux :

- Pour la description du projet
    - TO. 2015. ÉcoCité insulaire et tropicale de la Réunion. **Plan guide durable de l'EcoCité insulaire**-MS1. Ateliers Lion Associés | Zone UP | Artelia | JM Gleizes
    - TO. 2015. ÉcoCité insulaire et tropicale de la Réunion. **Étude Mobilité**. Ateliers Lion Associés | Zone UP | Artelia | JM Gleizes
    - TO. 2016. ÉcoCité insulaire et tropicale de la Réunion. **Approfondissement de Cambaie, Plaine des Loisirs, Henri Cornu et Savanna**- MS22 - Rapport d'esquisse. Ateliers Lion Associés | Zone UP | Artelia | JM Gleizes
    - TO. 2017. ÉcoCité insulaire et tropicale de la Réunion. **Montage opérationnel de la Tranche 1 de la Plaine de Cambaie.** Egis | CMN Partners | Stratorial finances | CMS Lefebvre
    - TO. 2016. ÉcoCité insulaire et tropicale de la Réunion. **Études de pré programmation, d'esquisse urbaine et de faisabilité** - MS22 – Évaluation environnementale à l'échelle cœur d'agglomération. Ateliers Lion Associés | Zone UP | Artelia | JM Gleizes
    - TO. 2017. ÉcoCité insulaire et tropicale de la Réunion. Études de pré programmation, d'esquisse urbaine et de faisabilité - MS22 – **Évaluation environnementale à l'échelle cœur d'agglomération**. Ateliers Lion Associés | Zone UP | Artelia | JM Gleizes
    - TO. 2017. ÉcoCité insulaire et tropicale de la Réunion. **Etudes préliminaires du prolongement de l'axe mixte**. Artelia/Zone Up

- TO. 2019. ÉcoCité insulaire et tropicale de la Réunion. Études de pré programmation, d'esquisse urbaine et de faisabilité - MS13 – **Schéma d'aménagement sur la Plaine de Cambaie.** Ateliers Lion Associés | Zone UP | Artelia | JM Gleizes
- TO. 2019. ÉcoCité insulaire et tropicale de la Réunion. Études de pré programmation, d'esquisse urbaine et de faisabilité - MS14 – **Schéma Directeur des Espaces Publics sur la Plaine de Cambaie**. Ateliers Lion Associés | Zone UP | Artelia | JM Gleizes
- GIP ÉcoCité– Groupement d'Intérêt Politique. 2019. ÉcoCité insulaire et tropicale de la Réunion. **Mise à jour du Plan guide durable de l'EcoCité insulaire**. Ateliers Lion Associés, | Zone UP | Artelia | JM Gleizes
- GIP ÉcoCité– Groupement d'Intérêt Politique. 2020. **Projet partenarial d'aménagement ÉcoCité**
- GIP ÉcoCité– Groupement d'Intérêt Politique. 2020. ÉcoCité insulaire et tropicale de la Réunion. **Mise à jour de l'étude mobilité**. Ateliers Lion Associés, | Zone UP | Artelia | JM Gleizes
- GIP ÉcoCité– Groupement d'Intérêt Politique. 2020. ÉcoCité insulaire et tropicale de la Réunion. **ZAC Cambaie – Dossier de Création.** Ateliers Lion Associés, | Zone UP | Artelia | JM Gleizes
- Région Réunion. 2022. **Prolongement et réaménagement de l'axe mixte de Saint-Paul. Rapport Avant-Projet.** Artelia/ZoneUp/Villes et Paysages/Strater/Biotope
- Région Réunion. 2021. **Bilan de la concertation code urb. du prolongement de l'axe mixte**.

- Pour la thématique « Eau » :
  - SAGE/SDAGE ;
  - SDEP de Saint Paul ;
  - Projet de PAPI ;
  - Périmètre de Protection AEP.
  - Arrêtés préfectoraux du 27 juillet 1999 et du 14 juin 2019 qui réglementent le forage Oméga
  - Région Réunion. 2020. Prolongement et réaménagement de l'axe mixte de Saint-Paul. Note de cadrage hydraulique. Artelia
  - Région Réunion. 2022. Prolongement et réaménagement de l'axe mixte de Saint-Paul. Rapport Avant-Projet. Artelia/ZoneUp/Villes et Paysages/Strater/Biotope

- Pour la thématique « Risque »
  - Ville de Saint Paul. 2016. Plan de Prévention des Risques (PPR) naturels prévisibles sur la commune de Saint-Paul.
  - Ville de Saint Paul. 2018. Plan de Prévention des Risques Littoraux (PPRL)
  - Plan Départemental de Protection des Forêts Contre les Incendies (PDPFCI) de l'ile de la Réunion 2017-2027

- Pour la thématique Sol :
  - Région Réunion. 2022. **Prolongement de l'axe mixte. Diagnostic sur enrobé**. Lacq
  - Région Réunion. 2022. **Prolongement de l'axe mixte. Etude G5 – Prélèvements et analyses sur les sols.** Lacq
  - Région Réunion. 2021. **Prolongement de l'axe mixte. G1/G2.** Ginger CEBTP
  - TO. 2016. Etude de pollution radiologique sur le rond de l'ancienne antenne OMEGA. Groupe Antea
  - Cartographies du BRGM ;
  - Base de données BASOL et BASIAS ;

- Pour la thématique Milieu humain :
  - TO. 2016. Schéma de Cohérence Territoriale

- Données INSEE ;
- Base Mérimée (monuments historiques) ;
- Données DEAL sur le bruit des infrastructures de transport terrestres ;
- OFEV, 2009 -Protection de l'air sur les chantiers -Directive concernant les mesures d'exploitation et les mesures techniques visant à limiter les émissions de polluants atmosphériques des chantiers (Directive Air Chantiers). L'environnement pratique, UV-0901-F, 29pp.

- Pour la thématique milieu naturel :
  - DEAL Réunion. 2017. Aménagement Urbain Biodiversité et Éclairage sur l'ile de la Réunion. Cerema
  - Établissement Public Foncier de La Réunion. 2020. Inventaire chauves-souris du bâtiment technique de l'ancienne antenne Oméga. Groupe Chiroptères Océan Indien (GCOI) CHIROPTÈRES OCÉAN INDIEN
  - Réserve Naturelle Étang de Saint Paul. Plan de gestion 2015-2020. Biotope
  - ONF. Plan d'aménagement 2020-2039 de la forêt domaniale de Saint Paul
- Pour la thématique énergie
  - Région Réunion. 2013. Schéma Régional Climat Air Énergie (SRCAE) et PPE2019-2028
  - TO. 2015. Plan Climat Énergie Territorial (PCET)
- Pour la compatibilité aux schémas, plans et programmes :
  - SAR/SMVM 2011, PLU, SCoT 2016, PDU, SDAGE, SAGE …
- Impacts cumulés
  - Avis MRAE. 2021.Opale Alsei. Opération d'aménagement « Espace économique Henri CORNU » sur le territoire de la commune de Saint-Paul
  - Avis MRAE. 2021. TO. ZAC Cambaie Oméga. Absence d'avis.
  - Avis MRAE. 2020. Total Quadran. Projet de centrale photovoltaïque au sol – décharge de Cambaie.
  - Avis MRAE. 2020. Holcim. Modification de l'autorisation d'exploiter la carrière au lieu dit « Plaine Défaud » sur la commune de Saint-Paul
  - Avis MRAE.2020. Société de Concassage et de Préfabrication de La Réunion. Projet d'extension d'une carrière de matériaux alluvionnaires sur la commune de Saint-Paul au lieu-dit « plaine Chabrier »

10.2.2 Réunions et consultations

Suite à l'approbation du plan guide Ecocité en juin 2015, le TO a souhaité engager à court terme une première phase d'aménagement au sein de la plaine de Cambaie, phase qui s'articule autour de l'axe mixte prolongé. C'est dans cette optique que le TO, la Région, le Département et la Commune de Saint-Paul ont signé en mai 2017 une convention de co-maitrise d'ouvrage pour la réalisation des études préliminaires de ce prolongement de l'axe mixte.

Suite à ces études, la Région et le TO ont réalisé, également en co-MOA, les études de faisabilité du RRTG Ouest et du Tram 'Ouest, sur un périmètre plus large que celui de la présente opération, et allant de Saint Paul à Saint Denis.

Ces études préliminaires ont permis le lancement des études d'avant-projet AVP de prolongement et réaménagement de l'Axe Mixte en Maitrise d'Ouvrage Région.

Concertation : Ces études AVP ont organisé le lancement d'une concertation prise au titre du code de l'urbanisme qui a été organisée par la Région Réunion sur 6 semaines du 9 novembre au 18 décembre 2020 avec un dispositif complet qui a donné la possibilité à chacun de s'informer et de contribuer. La concertation s'est adressé à l'ensemble des acteurs et habitants du territoire Ouest, et notamment les habitants du quartier Jacquot à Saint-Paul – directement concernés par les aménagements – ou encore les acteurs économiques proches de Cambaie. Notez que sur la même période, du 9 novembre au 18 décembre 2020, le TO a conduit une concertation dédiée au projet de ZAC Cambaie-Oméga, au sein de laquelle un écoquartier verra le jour dès 2025. En effet les enjeux de mobilité étant intrinsèquement liés aux enjeux

d'aménagement urbain, les deux maîtres d'ouvrage ont choisi de mener leur concertation de façon concomitante pour faciliter la compréhension globale du public de l'aménagement du territoire.

Plusieurs actions et outils avaient pour objectif d'informer le public sur la concertation ainsi que le projet et plusieurs moyens ont été mis à disposition pour contribuer :

- De dispositifs d'annonces et d'information : Articles de presse, flyer, conférence de presse, affiche, exposition de panneaux informatifs, pages web dédiée
- De dispositifs de participation : Une adresse mail pour recueillir les contributions, une plateforme web, un questionnaire distribué lors des rencontres publiques
- Deux réunions publiques qui se sont tenues les 17 novembre au Ciné Cambaie, et 3 décembre à l'école d'architecture du Port
- Plusieurs ateliers thématiques dédié au monde économique, dédié aux riverains du quartier Jacquot, dédié aux cyclistes.

Consultation : Sous la conduite de Karim LECHLECH, Isabelle MOREL et Cedric MAULAVE, la Région Réunion a par ailleurs travaillé pendant toute la période de pré instruction en collaboration avec tous les acteurs de l'aménagement : GIP EcoCité / TO/ DEAL / Mairie de Saint Paul / Réserve Naturelle de Saint Paul / Paysagiste conseil de la DEAL / concessionnaires/ DRAC OI/ONF…et a mis en place COTECH et COPIL pour associer les acteurs du territoire à la prise de décisions.

Ci-dessous sont listées les principales réunions d'échanges réalisées pour le projet au stade de l'AVP. :

Plus dans le détail :

- **COTECH PHASE AVP. Novembre 2021 – Réunion de présentation de l'AVP 1, description du bilan de la** concertation, arbitrages techniques
  - REGION REUNION
  - DEAL
  - Mairie
  - L'équipe de maitrise d'œuvre
    - ARTELIA/TPIC/VILLES ET PAYSAGES/ZONEUP
- **Coordination projets EcoCité et Axe Mixte. Décembre 2021**
  - REGION REUNION
  - GIP ECOCITE
  - TO
  - L'équipe de maitrise d'œuvre
    - ARTELIA/TPIC/VILLES ET PAYSAGES/ZONEUP/Ateliers Lio
- **Echanges avec le paysagiste de la DEAL. Décembre 2021**
  - REGION REUNION
  - DEAL

- TO
- L'équipe de maitrise d'œuvre
  - ARTELIA/ZONEUP/

- **Cadrage DEAL. Décembre 2021 – Réunion de présentation de l'AVP 1, description du bilan de la concertation,** arbitrages techniques
  - REGION REUNION
  - GIP ECOCITE
  - DEAL
  - L'équipe de maitrise d'œuvre
    - ARTELIA
- **COPIL AVP. Décembre 2021** – Présentation des points essentiels issus des études AVP et recueil des avis des différents partenaires.
  - REGION REUNION
  - RESERVE NATURELLE DE L'ETANG
  - TO
  - DEAL
  - Mairie
  - L'équipe de maitrise d'œuvre
    - ARTELIA /ZONEUP
- **Surverse de la Ravine la Plaine. Janvier 2022** – L'objet de la réunion a été de rappeler les études menées sur les aménagements hydrauliques de la ravine la Plaine et leurs interfaces avec le projet de prolongement de l'axe mixte, afin de statuer sur l'intégration ou non de l'ouvrage de la surverse au projet d'axe mixte.
  - REGION REUNION
  - GIP ECOCITE
  - TO
  - DEAL
  - L'équipe de maitrise d'œuvre
    - ARTELIA
- **Echanges avec la réserve de l'Etang de Saint-Paul –Mars 2022** – L'objet de la réunion est de présenter le projet de prolongement de l'axe mixte de Saint-Paul et de recueillir les préconisations de la réserve de l'Etang de Saint-Paul sur le traitement paysager et environnemental de la ravine la Plaine.
  - REGION REUNION
  - RESERVE NATURELLE DE L'ETANG
  - L'équipe de maitrise d'œuvre
    - ARTELIA/ZONEUP/BIOTOPE
- **Cadrage DEAL. Avril 2022 – Retour de la DEAL sur le cadrage réglementaire.** Cette réunion a eu pour objet d'échanger sur les observations de la DEAL sur le cadrage règlementaire, dans le but de préciser les futurs dossiers à déposer et le parcours réglementaire du projet**.**
  - REGION REUNION
  - GIP ECOCITE
  - DEAL
  - AUTORITE ENVIRONNEMENTALE
  - L'équipe de maitrise d'œuvre
    - ARTELIA/ZONEUP

Le cadrage est annexée en Annexe 5

- **COTECH AVP 2. Décembre 2022 – Réunion de présentation de l'AVP 2.** L'objet du Cotech a été de présenter une synthèse des échanges eus sur l'AVP v1 rendu en Octobre 2021 et leur intégration dans l'AVP 2.
  - REGION REUNION
  - DEAL
  - GIP
  - TO
  - SPL Grand Ouest
  - Mairie
  - L'équipe de maitrise d'œuvre
    - ARTELIA/ZONEUP
- **COPIL AVP 2. Février 2023 – Réunion de présentation de l'AVP 2.** L'objet du Cotech a été de présenter une synthèse des échanges eus sur l'AVP v1 rendu en Octobre 2021 et leur intégration dans l'AVP 2.
  - REGION REUNION
  - Préfecture
  - DEAL
  - GIP
  - TO
  - Mairie
  - L'équipe de maitrise d'œuvre
    - ARTELIA/ZONEUP

- **Réunion sur la stratégie végétale. Février 2023 –** La réunion a visé à échanger sur la stratégie végétale mise en œuvre dans le cadre du projet de prolongement de l'axe mixte.
  - REGION REUNION
  - Mairie
  - L'équipe de maitrise d'œuvre
    - ARTELIA/ZONEUP

10.3 IDENTIFICATION DES DIFFICULTES RENCONTREES

Prise en compte du projet urbain Ecocité : Le prolongement de l'axe mixte existant est un projet dont l'intérêt d'ordre régional dépasse la seule vocation de liaison routière du projet urbain de ZAC Cambaie et le choix de faire deux évaluations environnementales distinctes pour la ZAC Cambaie Omega et ce projet d'infrastructure a été partagé avec les services de l'Etat.

Pour autant la coordination forte entre les deux projets repose sur une alimentation successive et réciproques des études et dossiers réglementaires des deux projets de manière à actualiser à chaque étape de conception les connaissances et les interfaces.

Ainsi des réflexions particulières ont été prises sur certaines des thématiques d'études pour ne pas simplement poser l'infrastructure sur l'existant mais bien prendre en compte le futur projet urbain décliné dans le plan guide. Il a s'agit notamment des enjeux de mobilités, d'air et de bruit, mais d'autres réflexions et anticipations ont également été prises sur les réseaux, sur les ilots de chaleur, sur la végétalisation, sur l'imbrication de l'infrastructure dans le futur quartier.

Le recalibrage de la Ravine la Plaine : Rappelons que l'objectif recherché de ce recalibrage est de dégager une place suffisante pour un profil en travers de l'axe mixte qui conserve les sites propres pour les transports en communs, les véhicules, les vélos et les piétons. Mais ce recalibrage participe également à la mise hors d'eau du quartier Jacquot vis-à-vis des débordements de la Ravine La Plaine. La Région Réunion prévoit également en limite de la Réserve Naturelle de l'Etang de Saint Paul la suppression d'un radier et son remplacement par une passerelle piétons/cycle. Ces travaux de recalibrage, de suppression du radier et de réalisation de franchissements ont nécessité des réflexions particulières en terme de méthodologie de réalisation sur des milieux en partie toujours en eau (radier, passerelle, franchissement principal). L'approche multidisciplinaire a été engagée avec des spécialistes des milieux naturels, du génie civil et de l'hydraulique de sorte à la meilleure prise en compte de la Réserve Naturelle zone humide internationale reconnue par la labellisation RAMSAR.

La noue paysage : Le projet a nécessité un travail important sur les noues. En effet, au regard de la place disponible et du large profil en travers nécessaire aux sites propres des différentes mobilités, la noue doit guider et infiltrer l'eau conformément au SDEP de Saint Paul mais doit également répondre aux besoins de plantation décrit au plan guide Ecocité qui souhaite une ville verte et résiliente.

Or ces deux souhaits sont peu compatibles au même endroit. Le besoin hydraulique nécessite une végétation herbacée qui plie au passage de la crue et dont la végétation retient la pollution, laquelle peut être facilement extraite ; quand le souhait de paysage et de solution aux îlots de chaleur urbain oriente d'avantage les choix vers des strates arbustives et surtout arborée. Il est finalement présenté une noue paysagère sur une rive, laquelle présente une pente douce favorable au maintien de la végétation arborée et arbustive, et un lit et la seconde rive dédiée au rôle hydrique de la noue.

Le moindre impact de la phase travaux sur la mobilité du quartier Jacquot : Le projet présente la difficulté dans le secteur 2 de créer une liaison routière en interface avec les deux portes d'entrées (avenue du stade via RN1 et radier) du Quartier Jacquot. Or ce quartier compte selon l'INSEE en 2011 une population de 1150hab, 262 entreprises, 1 collège, 1 cinéma, 1 stade des expositions. Il a donc été primordial d'organiser les travaux de sorte à ne pas impacter ces deux entrées sorties. On trouve dans la présente étude une solution de phasage qui nécessite néanmoins de réaliser la suppression du radier uniquement lorsque les secteurs 1 et 2 seront en exploitation.

10.4 AUTEURS DE L'ETUDE

Bureau d'études ARTELIA :

Anne-Laure GAUDIEUX (**AGx**), responsable du pôle environnement. Anne Laure a constitué la porte d'entrée principale de la Maitrise d'Ouvrage et des services de l'Etat pour le cadrage réglementaire du projet. Elle a assuré la coordination des études et le contrôle qualité de la présente étude d'impact.

Matthias BRENIER **(MBr**), ingénieur réglementaire pour la réalisation de la présente étude d'impact Projet valant Autorisation codifiée par les articles L214-1 à L214-11 du code de l'environnement. Il a travaillé sur la recherche de la meilleure intégration environnementale du projet et à la prise en compte des enjeux par la maitrise d'œuvre urbaine. Il s'est assuré du caractère complet et synthétique de l'étude d'impact, toujours en cherchant à rendre accessible au lecteur non spécialiste de l'enquête publique les éléments techniques des experts. Les études complètes sont toujours annexées à l'étude.

Theo JEZEQUEL, chef de projet Infrastructure & Mobilité de l'opération. Ingénieur génie civil, il a été l'interlocuteur principal du Maître d'Ouvrage pendant toute les phases de construction du projet. Il a travaillé avec la maitrise d'œuvre environnementale de sorte à construire un projet qui considère les différents enjeux.

Yvon MENSENCAL a travaillé sur les modélisations numériques liés aux ravines Piton Defaud et Ravine la Plaine. Ingénieur hydraulicien de formation, Yvon a expérience variée des méthodes de simulation hydrodynamique, sédimentologique et de qualité des eaux (1D, 2D et 3D). Sa compétence principale est la modélisation numérique appliquée aux milieux fluviaux, estuariens, côtiers et maritimes.

Laurent DAVID et Sébastien GUERMONPREZ, ingénieurs hydrauliques sur les enjeux hydrauliques, de qualité des eaux et de dimensionnement des réseaux. Tous les deux sont spécialisés sur l'hydraulique fluviale et urbaine et les études réglementaires dédiées.

Emmanuelle REY et Mélanie MAGNAND sont spécialisées dans les études liées à la pollution de l'air et dans l'analyse des nuisances sonores (dans les domaines des transports, de l'aménagement urbain et industriel) au sein de l'unité Risques Industriels Sanitaires et Chimiques de la branche Environnement d'ARTELIA.

Isabelle GOY, technicienne environnement polyvalente, sur l'échantillonnage de terrain des mesures acoustiques et air. Elle intervient sur toutes les mesures dédiées à l'air et au bruit de l'Agence Réunion et applique ainsi les bonnes conditions de réalisation des mesurages.;

David BEGAUD, ingénieur mobilité pour les études de trafics et de mobilité Ecocité

TP Ingénierie Conseil

Thomas PAUCHET, Ingénieur sur la spécialité Ouvrages d'Arts

Biotope

Johanna BARTHELEMY et Ludovic BONIN, chefs de projet environnement

ANNEXE 1 Etude hydraulique - ARTELIA

Prolongement et réaménagement de l'axe mixte de Saint-Paul

Maîtrise d'oeuvre

ANNEXE_ETUDE HYDRAULIQUE

Prolongement et réaménagement de l'axe mixte de Saint-Paul
Maîtrise d'oeuvre
Région Réunion

VERSION	DESCRIPTION	ÉTABLI(E) PAR	APPROUVÉ(E) PAR	DATE
1	Première émission provisoire	Sébastien GUERMONPREZ / Yvon MENSENCAL	Ludovic DURAND	29/10/2021
2	Rendu AVP v2	Sébastien GUERMONPREZ / Yvon MENSENCAL	Ludovic DURAND	07/11/2022
3	Modification du réseau EP	Sébastien GUERMONPREZ		07/08/2025
4	Modification réseau EP suite observations DEAL	Sébastien GUERMONPREZ		24/04/2026

Branche Réunion Océan Indien
121 boulevard Jean Jaurès - CS 31005 - 97404 SAINT-DENIS Cedex – TEL : : 02 62 90 96 00 . lareunion@arteliagroup.com

ARTELIA – Siège Social : 16 rue Simone VEIL – 93400 SAINT-OUEN-SUR-SEINE . France
Capital : 12 817 270 Euros . 444 523 526 RCS Bobigny . SIRET 444 523 526 00804 . APE 7112B
N° identification TVA : FR 40 444 523 526 . www.arteliagroup.com

SOMMAIRE

1 L'ÉTUDE HYDRAULIQUE : PRISE EN COMPTE DU RISQUE INONDATION PAR LE PROJET 5

1.1 Objet de l'étude hydraulique 5

1.2 Objectifs assignés au projet vis-à-vis du risque inondation 5

1.3 Méthodologie générale 5

1.3.1 Généralités sur les modélisations mise en œuvre : des outils de modélisation adaptés au contexte hydraulique local 5

1.3.2 Limites liées à la modélisation mise en œuvre et aux hypothèses retenues 6

1.3.3 Représentation du secteur d'étude : maillage 6

1.4 Ravine Piton Défaud 6

1.4.1 Pré-analyse du fonctionnement hydraulique du secteur d'étude 6

1.4.2 Rappels bibliographiques : Etude Ecocité- Plaine de Cambaie– TCO – ARTELIA – avril 2019 10

1.4.2.1 Analyse du site et du cheminement des écoulements 10

1.4.2.2 Carrières Oméga et fonctionnement hydraulique 10

1.4.2.3 Analyse hydrologique et estimation des débits de pointe 11

1.4.2.4 Estimation des débits de pointe arrivant sur le Giratoire Cambaie 12

1.4.3 Définition des évènements hydro-météorologiques de référence 12

1.4.3.1 Méthodologie de modélisation retenue 12

1.4.3.2 Apports amont 12

1.4.3.3 Pluie de projet 13

1.4.4 Modélisation hydraulique 13

1.4.4.1 Modèle mis en œuvre 13

1.4.4.2 Calage du modèle 15

1.4.4.3 Configuration de référence 15

1.4.4.4 Etude préalables de différents scénarii d'aménagement (AVP v1) 18

1.4.4.5 Scénario retenu (AVP v2) 28

1.5 Ravine La Plaine 31

1.5.1 Rappel des débits caractéristiques de pointe 31

1.5.2 Modélisation hydraulique 31

1.5.2.1 Présentation de l'outil de modélisation 32

1.5.2.2 Etalonnage du modèle 34

1.5.2.3 Rappel des aménagements envisagés 35

1.5.2.4 Analyse de la configuration de référence (état actuel) 35

1.5.2.5 Etudes préalables à l'AVP : emprise du recalibrage de la Ravine La Plaine 37

1.5.2.6 Analyse des aménagements (AVP v1) 37

1.5.2.7 Scénario retenu (AVPv2) 44

1.5.3 Description des aménagements 56

2 DIAGNOSTIC DE LA ZONE DE PROJET 57

2.1 Etat initial 57

2.2 Etat projet 59

3 LES RÉSEAUX D'EAUX PLUVIALES 61

3.1 Réseaux existants 61

3.2 Réseaux projetés 61

3.2.1 Gestion des eaux pluviales 61

3.2.2 Traitement des eaux pluviales 64

3.2.2.1 Traitement de la pollution chronique des eaux pluviales 64

3.2.2.2 Traitement de la pollution accidentelle des eaux pluviales 67

FIGURES

Figure 1 : Position du projet d'Axe Mixte vis-à-vis des cours d'eau 5
Figure 2 : buse sous la RN1 vue de l'aval 6
Figure 3 : buse sous la RN1 vue de l'aval 6
Figure 4 : aval de la zone de rétention et fossé exutoire 7
Figure 5 : canalisation en aval de la zone de rétention 7
Figure 6 : vue en amont de la buse 7
Figure 7 : vue en aval de la buse 7
Figure 8 : buse depuis l'amont 7
Figure 9 : buse depuis l'aval 7
Figure 10 : buse sous la RN1 vue de l'aval 7
Figure 11 : fin de la canalisation des écoulements – écoulements sur la voirie 7
Figure 12 : fossé au niveau du site URCOOPA 7
Figure 13 : amont de la buse sous le site URCOOPA 7
Figure 14 : schématisation des écoulements sur le secteur amont 8
Figure 15 : fossé le long de la RN 8
Figure 16 : fossé le long de la RN 8
Figure 17 : entrée du site URCOOPA 8
Figure 18 : noue le long des voiries 8
Figure 19 : exemple de mur de séparation le long de l'Axe Mixte (côté est) 8
Figure 20 : exemple de mur de séparation le long de l'Axe Mixte (côté ouest) 8
Figure 21 : schématisation des écoulements sur le secteur central 9
Figure 22 : fin du mur côté ouest – rond-point de Cambaie 9
Figure 23 : séparateur central de chaussée 9
Figure 24 : zone de déversement possible vers les zones basses à l'ouest Giratoire de Cambaie 9
Figure 25 : schématisation des écoulements sur le secteur aval 9
Figure 26 : Ouvrages existants et cheminement des eaux en période de crue (source : étude Ecocité) 10
Figure 27 : Ecoulements sur le secteur des carrières (source : étude Ecocité) 11
Figure 28 : Découpage en bassins versants (source : étude Ecocité) 11
Figure 29 : répartition des débits au niveau du giratoire de Cambaie (source : étude Ecocité) .. 12
Figure 30 : hyétogramme associé à la pluie de projet définie 13
Figure 31 : Maillage du modèle hydraulique 14
Figure 32 : Topographie du modèle hydraulique (configuration de référence) 14
Figure 33 : Coefficients de frottement 15
Figure 34 : Configuration de référence – Evènement centennal – Débits maximaux calculés 16
Figure 35 : Configuration de référence – Evènement centennal – Hauteurs d'eau maximales... 16
Figure 36 : Configuration de référence – Evènement centennal – Hauteurs d'eau maximales (zoom 1) 16
Figure 37 : Configuration de référence – Evènement centennal – Hauteurs d'eau maximales (zoom 2) 17
Figure 38 : Configuration de référence – Evènement centennal – Hauteurs d'eau maximales (zoom 3 – Giratoire de Cambaie) 17
Figure 39 : Configuration de référence – Evènement centennal – Vitesses maximales 17
Figure 40 : Configuration de référence – Evènement centennal – Vitesses maximales (zoom 1) 17
Figure 41 : configuration de référence – Evènement centennal – Vitesses maximales (zoom 2) 18
Figure 42 : Configuration de référence – Evènement centennal – Vitesses maximales (zoom 3 – Giratoire de Cambaie) 18
Figure 43 : profils en long comparés 19
Figure 44 : Configuration « PROJET Carrefour à feux » – Topographie 19
Figure 45 : Configuration Carrefour à feux – Evènement centennal – Débits maximaux calculés 19
Figure 46 : Configuration « PROJET Carrefour à feux » – Evènement centennal – Hauteurs d'eau maximales 20
Figure 47 : Configuration « PROJET Carrefour à feux » – Evènement centennal – Hauteurs d'eau maximales (zoom 1) 20
Figure 48 : Configuration « PROJET Carrefour à feux » – Evènement centennal – Hauteurs d'eau maximales (zoom 2) 20
Figure 49 : Configuration « PROJET Carrefour à feux » – Evènement centennal – Hauteurs d'eau maximales (zoom 3 – Giratoire de Cambaie) 20
Figure 50 : Configuration « PROJET Carrefour à feux » – Evènement centennal – Vitesses maximales 21
Figure 51 : Configuration « PROJET Carrefour à feux » – Evènement centennal – Vitesses maximales (zoom 1) 21
Figure 52 : Configuration « PROJET Carrefour à feux » – Evènement centennal – Vitesses maximales (zoom 2) 21
Figure 53 : Configuration « PROJET Carrefour à feux » – Evènement centennal – Vitesses maximales (zoom 3 – Giratoire de Cambaie) 21
Figure 54 : Profils en long comparés 22
Figure 55 : Configuration « PROJET Giratoire bordures classiques » – Topographie 22
Figure 56 : Configuration « PROJET Giratoire bordures classiques » – Evènement centennal – Débits maximaux calculés 22
Figure 57 : Configuration « PROJET Giratoire bordures classiques » – Evènement centennal – Hauteurs d'eau maximales 23
Figure 58 : Configuration « PROJET Giratoire bordures classiques » – Evènement centennal – Hauteurs d'eau maximales (zoom 1) 23
Figure 59 : Configuration « PROJET Giratoire bordures classiques » – Evènement centennal – Hauteurs d'eau maximales (zoom 2) 23
Figure 60 : Configuration « PROJET Giratoire bordures classiques » – Evènement centennal – Hauteurs d'eau maximales (zoom 3) 23
Figure 61 : Configuration « PROJET Giratoire bordures classiques » – Evènement centennal – Vitesses maximales 24
Figure 62 : Configuration « PROJET Giratoire bordures classiques » – Evènement centennal – Vitesses maximales (zoom 1) 24
Figure 63 : Configuration « PROJET Giratoire bordures classiques » – Evènement centennal – Vitesses maximales (zoom 2) 24
Figure 64 : Configuration « PROJET Giratoire bordures classiques » – Evènement centennal – Vitesses maximales (zoom 3) 24
Figure 65 : exemple de bordures abaissées 25
Figure 66 : Configuration « PROJET Giratoire avec bordures abaissées » – Topographie 25
Figure 67 : Configuration Giratoire bordures abaissées– Evènement centennal – Débits maximaux calculés 25
Figure 68 : Configuration « PROJET Giratoire avec bordures abaissées » – Evènement centennal – Hauteurs d'eau maximales 26
Figure 69 : Configuration « PROJET Giratoire avec bordures abaissées » – Evènement centennal – Hauteurs d'eau maximales (zoom 1) 26
Figure 70 : Configuration « PROJET Giratoire avec bordures abaissées » – Evènement centennal – Hauteurs d'eau maximales (zoom 2) 26
Figure 71 : Configuration « PROJET Giratoire avec bordures abaissées » – Evènement centennal – Hauteurs d'eau maximales (zoom 3) 26
Figure 72 : Configuration « PROJET Giratoire avec bordures abaissées » – Evènement centennal – Vitesses maximales 27
Figure 73 : Configuration « PROJET Giratoire avec bordures abaissées » – Evènement centennal – Vitesses maximales (zoom 1) 27

Figure 74 : Configuration « PROJET Giratoire avec bordures abaissées » – Evènement centennal – Vitesses maximales (zoom 2) 27
Figure 75 : Configuration « PROJET Giratoire avec bordures abaissées » – Evènement centennal – Vitesses maximales (zoom 3) 27
Figure 76: Schématisation de l'aménagement retenu (AVPv2) 28
Figure 77 : Configuration « PROJET AVPv2 » – Topographie 28
Figure 78 : Déblais/remblais « PROJET AVPv2 » 28
Figure 79 : Configuration AVPv2– Evènement centennal – Débits maximaux calculés 29
Figure 80 : Configuration AVPv2 – Evènement centennal – Hauteurs d'eau maximales 29
Figure 81 : Configuration AVPv2 – Evènement centennal – Vitesses maximales 29
Figure 82 : Configuration AVPv2 – Evènement centennal – Impact sur les niveaux d'eau maximaux 30
Figure 83 : Délimitation des bassins versants constituant l'étang Saint-Paul 31
Figure 84 : Emprise du modèle Ravine La Plaine – Etang Saint-Paul 31
Figure 85 : Topographie du modèle 32
Figure 86 : Zoom sur la Ravine La Plaine 32
Figure 87 : Maillage : franchissement de l'Etang de Saint Paul 33
Figure 88 : Représentation des bâtiments 33
Figure 89 : Carte des coefficients de rugosité retenus 34
Figure 90 : Configuration de référence – Evènement centennal – Vitesses maximales (zoom 3 – Giratoire de Cambaie) 35
Figure 91 : Cartographie de la topographie du modèle (Etat actuel) 35
Figure 92 : Cartographie de la crue de période de retour 10 ans Crue de l'Etang Saint-Paul (Etat actuel) 36
Figure 93 : Cartographie de la crue de période de retour 10 ans Crue de la Ravine La Plaine (Etat actuel) 36
Figure 94 : Cartographie de la crue de période de retour 30 ans Crue de l'Etang Saint-Paul (Etat actuel) 36
Figure 95 : Cartographie de la crue de période de retour 30 ans Crue de la Ravine La Plaine (Etat actuel) 36
Figure 96 : Cartographie de la crue de période de retour 100 ans Crue de l'Etang Saint-Paul (Etat actuel) 37
Figure 97 : Cartographie de la crue de période de retour 100 ans Crue de la Ravine La Plaine (Etat actuel) 37
Figure 98 : Cartographie de la topographie du modèle (Etat AVP v1) 38
Figure 99 : Cartographie des déblais / remblais (Etat AVP v1) 38
Figure 100: Grille de lecture des cartographies de l'impact du projet sur les niveaux d'eau maximaux 38
Figure 101 : Cartographie de la crue de période de retour 10 ans Etang Saint-Paul (AVP v1) 39
Figure 102 : Cartographie de la crue de période de retour 10 ans La Plaine (AVP v1) 39
Figure 103 : Cartographie de la crue de période de retour 30 ans Etang Saint-Paul (AVP v1) 40
Figure 104 : Cartographie de la crue de période de retour 30 ans La Plaine (AVP v1) 40
Figure 105 : Cartographie de la crue de période de retour 100 ans Etang Saint-Paul (AVP v1) 41
Figure 106 : Cartographie de la crue de période de retour 100 ans La Plaine (AVP v1) 41
Figure 107 : Analyse de l'impact de l'AVP v1 - Q10 Crue de l'Etang 42
Figure 108 : Analyse de l'impact de l'AVP v1 - Q10 Crue de la Ravine La Plaine 42
Figure 109 : Analyse de l'impact de l'AVP v1 - Q30 Crue de l'Etang 42
Figure 110 : Analyse de l'impact de l'AVP v1 – Q30 Crue de la Ravine La Plaine 42
Figure 111 : Analyse de l'impact de l'AVP v1 - Q100 Crue de l'Etang Saint-Paul 43
Figure 112 : Analyse de l'impact de l'AVP v1 – Q100 Crue de la Ravine La Plaine 43
Figure 113: Analyse de la zone entre la Ravine La Plaine et l'Etang Saint-Paul 43
Figure 114 : Profil en long retenu au sud du franchissement de la Ravine 44
Figure 115 : Cartographie de la topographie du modèle (Etat AVP v1) 44
Figure 116 : Cartographie des déblais / remblais (Etat AVP v1) 44
Figure 117 : Cartographie de la crue de période de retour 10 ans Crue de l'Etang Saint-Paul (Configuration PROJET AVP2) 45
Figure 118 : Cartographie de la crue de période de retour 10 ans Crue de l'Etang Saint-Paul (Configuration PROJET AVP2) 45
Figure 119 : Cartographie de la crue de période de retour 10 ans Crue de la Ravine La Plaine Configuration PROJET AVP2) 46
Figure 120 : Cartographie de la crue de période de retour 10 ans Crue de la Ravine La Plaine Configuration PROJET AVP2) 46
Figure 121 : Cartographie de la crue de période de retour 30 ans Crue de l'Etang Saint-Paul (Configuration PROJET AVP2) 47
Figure 122 : Cartographie de la crue de période de retour 30 ans Crue de l'Etang Saint-Paul (Configuration PROJET AVP2) 47
Figure 123 : Cartographie de la crue de période de retour 30 ans Crue de la Ravine La Plaine (Configuration PROJET AVP2) 48
Figure 124 : Cartographie de la crue de période de retour 30 ans Crue de la Ravine La Plaine (Configuration PROJET AVP2) 48
Figure 125 : Cartographie de la crue de période de retour 100 ans Crue de l'Etang Saint-Paul (Configuration PROJET AVP2) 49
Figure 126 : Cartographie de la crue de période de retour 100 ans Crue de l'Etang Saint-Paul (Configuration PROJET AVP2) 49
Figure 127 : Cartographie de la crue de période de retour 100 ans Crue de la Ravine La Plaine (Configuration PROJET AVP2) 50
Figure 128 : Cartographie de la crue de période de retour 100 ans Crue de la Ravine La Plaine (Configuration PROJET AVP2) 50
Figure 129 : Coupe-type de la noue recueillant les eaux de ruissellement pluvial 61
Figure 130 : Profil en long type de la noue 61
Figure 131 : Profil en travers de l'axe mixte (configuration n°1) 62
Figure 132 : Profil en travers de l'axe mixte (configuration n°2) 62
Figure 133 : Bassins versants routiers du secteur n°1 62
Figure 134 : Bassins versants routiers du secteur n°2 63
Figure 135 : Implantation du bassin de rétention du secteur 1 65
Figure 136 : Implantation du bassin de rétention du BV1 du secteur 2 66
Figure 137 : Implantation du bassin de rétention du BV2 du secteur 2 66
Figure 138 : Implantation du bassin de rétention du BV3 du secteur 2 67
Figure 139 : Implantation du décanteur-lamellaire sur la bretelle de sortie de la RN 1 67

1 L'ETUDE HYDRAULIQUE : PRISE EN COMPTE DU RISQUE INONDATION PAR LE PROJET

1.1 OBJET DE L'ETUDE HYDRAULIQUE

Le projet d'Axe Mixte croise les zones potentiellement inondables par les débordements de deux cours d'eau : la Ravine Piton Défaud (sections 1 et 3) et la Ravine La Plaine (section 2).

De ce fait, le risque inondation a été pris en compte et intégré dans la conception du projet. L'objet du présent chapitre est donc de détailler celle-ci.

1.2 OBJECTIFS ASSIGNES AU PROJET VIS-A-VIS DU RISQUE INONDATION

La prise en compte du risque inondation par le projet vise au respect de deux objectifs :

- S'assurer que le projet propose un niveau de praticabilité des voiries en cohérence avec celui fixé par le gestionnaire : le projet doit permettre la circulation des véhicules jusqu'à une fréquence d'évènement hydro-météorologique fixé. Pour cela, l'étude hydraulique permet de s'assurer de la non-inondation des voiries pour les évènements d'occurrence inférieures ou égales ;
- S'assurer que le projet ne crée pas une aggravation du risque pour les tiers pour l'ensemble des évènements hydro-météorologiques jusqu'à une occurrence centennale (évènement de référence réglementaire au titre de la prévention des risques).

1.3 METHODOLOGIE GENERALE

1.3.1 Généralités sur les modélisations mise en œuvre : des outils de modélisation adaptés au contexte hydraulique local

La prise en compte du risque inondation dans les réflexions menées pour la conception du projet au stade AVP a reposé sur la mise en œuvre et sur l'exploitation de deux outils de modélisation hydraulique bidimensionnelle.

Ces deux modélisations mathématiques distinctes ont pour objet l'étude des deux principaux apports d'eaux le long de l'Axe Mixte :

- La **Ravine du Piton Défaud** qui franchit la RN 1 à hauteur de la zone d'activités de Cambaie et, en l'absence de lit marqué, rejoint de façon diffuse l'Axe Mixte actuel en s'écoulant en direction du *sud* vers la plaine Chabrier. Cette ravine intéresse tout particulièrement les sections n°1 et n°3 du projet ;
- La **Ravine La Plaine** qui franchit la RN 1 au *nord* du quartier Savanna avant de la longer, entre cette dernière et le quartier Jacquot, pour se rejeter dans l'étang Saint-Paul. Le tronçon d'Axe Mixte concerné par cette ravine est la section n°2.

A titre d'information, la figure suivante présente ces deux principaux axes d'écoulement ainsi que le tracé du projet d'Axe Mixte.

Figure 1 : Position du projet d'Axe Mixte vis-à-vis des cours d'eau

Ces deux modélisations sont décrites, en termes de conception et de résultats obtenus, dans les chapitres qui suivent.

1.3.2 Limites liées à la modélisation mise en œuvre et aux hypothèses retenues

La méthodologie mise en œuvre comporte toutefois quelques limites liées aux hypothèses de modélisation retenues (schématisation d'une réalité multiple et complexe).

Les limites associées à la modélisation mise en œuvre sont liées aux hypothèses propres aux modèles bidimensionnels et à la précision des données de base qui ont servi à leur élaboration : **la précision des résultats obtenus est directement liée à la précision de l'ensemble des données d'entrée intégrées dans le modèle.**

Certaines spécificités locales ne sont pas intégrées dans les calculs et donc pas restituées par le modèle. Citons par exemple :

- Les spécificités topographiques locales non modélisées : éléments de taille inférieure à la taille des mailles retenues, évolution récente du territoire (généralement d'origine anthropique) ;

- **Le rôle de certains éléments structurants anthropiques n'est pas représenté de manière volontaire. C'est le cas des murs, murets, clôtures, bâtiments, etc. Leur impact sur le comportement des écoulements n'est pas représenté ici.** Cette hypothèse est classique dans les études de modélisation réalisées dans le cadre de l'élaboration des PPR. En effet, il n'existe pas de garantie sur la pérennité dans le temps de ces éléments, ni sur leur tenue face à une sollicitation hydraulique ;

- De la même manière, au regard des évolutions importantes observées sur les occupations du sol sur le site ces dernières années, le coefficient de frottement représentant l'impact de la nature des sols sur le comportement des écoulements sera imposé comme homogène sur l'ensemble du secteur modélisé. Les effets locaux de concentration des écoulements sur les parties revêtues (voiries et chemins principalement) ne seront pas représentés par l'outil. Cette hypothèse permettra de caractériser les aléas uniquement à partir de la topographique de référence, **indépendamment d'une configuration temporaire d'occupation des sols** ;

- Le rôle des ouvrages hydrauliques et des éventuels embâcles n'est pas représenté sur le secteur modélisé. Le rôle du réseau pluvial n'est pas représenté (capacité d'absorption des volumes d'eau dans un éventuel réseau souterrain, dysfonctionnement ponctuel du réseau, etc.).

1.3.3 Représentation du secteur d'étude : maillage

Les modèles mis en œuvre reposent sur un maillage triangulaire qui propose une maquette informatique virtuelle du secteur d'étude. Le terrain est représenté par un assemblage de facettes triangulaires de tailles et de formes variables, nommé maillage. Ce maillage épouse avec fidélité les géométries complexes que l'on rencontre dans la nature, l'altimétrie, les chenaux préférentiels des courants, la définition précise des ouvrages du secteur (merlon, digues, …).

Ce maillage représente avec un niveau de détail très fin (mailles de 1,00 mètre) l'ensemble des éléments structurant le territoire et qui participent à la dynamique des écoulements : déblais et remblais, zones dépressionnaires, etc.

Dans le cadre de cette mission, les modèles mis en œuvre représentent deux configurations du site d'étude :

- La configuration actuelle (configuration de référence) ;

- Et la configuration aménagée, intégrant l'ensemble des éléments du projet d'Axe Mixte présentés dans ce rapport.

Sur ce maillage, le logiciel TELEMAC résout les équations bidimensionnelles régissant la dynamique des écoulements. Il calcule donc, en chaque instant de la crue et en tout point de la zone d'étude, la hauteur d'eau et la vitesse de l'écoulement. Pour cette dernière variable, le calcul restitue à la fois l'intensité de la vitesse et la direction du courant.

La force de l'approche bidimensionnelle réside dans une représentation réaliste du terrain naturel et des éléments structurants du point de vue du comportement hydraulique par le modèle numérique de terrain associé au maillage du modèle.

1.4 RAVINE PITON DEFAUD

1.4.1 Pré-analyse du fonctionnement hydraulique du secteur d'étude

Les problématiques d'inondation observées sur la zone d'étude sont mixtes : les inondations sont générées pour partie par les débordements de la Ravine Piton Défaud et pour partie par les apports du ruissellement pluvial de la zone industrielle.

La caractérisation des risques à considérer sur ce secteur nécessite donc de **prendre en considération conjointement les deux origines possibles des inondations.** Il ne s'agit donc pas ici de considérer uniquement les inondations générées par le seul débordement de la ravine comme cela est proposé par le Plan de Prévention des Risques Inondation.

Sur ce territoire, les écoulements s'effectuent en zone urbaine dense : les éléments structurants du territoire (murs de clôtures principalement) jouent donc un rôle très important sur le comportement hydraulique en canalisant les écoulements principalement sur les voiries.

Les écoulements s'effectuent sur de faibles lames d'eau et présentent des vitesses importantes dues aux pentes des voiries et à la nature des sols (sols « lisses »).

Sur cette zone, les éléments de faible taille (bordure de trottoirs, ilots séparateurs, murs de soutènement, portails ouverts, etc.) possèdent donc un rôle très important et restent des éléments complexes à modéliser.

Il est donc indispensable de réaliser une visite de terrain et une phase de pré-diagnostic poussée afin de correctement représenter dans l'outil de modélisation la configuration du territoire et les éléments structurants (éléments jouant un rôle sur le comportement hydraulique).

Une visite sur site a donc été réalisée afin de parfaitement identifier ces éléments structurants et les axes préférentiels des écoulements. Une fois identifiés, ces éléments sont intégrés dans la conception de l'outil de modélisation hydraulique mis en œuvre et décrit dans les paragraphes suivants.

Les principaux éléments structurants du territoire sont les suivants :

- La Ravine Piton Défaud concentre les écoulements du bassin versant naturel en amont de la RN1 et franchit cette voie par l'intermédiaire d'un ouvrage hydraulique conséquent (buse DN2000).

Figure 2 : buse sous la RN1 vue de l'aval

Figure 3 : buse sous la RN1 vue de l'aval

- En aval de cet ouvrage se trouve une zone dépressionnaire boisée qui sert de stockage aux eaux issues de l'amont. Cette zone est bordée en aval par la voirie de l'Avenue des Baies Roses.

- Au *sud* de cette zone, l'évacuation des eaux vers l'aval s'effectue via un caniveau béton.

Figure 4 : aval de la zone de rétention et fossé exutoire

Figure 5 : canalisation en aval de la zone de rétention

- Celui-ci se poursuit vers l'aval et sous forme de caniveaux bétonnés et de fossés, séparés par différents passages busés permettant l'accès aux parcelles.
- Au niveau de l'accès en rive gauche vers un lotissement, une buse DN1000 permet le franchissement de la voirie. Cette buse présente un fort angle par rapport à l'axe principal des écoulements. Elle est grillagée et fortement obstruée. Au niveau de celle-ci, une majeure partie des écoulements déborde donc sur la voirie.

Figure 6 : vue en amont de la buse

Figure 7 : vue en aval de la buse

Figure 8 : buse depuis l'amont

Figure 9 : buse depuis l'aval

- En aval de cet ouvrage, la canalisation est réalisée par un caniveau bétonné jusqu'à la jonction avec l'Avenue des Baies Roses. **En aval de cette intersection, les écoulements ne sont plus canalisés et s'effectuent directement sur la voirie.**

Figure 10 : buse sous la RN1 vue de l'aval

Figure 11 : fin de la canalisation des écoulements – écoulements sur la voirie

- Les voiries sont bordées par des murs de clôtures pleins, les accès aux parcelles sont très souvent surélevés par rapport au nivellement de la voirie : cette configuration présente donc très peu de possibilité pour les écoulements de « sortir » de l'axe d'écoulement principal constitué par la voirie.
- Dans le coude aval, il existe peu de possibilité pour les écoulements de sortir de l'axe de la chaussée, sauf à l'approche de l'usine URCOOPA : dans l'emprise de l'usine, les écoulements sont à nouveau canalisés via un fossé enherbé. Celui-ci longe un muret bas qui peut être submergé. En aval de ce fossé, une buse DN1200 recueille les eaux pour les faire passer sous une partie du site et les rejeter en aval. L'entrée de cette buse est grillagée, ce qui facilite le dépôt de flottants et favorise l'obstruction de l'ouvrage. Dans ce cas, les écoulements débordent du fossé et débouchent directement dans l'enceinte de l'usine.

Figure 12 : fossé au niveau du site URCOOPA

Figure 13 : amont de la buse sous le site URCOOPA

La figure suivante présente la schématisation des écoulements sur la partie amont de la zone d'étude.

Figure 14 : schématisation des écoulements sur le secteur amont

- En aval de l'usine, les eaux sont récupérées par un fossé naturel longeant la RN en direction du *sud*, puis suivant la bretelle d'accès en direction de l'*ouest*. Ce fossé n'est pas marqué et s'avère de capacité réduite. En aval, il franchit la bretelle via un ouvrage obstrué.

Figure 15 : fossé le long de la RN

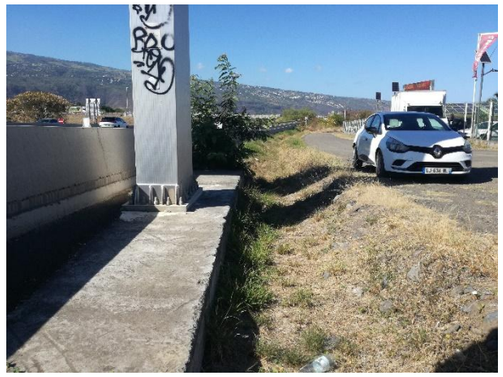


Figure 16 : fossé le long de la RN

- Les écoulements de surface qui se produisent sur le site URCOOPA s'effectuent selon deux directions principales et sont très fortement contraints par les obstacles présents sur le site (bâtiments, bordures, murets) :
  - La première en direction de l'*ouest*, via la partie *nord* du site. Ces écoulements débouchent alors Avenue du Grand Piton, dans la zone industrielle/d'activités de Cambaie. Ces écoulements poursuivent alors leur progression via le réseau de voirie et les noues existantes en direction de l'*ouest*, jusqu'à atteindre la Route de Cambaie ;
  - La seconde en direction du *sud-ouest*, sur la partie *est* du site. Les écoulements rejoignent alors le site de HOLCIM et les carrières.

Figure 17 : entrée du site URCOOPA

Figure 18 : noue le long des voiries

- Au niveau de la zone industrielle, les parcelles sont généralement entourées de murets et sont légèrement surélevées, ce qui limite la possibilité pour les eaux de la voirie d'entrer dans celles-ci. Les apports pluviaux sur cette zone, très fortement imperméabilisée, sont concentrés par les voiries et noues orientées *est/ouest*. Ils débouchent sur la Route de Cambaie (Axe Mixte actuel). Les écoulements y sont canalisés et prennent alors une direction *nord/sud*.

- C'est également le cas pour l'ensemble des parcelles bordant l'Axe Mixte (Route de Cambaie) plus au *sud.* Les parcelles situées à l'*ouest* de cet axe se situent en contrebas de la voirie (sur certaines parcelles, la différence de niveau atteint 3 m), mais les murets présents empêchent les eaux d'atteindre ces parcelles. Les seules possibilités offertes aux écoulements de progresser vers l'*ouest* se situent au niveau des différents portails d'accès à celles-ci, au niveau desquelles une légère rehausse du terrain naturel est observé et sur les quelques voies d'accès existantes.

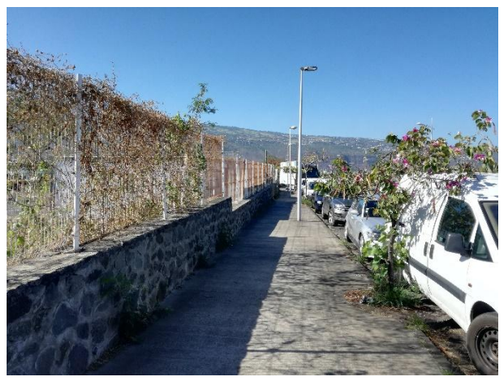


Figure 19 : exemple de mur de séparation le long de l'Axe Mixte (côté est)

Figure 20 : exemple de mur de séparation le long de l'Axe Mixte (côté ouest)

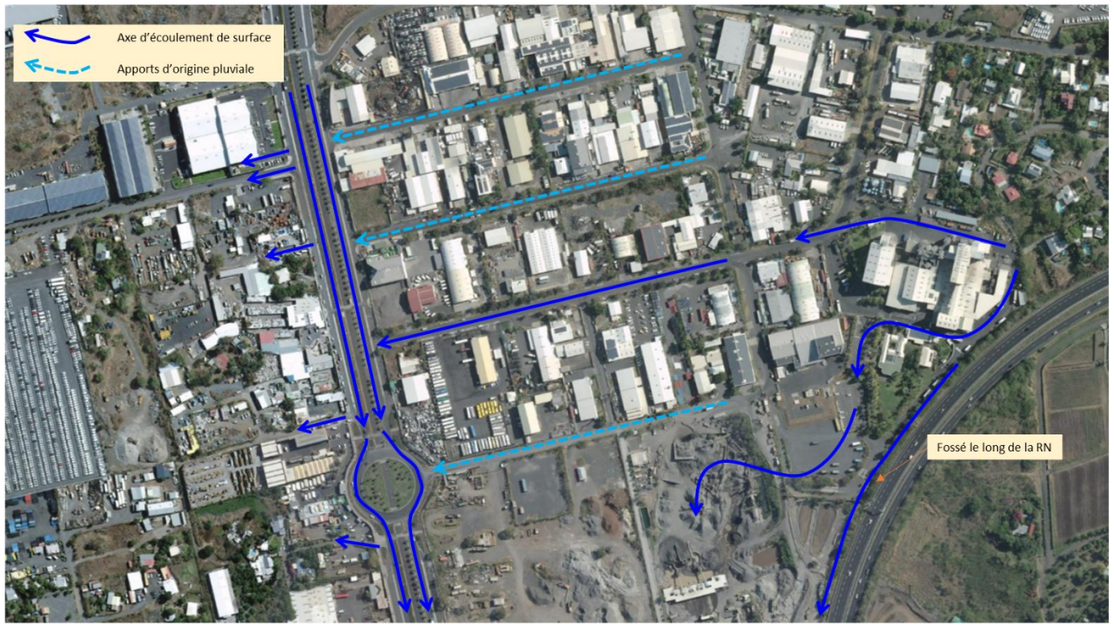


Figure 21 : schématisation des écoulements sur le secteur central

- Enfin, au niveau du giratoire de Cambaie, on observe la fin du muret en « rive droite » : une partie des écoulements peut se déverser vers les terrains plus bas sur ce secteur. Seule la bordure du trottoir permet ici de contenir les écoulements sur la chaussée. La présence d'un séparateur central impose également une séparation des écoulements au niveau du giratoire Cambaie entre les parties droite et gauche de la chaussée. Une partie de ces écoulements contourne le giratoire (partie centrale de ce dernier très haute) et se rejoignent en aval, en continuant leur progression sur la Route de Cambaie.

Figure 22 : fin du mur côté ouest – rond-point de Cambaie

Figure 23 : séparateur central de chaussée

Figure 24 : zone de déversement possible vers les zones basses à l'ouest Giratoire de Cambaie

Figure 25 : schématisation des écoulements sur le secteur aval

1.4.2 Rappels bibliographiques : Etude Ecocité- Plaine de Cambaie– TCO – ARTELIA – avril 2019

Les éléments suivants sont issus de l'étude Ecocité- Plaine de Cambaie réalisée par ARTELIA pour le compte du TCO en avril 2019. Ces éléments complètent ceux présentés précédemment.

Ils présentent successivement :

- L'analyse du site, et de la définition du cheminement des eaux qui en découle,
- La description de la zone de carrière Oméga, et du fonctionnement hydraulique de la zone,
- L'analyse hydrologique de la zone et l'estimation du débit de pointe de la Ravine pour différentes périodes de retour,
- Une analyse à dire d'expert permettant d'estimer les débits de pointe arrivant au niveau du Giratoire Cambaie.

1.4.2.1 Analyse du site et du cheminement des écoulements

« *Il est présenté dans le présent paragraphe les conditions actuelles d'écoulement de la ravine dans sa traversée de la zone de Cambaie (en termes d'écoulement notamment et de zones potentiellement inondables). Cette analyse a été menée sur les calculs hydrauliques locaux, permettant de déterminer les capacités hydrauliques maximales des différents ouvrages existants, et sur notre reconnaissance détaillée du terrain.*

Pour rappel, les débits caractéristiques de la crue de la ravine Piton Défaud au droit de la RN1 sont :

- Q_{10ans} *= 4 m³/s*
- Q_{100ans} *= 11 m³/s*

L'analyse que nous faisons de ces écoulements est :

- *L'ouvrage de la RN 1 apparaît suffisant pour évacuer la crue de fréquence centennale de la ravine et bénéficie d'une revanche de l'ordre de 60 cm facilitant le passage des débris végétaux flottants ;*
- *Le long de la rue des Baies Roses, le canal béton initial ne peut absorber plus de 3 m³/s (< Q_{10ans}) ce qui entraine un débordement sur la chaussée avec une hauteur d'eau moyenne de 15 cm en crue décennale et de 45 cm en crue centennale. Compte tenu de la présence continue de murs le long de la voirie, les eaux restent confinées sur cette dernière ;*
- *Plus en aval, la disparition du canal se traduit par des écoulements s'effectuant exclusivement sur la voirie où la hauteur d'eau atteinte en crues décennale et centennale est respectivement estimée à 50 et 85 cm. Bien qu'il soit relevé de nombreux obstacles (murets, clôtures, habitations), c'est sur ce tronçon que des débordements peuvent se produire en direction de la zone d'activités de Cambaie. La majeure partie des écoulements se dirige cependant vers la buse Ø 1 200, présente sous la plateforme Urcoopa, qui forme le point bas du secteur ;*
- *Cette buse dispose d'une capacité comprise entre 3 et 4 m³/s, proche du débit décennal de la ravine. La présence d'une grille sur sa face amont, destinée à retenir les débris végétaux, perturbe toutefois son alimentation si bien que sa capacité réelle est très vraisemblablement inférieure. Des débordements se produisent donc inévitablement sur le terrain naturel entre l'usine et la RN 1 ;*
- *La capacité du fossé qui prolonge cet ouvrage est évaluée entre 8 et 9 m³/s et apparait donc légèrement inférieur au débit centennal tandis que celle de la buse implantée sous la bretelle reliant l'Axe Mixte à la RN 1 (Ø 600) apparait très faible (~ 0,5 m³/s).*

Ces éléments peuvent être illustrés par une cartographie reflétant les écoulements actuels sur la zone de Cambaie. Cette carte met ainsi clairement en évidence l'orientation des écoulements en direction du sud-ouest (plaine Chabrier) ponctuellement contrariés par la présence de l'Axe Mixte. »

L'analyse proposée dans le cadre de l'étude Ecocité est cohérente avec l'analyse menée dans le cadre de la présente étude.

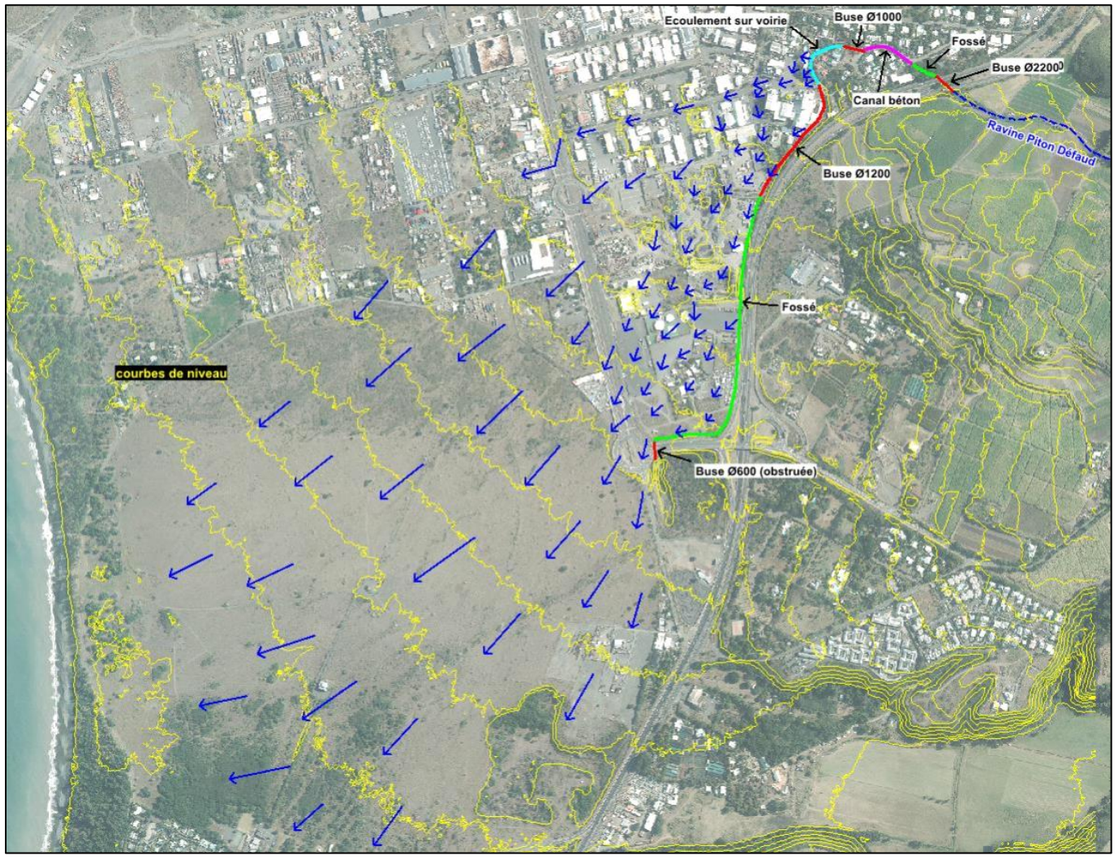


Figure 26 : Ouvrages existants et cheminement des eaux en période de crue (source : étude Ecocité)

1.4.2.2 Carrières Oméga et fonctionnement hydraulique

« L'exploitation des carrières sur la plaine de Cambaie a débuté en 2015 et est toujours en cours d'extraction avec une fin envisagée pour 2023.

Ces carrières étant situés en zone inondable, des ouvrages hydrauliques ont été mis en place afin de gérer les eaux de débordement et de ne pas inonder la zone en cours d'exploitation. Ainsi, des fossés trapézoïdaux ont été mis en place tout autour de la zone exploitée pour envoyer les eaux en aval vers une zone d'infiltration. Ces ouvrages ont été dimensionnés afin de faire transiter 1,4 fois la crue centennale. Ces aménagements réalisés permettent donc de modifier l'écoulement des eaux au droit du site.

Avec les carrières actuellement autorisées sur le site (zone rouge ci-dessous), les écoulements au droit du projet sont les suivants (flèches bleues : écoulement des eaux / zone en bleu en aval : zone d'infiltration) :

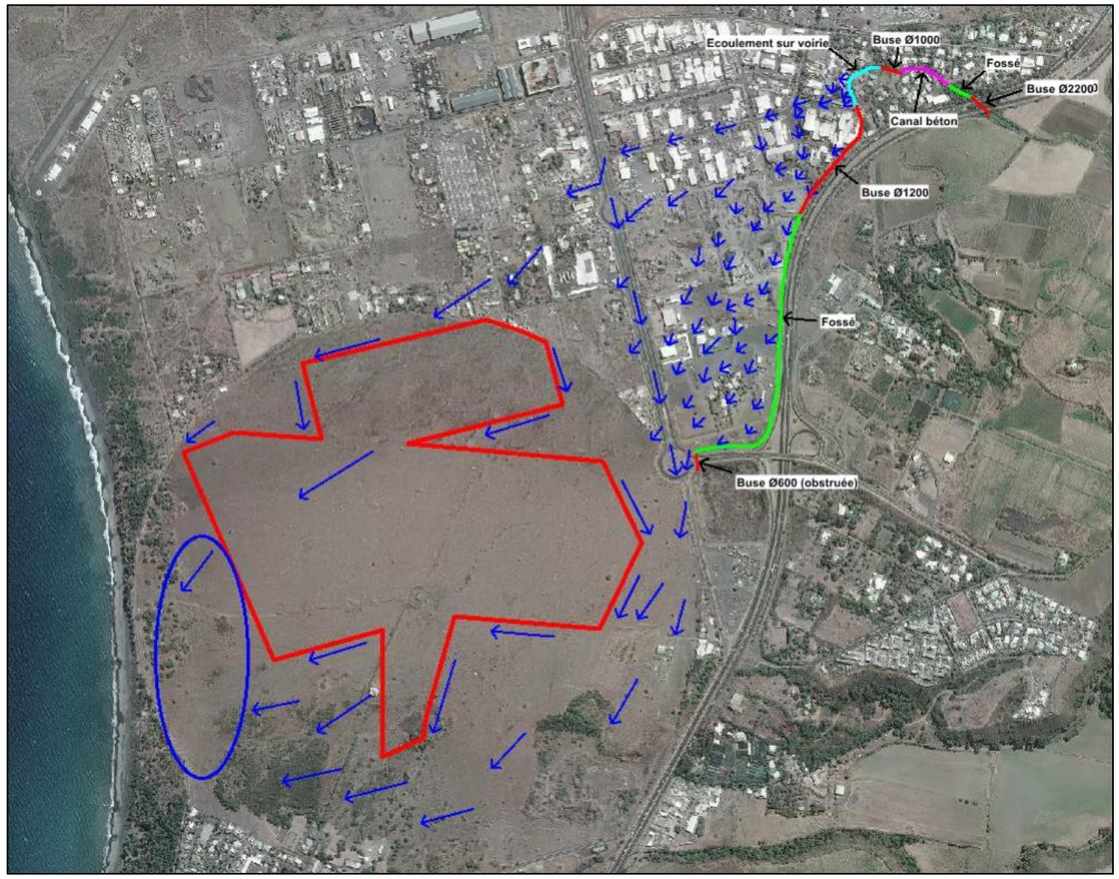


Figure 27 : Ecoulements sur le secteur des carrières (source : étude Ecocité)

A noter que le bassin versant de la zone urbanisée possède un réseau d'eaux pluviales qui se rejette dans un dalot situé sous l'Axe Mixte. Ce dalot est de dimension 1.5 x 1.5 m, soit d'une capacité estimée à 9 m³/s. Ce dalot longe l'Axe Mixte, pour ensuite rejoindre l'enseigne Hyperjardin, longer la RN1 et enfin se rejeter dans la Ravine La Plaine. »

La présente étude n'a pas pour objet de caractèriser finement le devenir des eaux d'inondation une fois que celles-ci quittent la voirie de l'Axe Mixte. L'étude Ecocité indique que les aménagements des parcelles de la carrière Oméga sont dimensionnés pour gérer des apports bien supérieurs à ceux d'une crue centennale.

Pour s'assurer que le projet d'Axe Mixte ne crée pas d'aggravation du risque pour les tiers, il conviendra donc de s'assurer du fait que les volumes envoyés sur ces parcelles *ouest* en configuration projet n'évoluent pas par rapport à ceux envoyés pour la configuration actuelle du site.

1.4.2.3 Analyse hydrologique et estimation des débits de pointe

« Les débits caractéristiques des bassins versant urbain et naturels de la Ravine Piton Défaud cumulés sont les suivants :

- Q_{10ans} *= 14 m³/s*
- Q_{100ans} *= 24 m³/s*

Ainsi, les débits s'écoulant sur la chaussée de l'Axe Mixte et ne pouvant pas être collectés dans le dalot sont estimés à :

- Q_{10ans} *= 5 m³/s*
- Q_{100ans} *= 15 m³/s*

Le dimensionnement des ouvrages est réalisé pour une crue de période de retour 100 ans, soit 15 m³/s débordant sur l'Axe Mixte. »

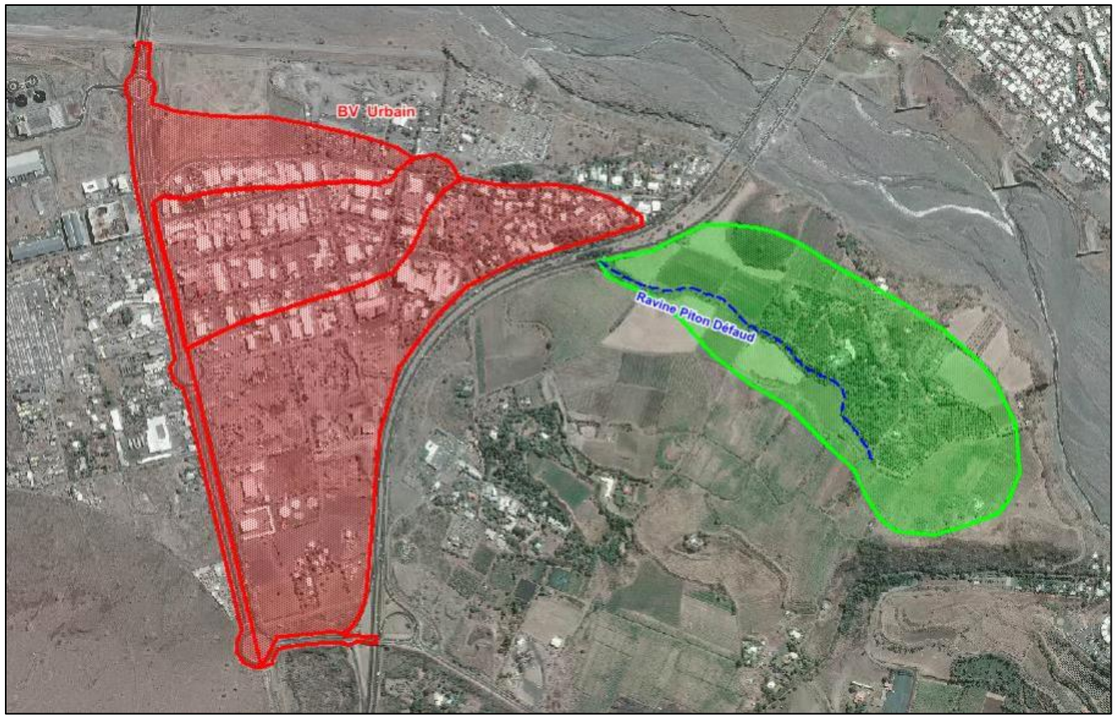


Figure 28 : Découpage en bassins versants (source : étude Ecocité)

1.4.2.4 Estimation des débits de pointe arrivant sur le Giratoire Cambaie

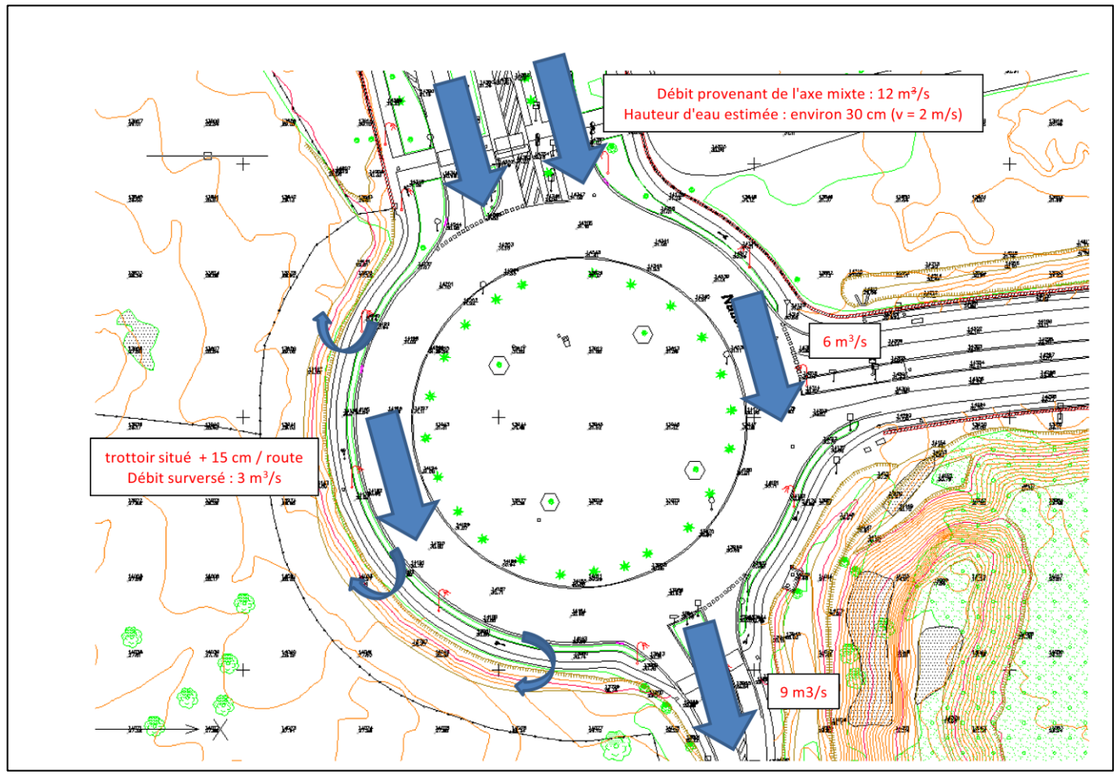
« Bien que le terrain naturel soit orienté vers la mer, l'Axe Mixte fait office de drain et une majorité de l'eau arrivant sur l'Axe Mixte est concentrée sur la chaussée étant donné la présence de bordures et murs de séparation qui ne permettent pas l'écoulement vers les parcelles situées en aval.

Cependant, quelques rues et impasses situés en aval (côté mer) sont alignées sur la voie et permettent un écoulement des eaux vers ces voies. On considère que 20 % des eaux sont dirigées vers ces voies annexes. Ainsi, 80 % des eaux rejoindront le giratoire de Cambaie, soit 12 m³/s. La hauteur d'eau est alors estimée à 30 cm (vitesse estimée des écoulements : 2 m/s).

Au niveau du giratoire de Cambaie, l'Axe Mixte ayant une pente transversale nulle sur toute sa longueur, on considère que le débit est réparti uniformément. Ainsi, on considère que 6 m³/s passe de chaque côté du giratoire :

- *Pour la partie située côté montagne, les eaux se dirigent directement vers la branche du giratoire opposée (entrée jardinerie) ;*
- *Pour la partie située côté mer, le trottoir est situé 15 cm au-dessus de la chaussée. Si la hauteur d'eau est supérieure à ces 15 cm, l'eau surverse vers les parcelles situées en aval. On considère ainsi que 3 m³/s sont conservés sur la chaussée, et 3 m³/s sont surversés vers les parcelles situées en aval.*

Ainsi, le débit estimé au niveau de l'entrée « jardinerie » du giratoire de Cambaie sera de 9 m³ /s. »



Synthèse (rappel)

Figure 29 : répartition des débits au niveau du giratoire de Cambaie (source : étude Ecocité)

Ces analyses sont réalisées à dire d'expert. L'outil de modélisation mis en œuvre dans le cadre de la présente mission permet d'affiner la répartition des eaux en fonction de la réalité topographique du territoire, en configuration actuelle et projet, et des mécanismes hydrauliques en jeu.

1.4.3 Définition des évènements hydro-météorologiques de référence

1.4.3.1 Méthodologie de modélisation retenue

Afin de représenter les deux types d'origines pour les eaux de débordements observées sur le secteur d'étude (ruissellement et débordement), les choix méthodologiques suivants ont été fait pour construire l'outil de modélisation :

- Le bassin versant amont de la Ravine Piton Défaud n'est pas représenté. L'hydrogramme de la Ravine Piton Défaud est injecté dans l'outil en aval immédiat de l'ouvrage hydraulique de franchissement de la RN 1. Cette représentation est une méthodologie « classique » pour la représentation des phénomènes d'inondation par débordements de cours d'eau ;
- Pour représenter les mécanismes générateurs des phénomènes de ruissellement urbains, l'ensemble du bassin versant urbain de la zone de Cambaie est modélisé. Une pluie de projet est imposée sur cette emprise. Le modèle permet alors de restituer la pluie nette, et de présenter ensuite la concentration des ruissellements et leur propagation sur le réseau de surface. Cette méthodologie permet de représenter fidèlement les phénomènes de ruissellement urbains.
- A noter que pour l'analyse des différentes variantes de projet étudiées, les apports pluviaux sont imposés uniquement sur le bassin versant intercepté par le projet d'Axe Mixte (et pas sur les bassins versant situés en aval). Ce choix permet de ne focaliser les analyses que sur les écoulements possiblement impactés par le projet ;
- Ces apports (« fluviaux » et pluviaux) sont calculés de manière conjointe et l'outil permet de représenter le transfert des écoulements vers l'aval, indépendamment de l'origine des apports.

Les réflexions sont menées ici pour un évènement d'occurrence centennale.

1.4.3.2 Apports amont

Les caractéristiques du bassin versant amont sont les suivantes :

Tableau 1 : Caractéristiques du bassin versant amont et calcul du temps de concentration

Bassin versant rural amont - Caractéristiques	
Superficie	0,3 2km²
Longueur	965 m
Pente moyenne	4 %
Coefficient de ruissellement centennal	0.91

Temps de concentration	
Giandotti	45 min.
Passini	22 min.
Rectangle Equivalent	16 min.
Turazza	20 min.
Kirpich	13 min.
Kirpich2	10 min.
Temps de concentration retenu	**16 min.**

Le bassin se situe entièrement dans la zone pluviométrique n°1. Celle-ci se caractérise par les coefficients de Montana suivants :

- a = 60,00
- b = -0,33

L'hydrogramme amont est déterminé de la manière suivante (hypothèses cohérentes avec celles retenues par l'étude Ecocité Cambaie) :

- Temps de montée pris égal au temps de concentration du bassin versant rural amont, soit 16 minutes ;
- Temps de descente égal au temps de concentration du bassin versant : 16 minutes ;

- Débit de pointe égal au débit de pointe centennal : 10,6 m^3/s.

1.4.3.3 Pluie de projet

Les apports pluviométriques sont répartis de manière homogène sur l'ensemble de l'emprise du modèle (bassin versant en amont et la zone d'étude). Ces apports ne sont donc pas injectés en quelques points ponctuels comme cela est le cas pour des études de modélisation hydrauliques « classiques » de débordements de cours d'eau, qui génère des discontinuités « fictives » des apports pluviométriques. Ils sont injectés de manière homogène sur l'ensemble de l'aire modélisée (ie. ensemble du bassin versant).

Il est retenu ici une durée de pluie de 1 heure et une pluie présentant une intensité centennale.

Le secteur d'étude se situe entièrement dans la zone pluviométrique n°1. Celle-ci se caractérise par les coefficients de Montana suivants :

- a = 60,00
- b = -0,33

On construit à partir de ces éléments, le hyétogramme de pluie de projet suivant :

- L'application de l'intensité centennale pour une pluie de durée 1 heure sera traduit par une hauteur de pluie de 85,7 mm ;
- La pluie de projet comprend une durée de pluie intense imposée à 15 minutes, soit une hauteur de 35 mm.

Le graphique suivant présente le hyétogramme (variation de l'intensité de pluie dans le temps) et les hauteurs d'eau cumulées pour la pluie de projet retenue ici.

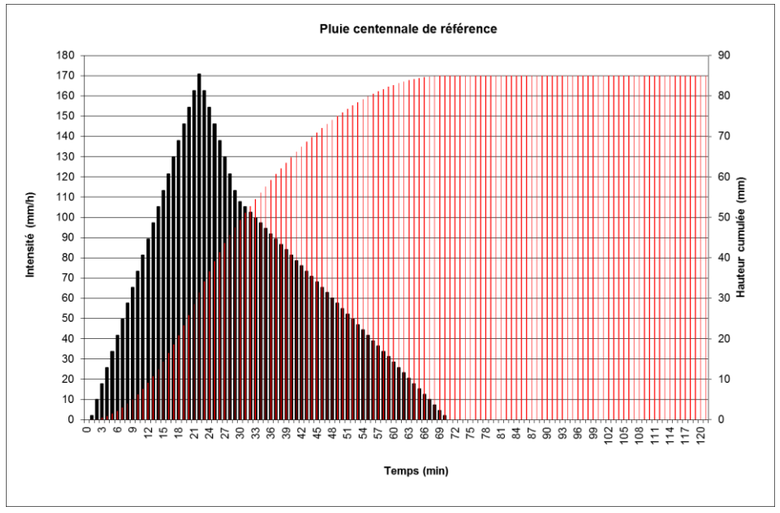


Figure 30 : hyétogramme associé à la pluie de projet définie

1.4.4 Modélisation hydraulique

1.4.4.1 Modèle mis en œuvre

1.4.4.1.1 Données d'entrée

Les données suivantes ont été exploitées lors de la construction de l'outil de modélisation :

- Un levé topographique terrestre dans l'axe du projet d'Axe Mixte (sections 1 et 2), incluant la Ravine La Plaine, à l'échelle 1/200 (Juillet 2021 – Cabinet Euphrasie) ;
- Un LIDAR couvrant l'emprise du projet d'Ecocité, soit une zone globalement comprise entre l'océan, la Rivière des Galets, la RN 1 et l'Etang Saint-Paul (1/500 – Octobre 2016 – Cabinet Veyland) ;
- La LITTO3D et la BD TOPO de l'IGN.

1.4.4.1.2 Maillage et topographie du modèle

Le maillage est composé de mailles de tailles variables : de 50 m dans les zones homogènes de moindre intérêt à quelques dizaines de centimètres dans les zones actives hydrauliquement et à proximité des éléments structurants.

Dans ce modèle, les murs des différents bâtiments sont représentés sous la forme d'obstacles insubmersibles et imperméables afin de représenter l'effet de blocage générés par ces structures. L'intérieur des bâtiments est maillé afin de représenter l'imperméabilisation au niveau des toitures et les apports pluviaux associés. Le cadastre est proposé en couche d'habillage des cartographies suivantes peut laisser penser à la non représentation de ces zones.

Les murs et murets qui jouent un rôle dans la canalisation des écoulements sont représentés comme des murs insubmersibles. Le choix de représenter ou non un muret est fait sur la base de la visite de terrain. Il est donc fait l'hypothèse de la tenue de ces ouvrages vis-à-vis de la charge hydraulique générée. Ce choix s'explique par le fait que ces murs sont très souvent parallèles aux écoulements et que les hauteurs d'eau au droit de ceux-ci sont faibles : la sollicitation hydraulique sur ces ouvrages est donc modérée.

Les accès aux parcelles sont représentés en configuration portail ouvert.

La figure suivante présente le maillage du modèle mis en œuvre.

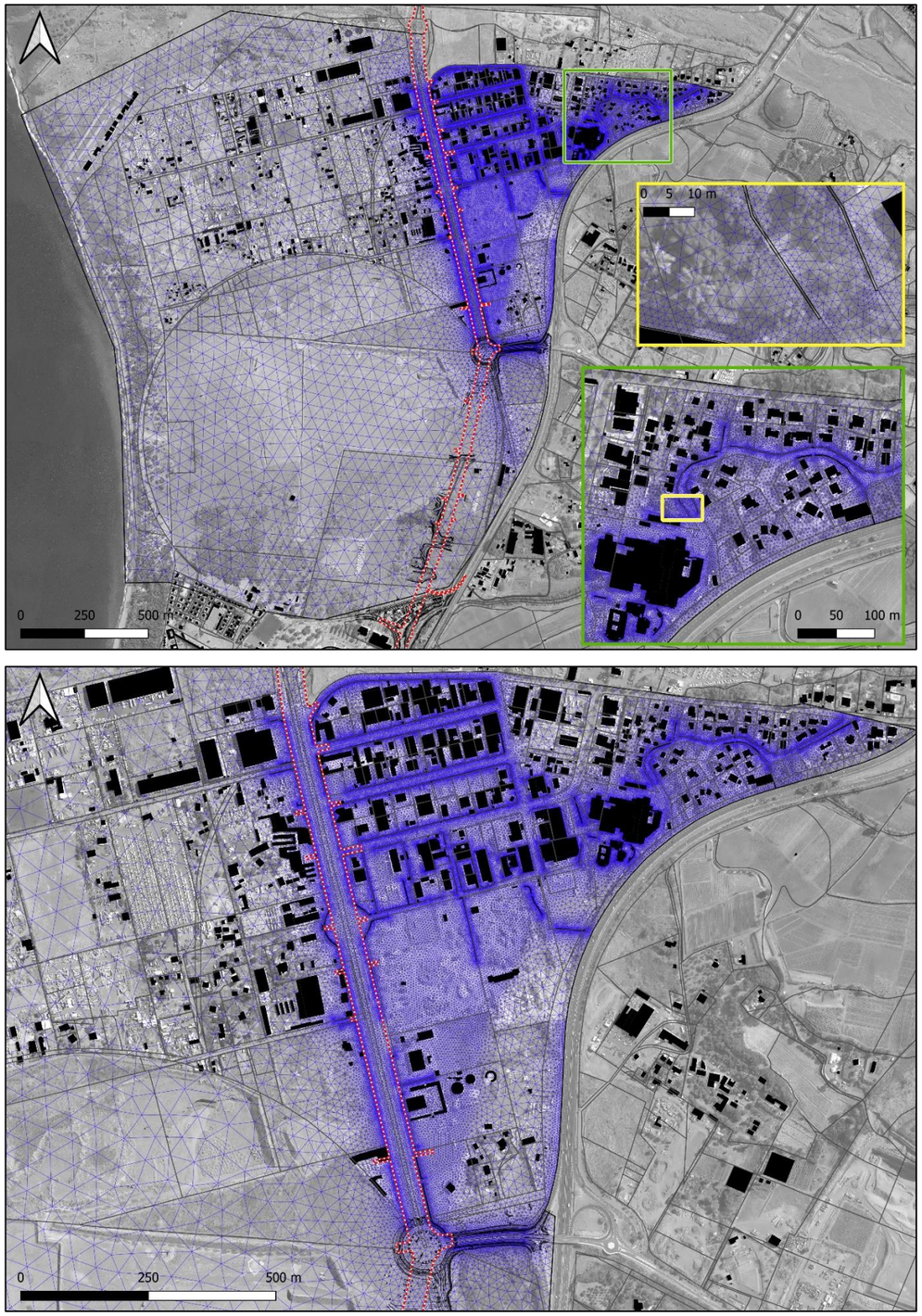


Figure 31 : Maillage du modèle hydraulique

Les cartographies suivantes illustrent la représentation de la topographie de la zone d'étude par l'outil mis en œuvre.

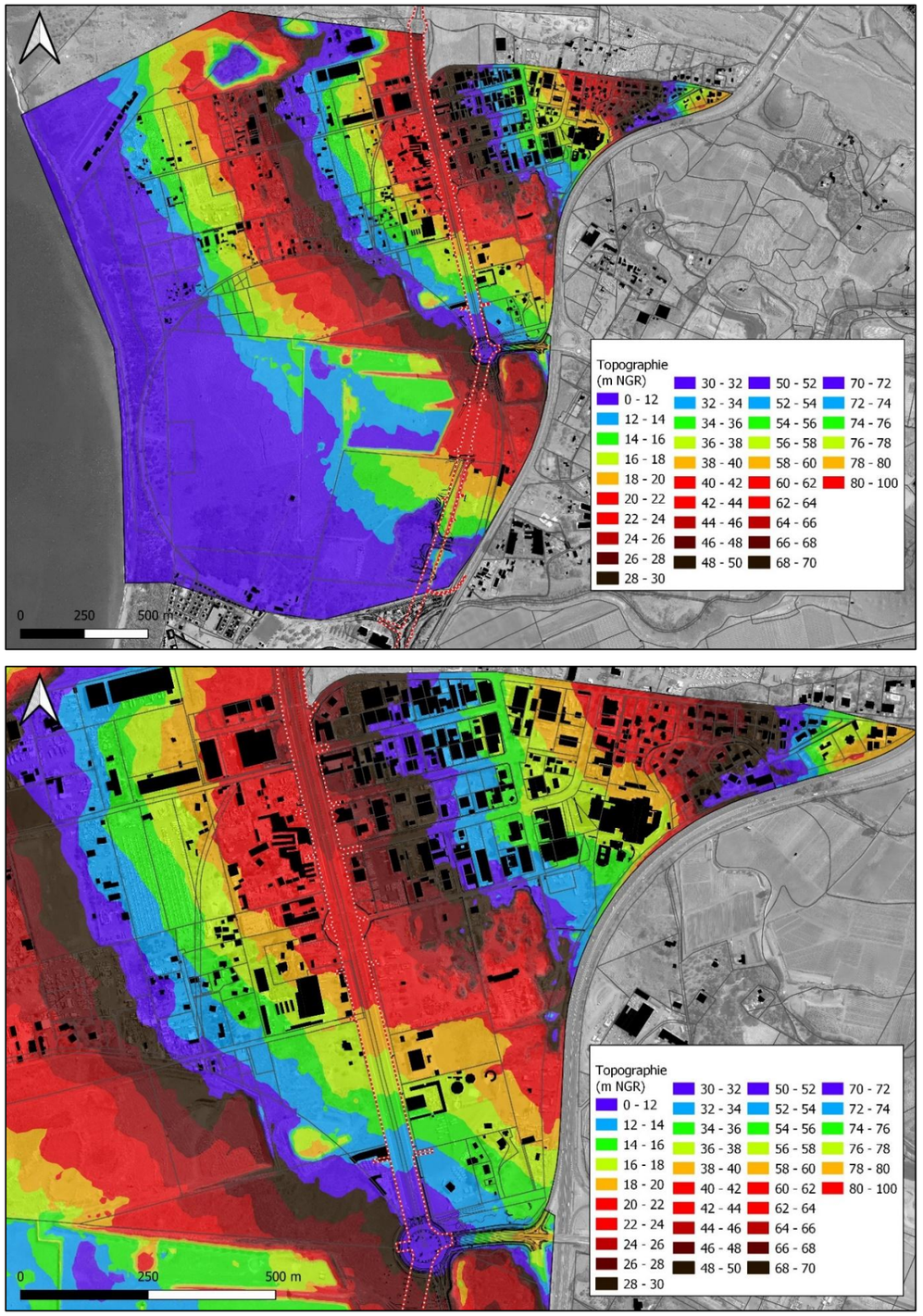


Figure 32 : Topographie du modèle hydraulique (configuration de référence)

1.4.4.1.3 Coefficient de ruissellement et coefficient de frottement

En chaque point du territoire modélisé, est imposé :

- Un coefficient de ruissellement, permettant de retranscrire la part de pluie tombée qui participe au ruissellement sur le territoire. Ce coefficient est ajusté en fonction de la nature des terrains, de leur imperméabilisation et de l'intensité de l'évènement pluvieux. **L'évènement représenté ici étant un évènement centennal et le bassin versant étant majoritairement situé en zone urbanisée, un coefficient homogène de 1.0 est retenu (pas de perte). Cette hypothèse est sécuritaire et maximise les apports pluvieux ;**

- Un coefficient de frottement, représentant la nature de la surface du sol, et également fonction de l'occupation de celui-ci. Ce coefficient caractérise le « frein » apporté aux eaux de ruissellement dans leur transfert vers l'aval. La cartographie suivante présente les coefficients de frottement retenus.

  Les coefficients de rugosité (ou de frottement) adoptés à l'issue du calage sont les suivants (coefficients de Strickler) :

  - Zones urbaines et industrielles de densité importante : 5 ;
  - Zones urbaines et industrielle de densité moyenne : 10 ;
  - Zones non imperméabilisée, friches industrielles, carrières… : 20 ;
  - Voiries : 50.

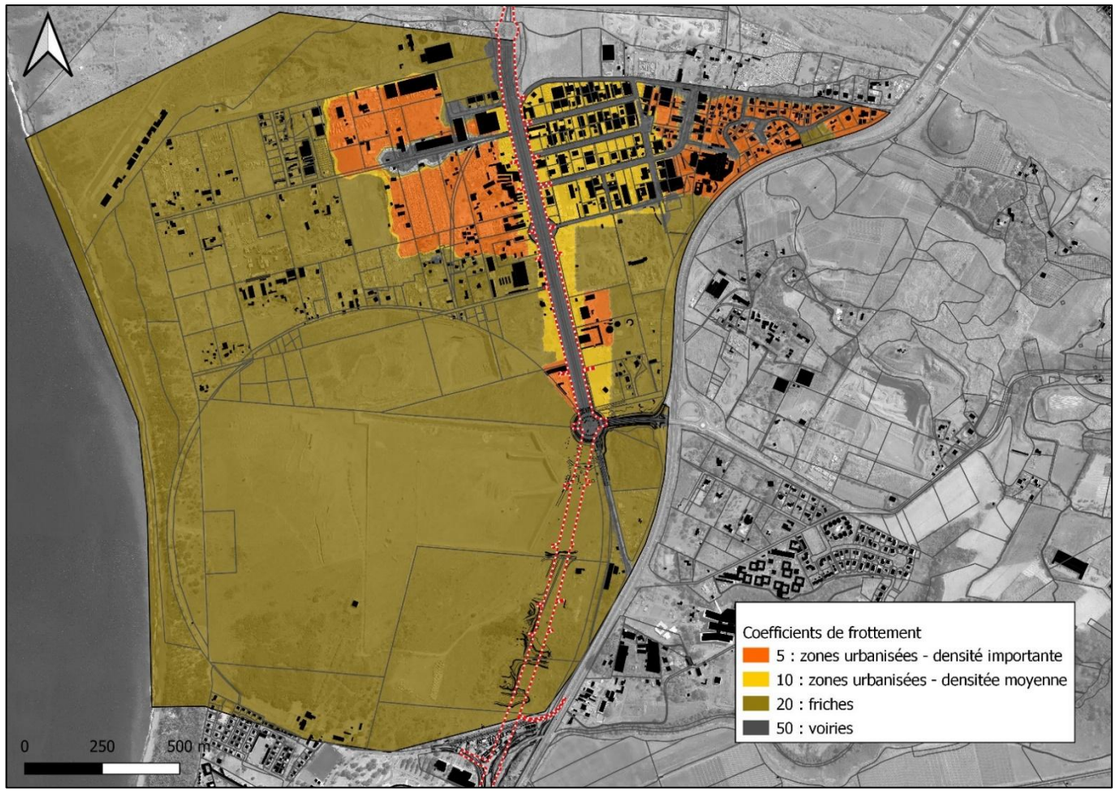


Figure 33 : Coefficients de frottement

1.4.4.2 Calage du modèle

Faute d'éléments exploitables permettant de caractériser les mécanismes hydrauliques observés sur le site lors des évènements historiques, il n'a pas pu être réalisé de calage du modèle.

Les résultats obtenus sont donc à considérer avec précaution. **Une marge d'incertitude importante, liée notamment au caractère urbain de la zone d'étude, aux faibles lames d'eau obtenues et au rôle important que peut jouer le moindre obstacle, est donc à considérer ici.**

1.4.4.3 Configuration de référence

Le modèle a permis la représentation de l'évènement de référence sur une durée de 3 heures, permettant la totale évacuation des eaux apportées de l'amont par la Ravine Piton Défaud et des eaux ruisselées sur l'emprise modélisée.

L'exploitation de cette simulation est proposée via la cartographie des paramètres hydrauliques maximaux : hauteurs d'eau et vitesses maximales des écoulements. Ces cartographies sont proposées en suivant.

La hauteur d'eau minimale considérée pour caractériser une zone inondée est de 5 cm. Cette valeur est relativement faible pour les évènements de type ruissellement urbain.

Pour la configuration de référence, les eaux ruissellent dans la zone industrielle en suivant les voiries en direction de l'Axe Mixte. Les murets présents tendent à canaliser les écoulements sur les voiries. Ainsi, la majeure partie du volume de la crue reste cantonnée à l'Axe Mixte et très peu continue sa progression vers l'*ouest*. Sur l'Axe Mixte, les hauteurs d'eau maximales atteintes pour un évènement centennal tel que modélisé sont majoritairement comprises entre 10 et 25 cm, quelques secteurs localisés sont concernés par des hauteurs d'eau dépassant 25 cm (et inférieures à 50 cm).

Les hauteurs les plus importantes (> 25 cm) sont observées notamment au niveau de la jonction avec le giratoire de Cambaie.

Au niveau du giratoire de Cambaie, on obtient un débit de pointe sur l'Axe Mixte de 12 m^3/s, ce qui est très conséquent. Ce débit ne permet pas de classer le phénomène comme résultant de la seule problématique du ruissellement urbain. **Ce débit est identique à celui proposé par l'étude EcoCité.**

Au niveau de ce giratoire, dont la partie centrale est surélevée et crée un obstacle aux écoulements, ceux-ci suivent alors les deux bras du giratoire. A noter que les murets présents en amont le long de l'axe (à l'*est* et à l'*ouest*) s'arrêtent au niveau de ce giratoire : les écoulements ne sont alors plus guidés « que » par les bordures des trottoirs. Une partie des écoulements se déverse alors en direction de l'*ouest* vers les terrains en contrebas (40 % - contre 25% estimés dans l'étude EcoCité).

Les hauteurs d'eau maximales observées sur les deux voies du giratoires sont comprises entre 10 et 25 cm sur la voirie *ouest* et entre 10 et 50 cm sur la voirie *est*. L'étude EcoCité estimait cette hauteur d'eau à 30cm.

Une majeure partie des écoulements (60 %) suit les voiries jusqu'à la voirie au *sud* du giratoire (accès jardinerie). Celle-ci présente une forte pente et elle recueille l'ensemble des eaux circulant sur les voiries de ce giratoire. Au début de cette voirie, les hauteurs d'eau maximales dépassent 25 cm.

Sur la partie *nord* de cette voirie, une partie des eaux bascule en direction de l'*ouest* vers les secteurs les plus bas.

Les hauteurs d'eau maximales sur les voiries sont incompatibles avec une praticabilité sécurisée pour des véhicules particuliers sur cet axe. La circulation des véhicules de secours y est difficile (hauteur maximale de 40 cm considérée comme valeur limite pour le passage d'un camion de pompiers).

La répartition des débits qui arrivent au niveau du giratoire de Cambaie est synthétisée sur la figure suivante. Ces éléments confortent les analyses menées précédemment dans le cadre de l'étude Ecocité.

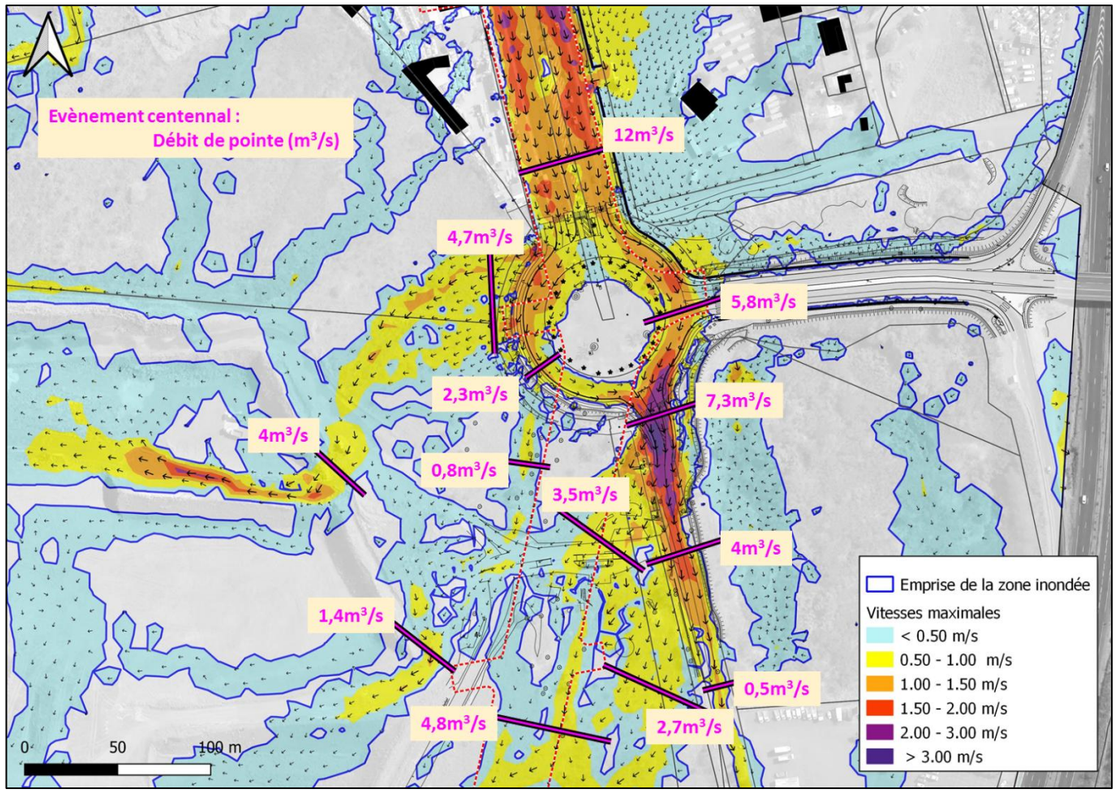


Figure 34 : Configuration de référence – Evènement centennal – Débits maximaux calculés

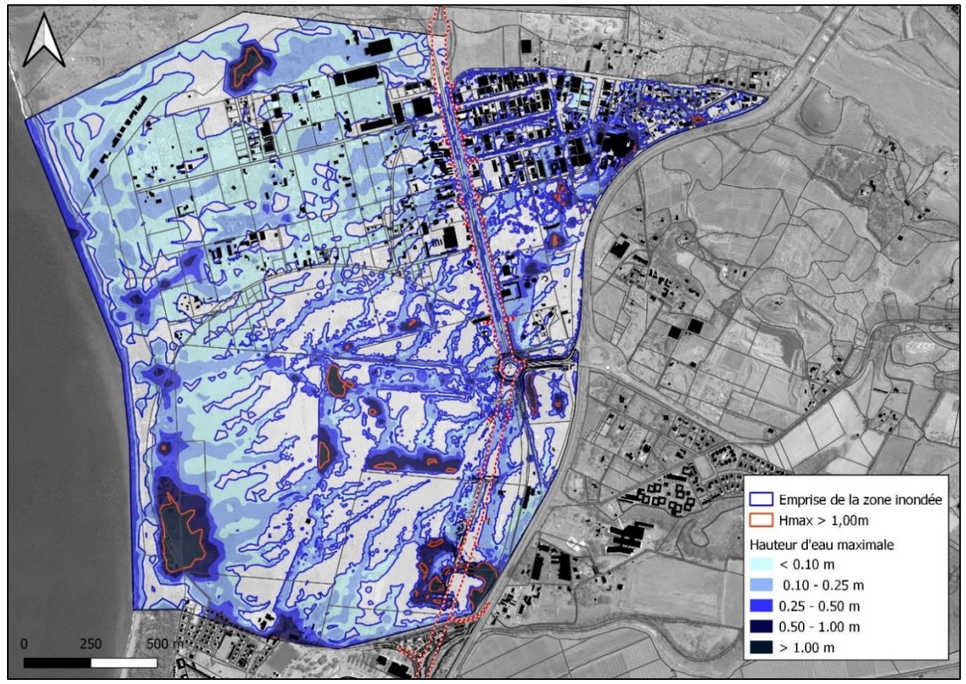


Figure 35 : Configuration de référence – Evènement centennal – Hauteurs d'eau maximales

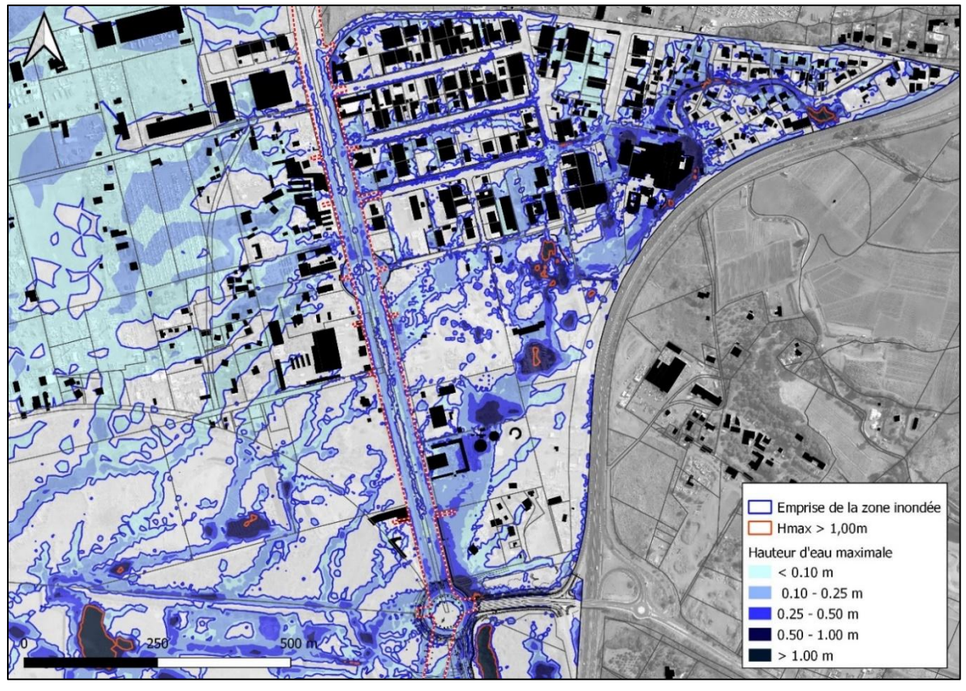


Figure 36 : Configuration de référence – Evènement centennal – Hauteurs d'eau maximales (zoom 1)

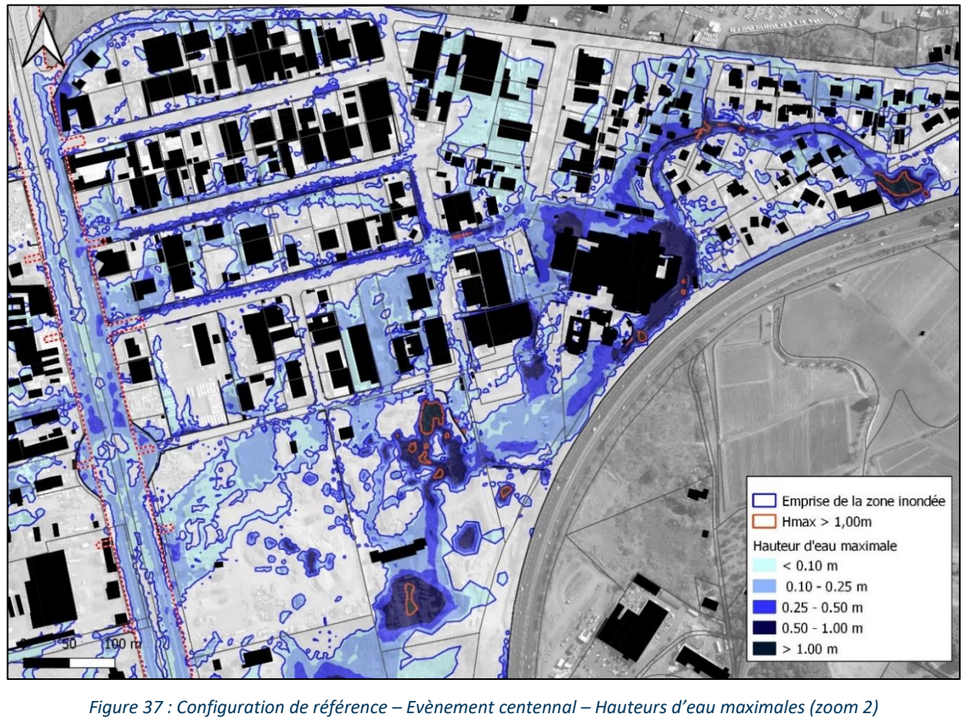


Figure 37 : Configuration de référence – Evènement centennal – Hauteurs d'eau maximales (zoom 2)

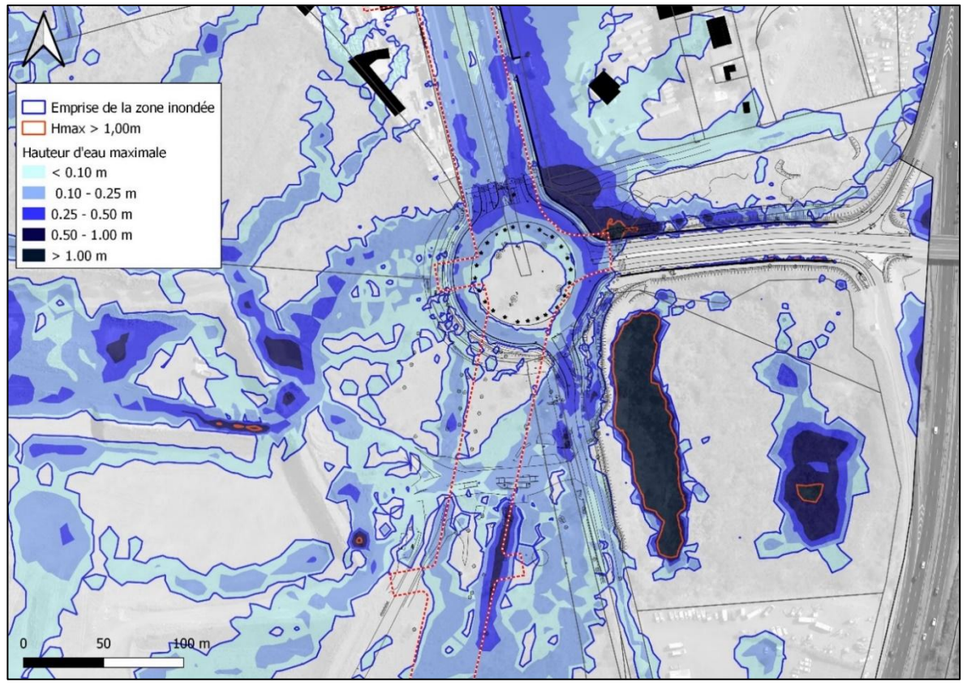


Figure 38 : Configuration de référence – Evènement centennal – Hauteurs d'eau maximales (zoom 3 – Giratoire de Cambaie)

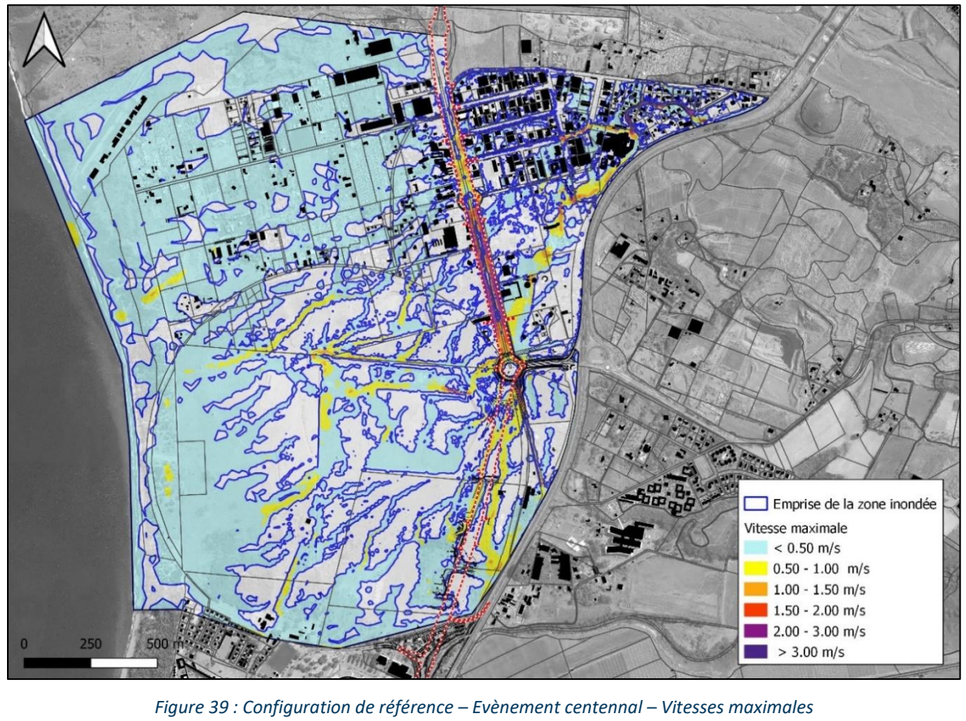


Figure 39 : Configuration de référence – Evènement centennal – Vitesses maximales

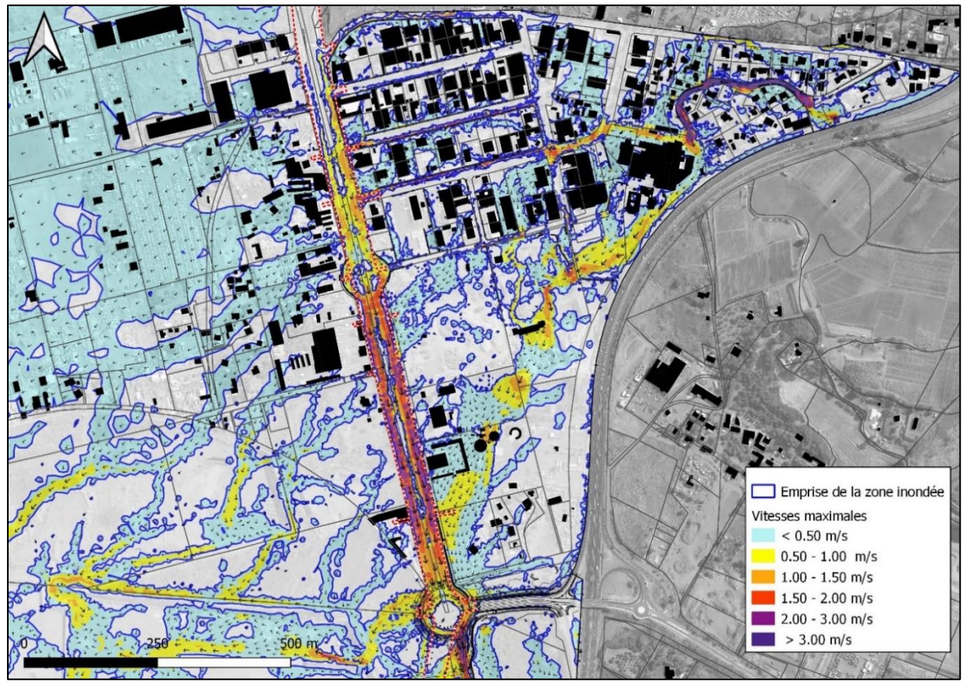


Figure 40 : Configuration de référence – Evènement centennal – Vitesses maximales (zoom 1)

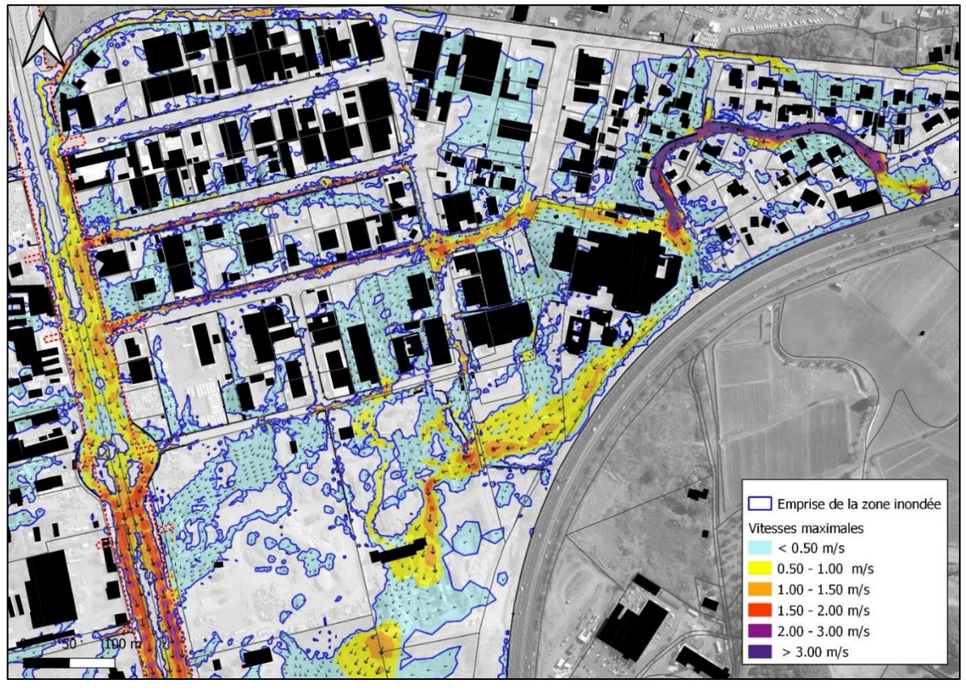


Figure 41 : configuration de référence – Evènement centennal – Vitesses maximales (zoom 2)

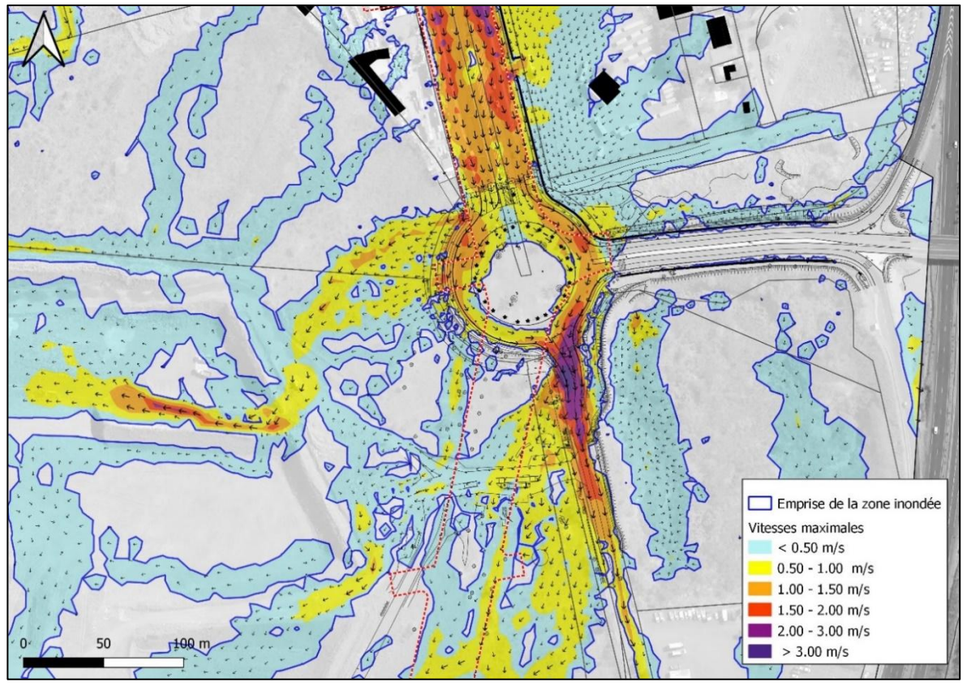


Figure 42 : Configuration de référence – Evènement centennal – Vitesses maximales (zoom 3 – Giratoire de Cambaie)

1.4.4.4 Etude préalables de différents scénarii d'aménagement (AVP v1)

L'étude hydraulique a permis de mettre en évidence le fonctionnement hydraulique du territoire et les contraintes à traiter par le projet d'Axe Mixte.

Le projet à élaborer doit proposer une praticabilité des voiries du projet vis-à-vis de la problématique inondation (par débordement et par ruissellement pluvial). Le secteur 3 du projet (partie *nord*), situé en amont, n'est pas concerné par des aménagements : la voirie actuelle y est conservée. Il n'est donc pas possible de proposer une amélioration de la praticabilité de ce secteur par la mise en œuvre d'aménagements sur les secteurs en aval (1 et 2).

Le projet doit toutefois permettre de proposer la non submersion des voiries des secteurs 1 et 2. Pour cela, il convient de définir les modalités d'aménagement du secteur du Giratoire de Cambaie qui permettent de dévier les écoulements en dehors des voiries. Ces aménagements consistent donc à différentes configurations topographiques en ce sens.

Pour retenir l'aménagement le plus pertinent à mettre en œuvre permettant de répondre à cet objectif, différents principes d'aménagements ont été définis et étudiés. Trois scénarii proposant un traitement du giratoire/carrefour de Cambaie différent ont été définis :

- Carrefour à feux ;
- Giratoire avec bordures classiques ;
- Giratoire avec bordures abaissées.

Ces trois solutions présentent une représentation identique du nivellement et de l'emprise de la voirie de l'Axe Mixte sur le secteur 3 (identique à la configuration actuelle) et sur le secteur 1.

Ces trois scénarii ont été intégrés à l'outil de modélisation et l'évènement centennal précédemment décrit a été simulé. Les simulations sont analysées et comparées au comportement hydraulique de référence.

L'objectif de ces analyses est de **mettre en évidence les impacts associés aux choix d'aménagement** de ce carrefour sur les écoulements et la praticabilité éventuelle des voiries du projet (secteur 1).

Ces scénarii ont été présentés à la Maitrise d'Ouvrage dans la version v1 de l'AVP.

1.4.4.4.1 Configuration carrefour à feux

La configuration « Carrefour à feux » consiste à remplacer le giratoire actuel par un carrefour à feux. Cette configuration présente donc la réalisation d'une plate-forme centrale sur laquelle se raccorde les différentes voiries.

Cette configuration se traduit donc par une rehausse du profil en long de l'Axe Mixte qui a pour effet de « bloquer » les écoulements dans leur progression vers l'aval (vers le *sud*).

Le profil ci-dessous illustre cette évolution et la conséquence sur la ligne d'eau maximales modélisée : on observe une augmentation de l'accumulation des écoulements en amont du giratoire (augmentation des hauteurs d'eau sur la voirie en amont de ce carrefour).

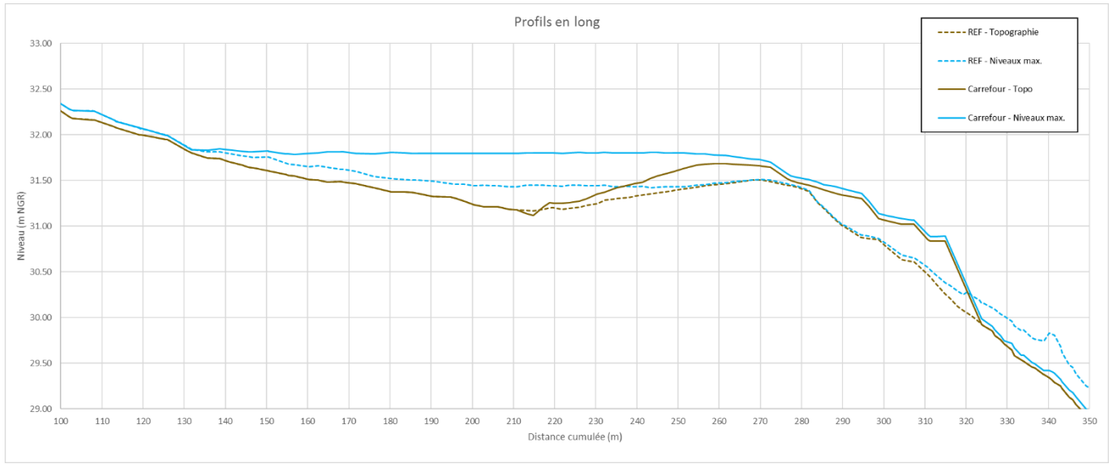


Figure 43 : profils en long comparés

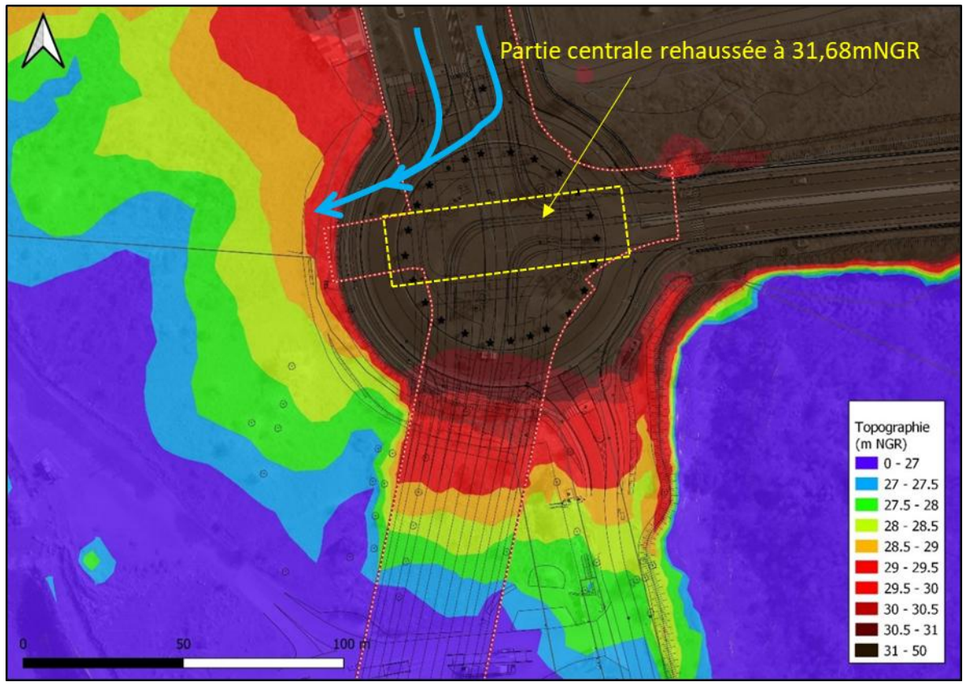


Figure 44 : Configuration « PROJET Carrefour à feux » – Topographie

Les figures de la page suivante présentent les hauteurs d'eau maximales et les vitesses maximales des écoulements obtenues pour cette configuration.

⇨ **Cette configuration n'impacte pas les écoulements observés sur les secteurs en amont (zone industrielle et partie *nord* de l'Axe Mixte –secteur 3).**

L'aménagement retient les écoulements en amont du carrefour, **ce qui crée une augmentation des hauteurs d'eau** : celles-ci dépassent 50 cm en amont de ce carrefour sur la voirie de l'Axe Mixte.

Les débordements sont favorisés vers les zones basses de l'*ouest*. Une petite partie des écoulements franchit cette plateforme en direction du *sud*.

Les écoulements sont alors concentrés sur les voiries de l'Axe Mixte où ils présentent des hauteurs d'eau très faibles (majoritairement inférieures à 10 cm et quelques zones comprises entre 10 et 25 cm).

⇨ **Cette configuration aggrave la praticabilité de la voirie en amont du carrefour (secteur 3) mais propose une praticabilité dégradée de la partie *sud* de l'Axe Mixte (secteur 1).**

On retrouve donc comme pour la configuration de référence un débit de pointe de 12 m³/s en amont du carrefour.

Pour cette configuration, une majeure partie de ce débit est évacuée vers les zones basses de l'*ouest* au niveau de ce carrefour (62 %). Les écoulements franchissent ce carrefour par l'*est*, contre 40% pour la configuration de référence.

A l'aval de ce carrefour, une partie des écoulements suit la route existante, l'autre emprunte les voiries de l'Axe Mixte (secteur 1). Plus en aval, l'ensemble de ces écoulements rejoint les voiries de l'Axe Mixte (secteur 1).

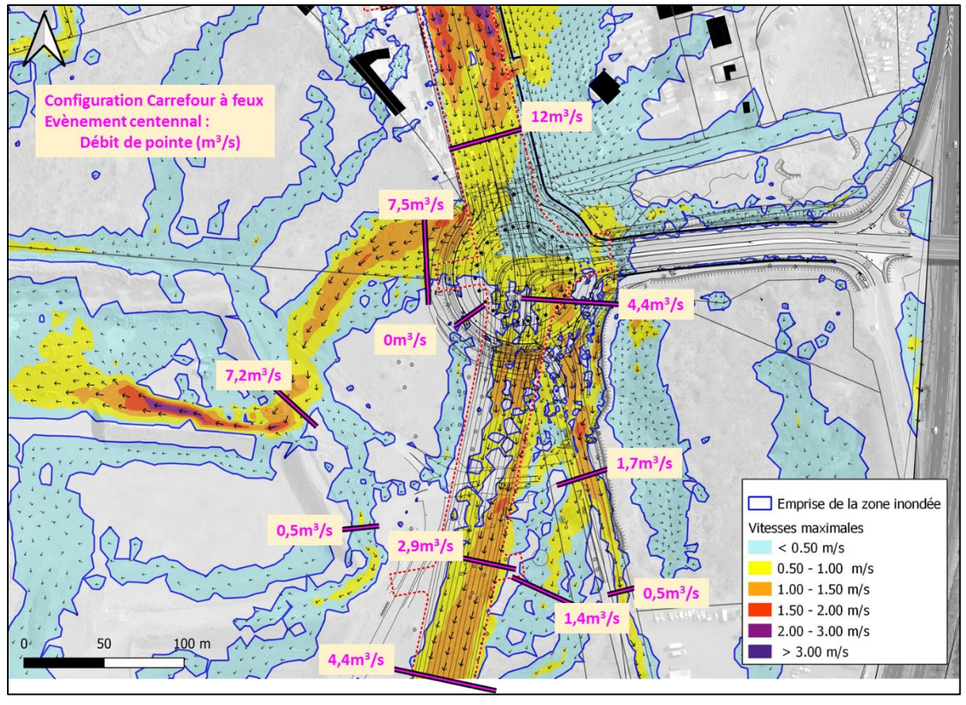


Figure 45 : Configuration Carrefour à feux – Evènement centennal – Débits maximaux calculés

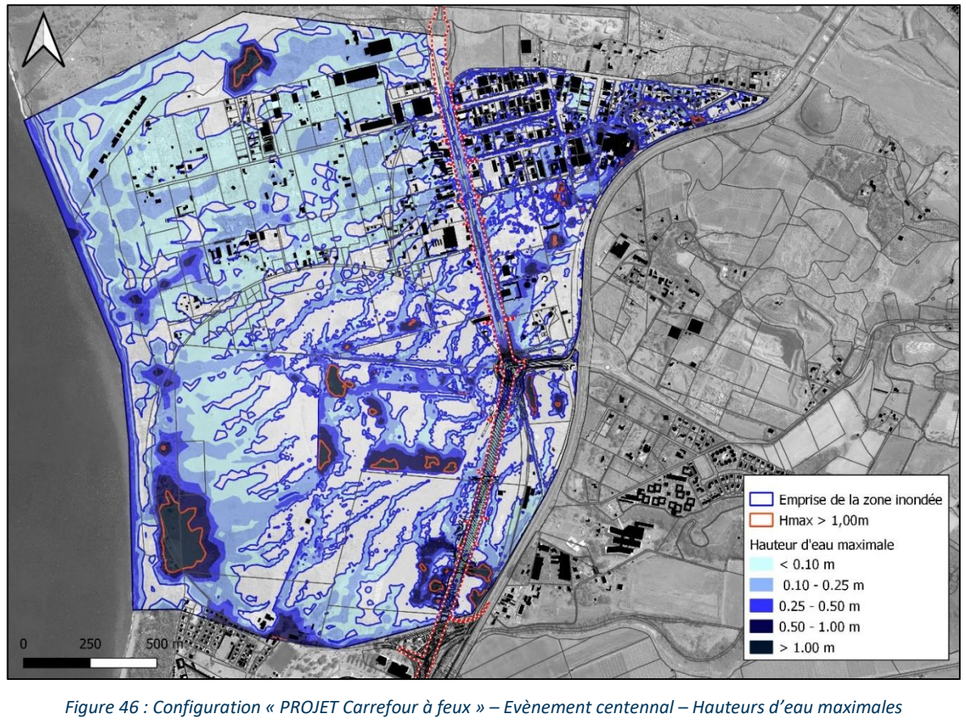


Figure 46 : Configuration « PROJET Carrefour à feux » – Evènement centennal – Hauteurs d'eau maximales

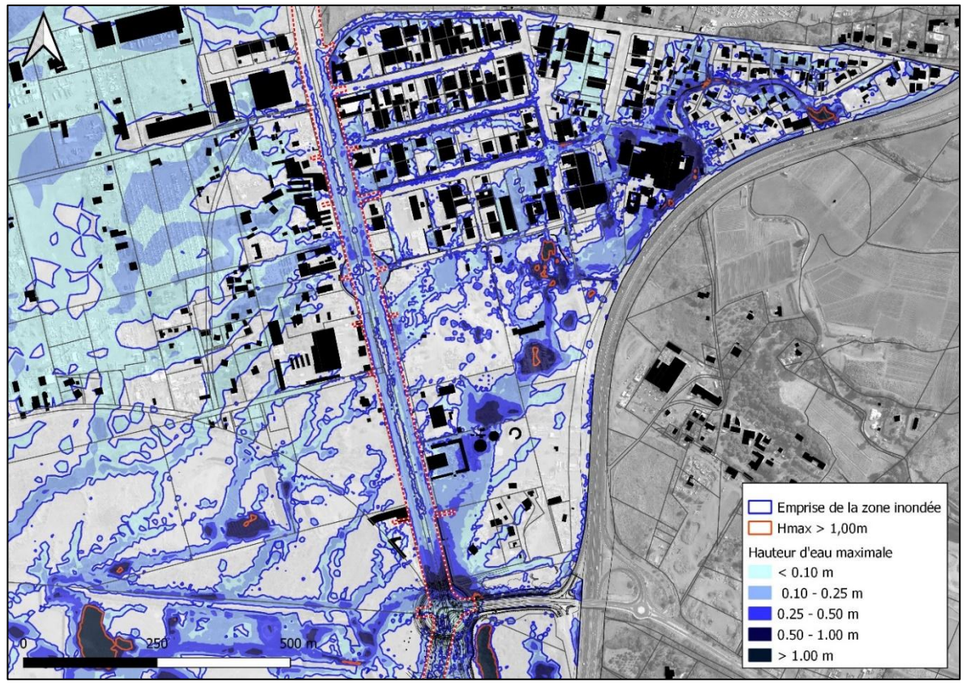


Figure 47 : Configuration « PROJET Carrefour à feux » – Evènement centennal – Hauteurs d'eau maximales (zoom 1)

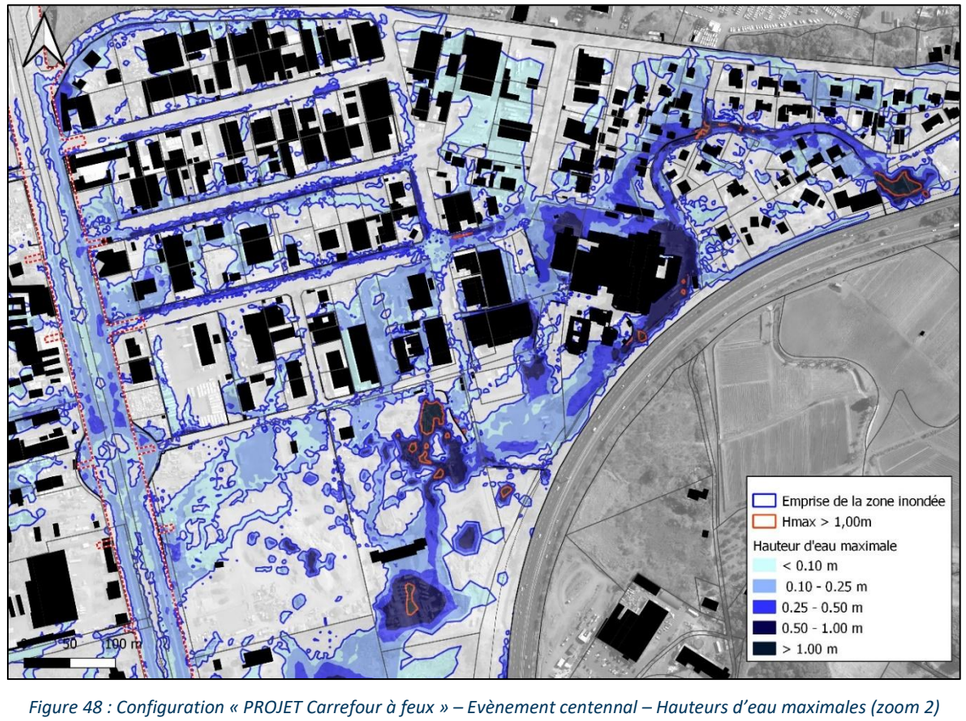


Figure 48 : Configuration « PROJET Carrefour à feux » – Evènement centennal – Hauteurs d'eau maximales (zoom 2)

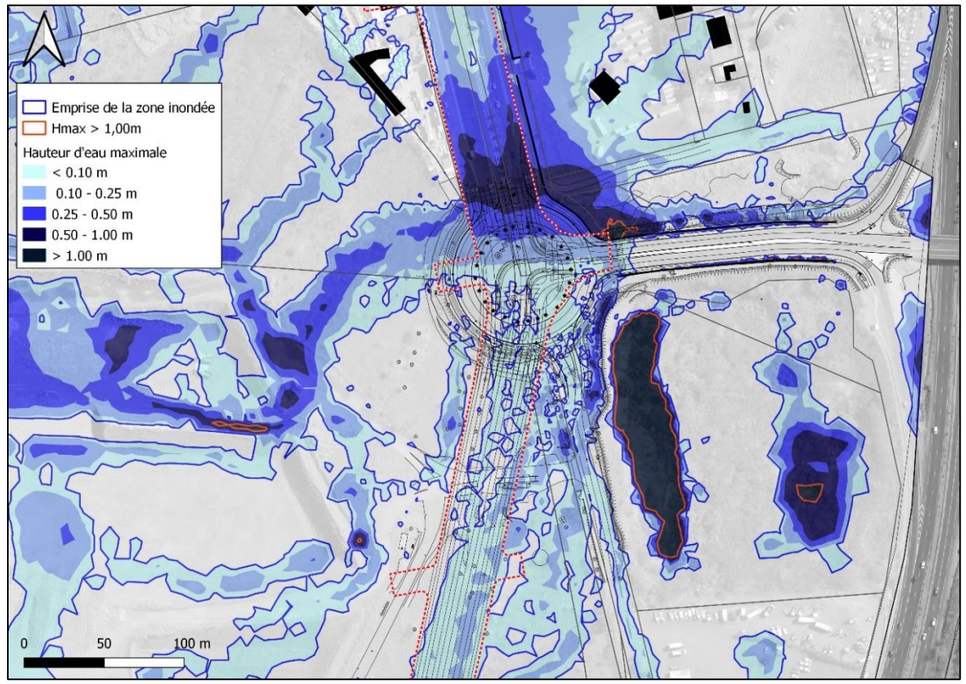


Figure 49 : Configuration « PROJET Carrefour à feux » – Evènement centennal – Hauteurs d'eau maximales (zoom 3 – Giratoire de Cambaie)

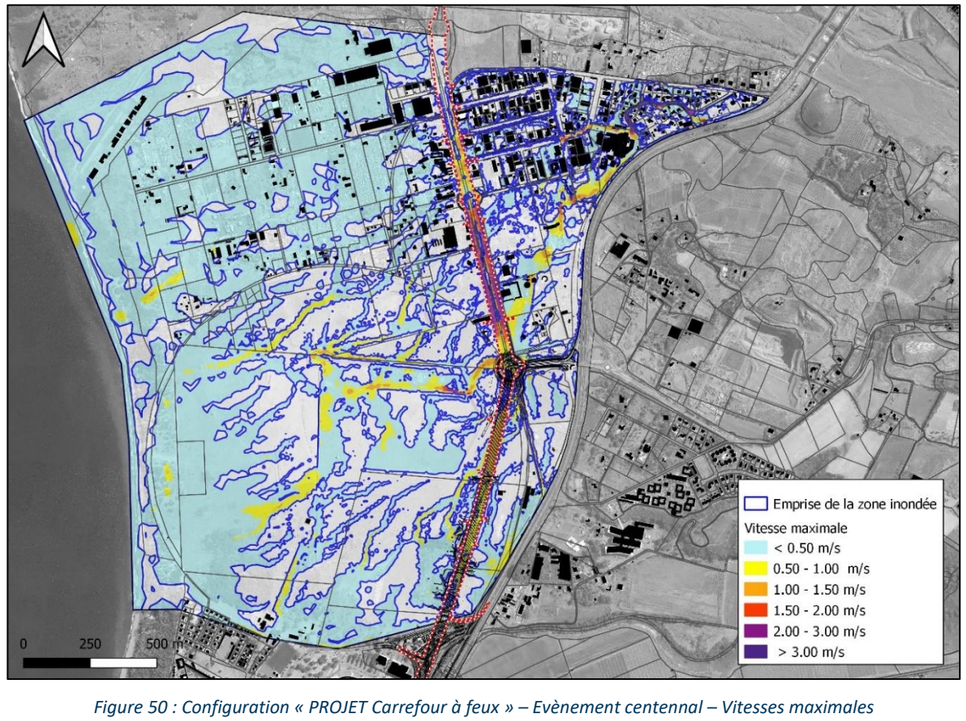


Figure 50 : Configuration « PROJET Carrefour à feux » – Evènement centennal – Vitesses maximales

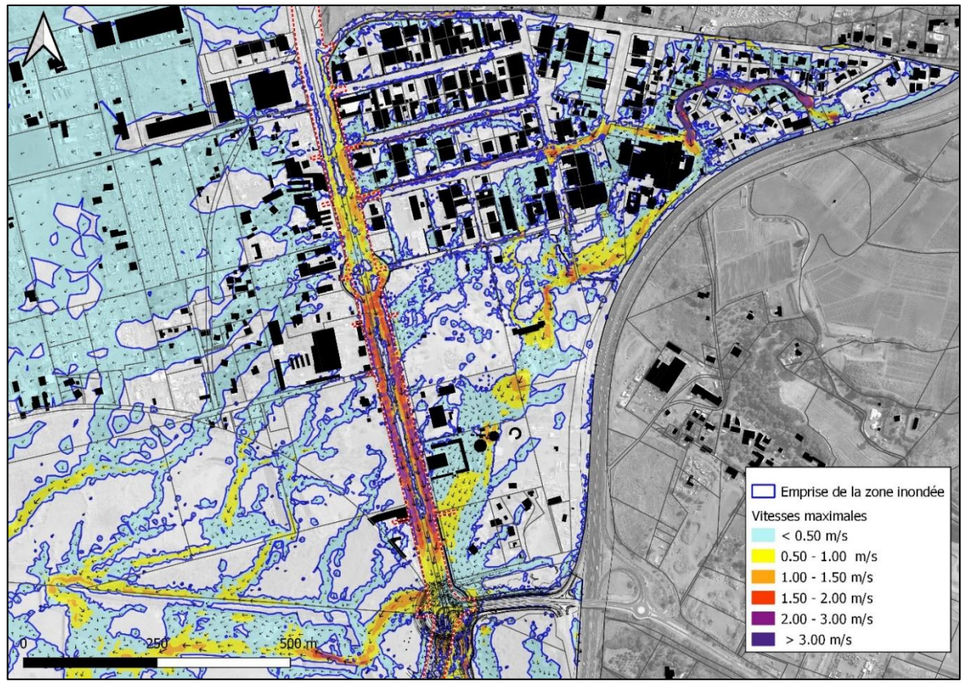


Figure 51 : Configuration « PROJET Carrefour à feux » – Evènement centennal – Vitesses maximales (zoom 1)

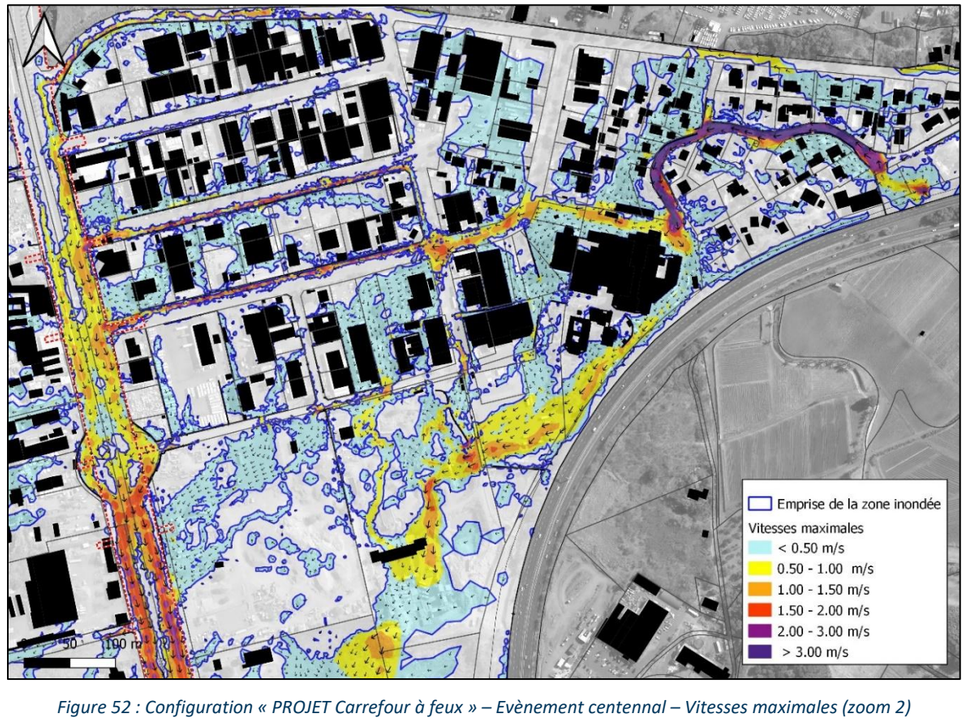


Figure 52 : Configuration « PROJET Carrefour à feux » – Evènement centennal – Vitesses maximales (zoom 2)

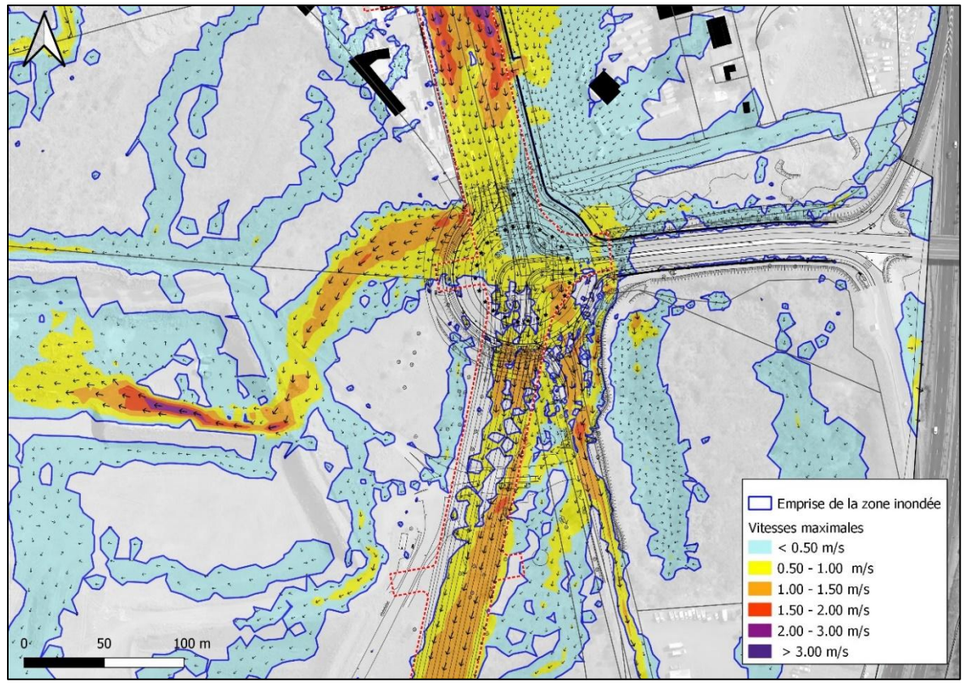


Figure 53 : Configuration « PROJET Carrefour à feux » – Evènement centennal – Vitesses maximales (zoom 3 – Giratoire de Cambaie)

1.4.4.4.2 Configuration projet : giratoire avec bordures classiques

Cette configuration consiste à conserver le giratoire de Cambaie dans sa configuration existante, de conserver les bordures de trottoirs actuelles et de proposer un nivellement (décaissement) de la partie centrale du giratoire permettant de faire passer le TCSP. Ce nivellement vient donc créer un « canal » central à ce niveau.

Le profil en long suivant illustre parfaitement le fait que le passage du TCSP supprime l'obstacle topographique actuellement créé par la partie centrale du giratoire.

Cet aménagement va donc créer une concentration des écoulements sur la partie centrale de l'Axe Mixte.

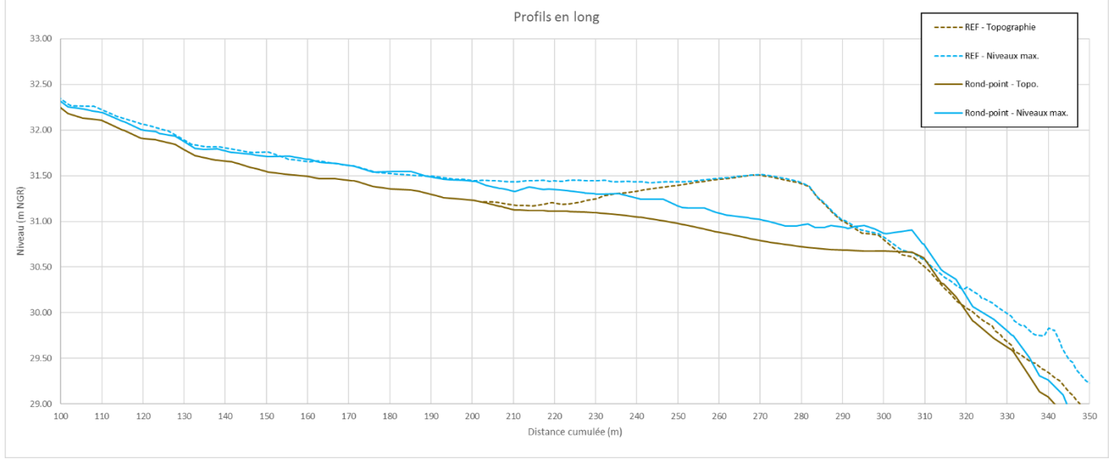


Figure 54 : Profils en long comparés

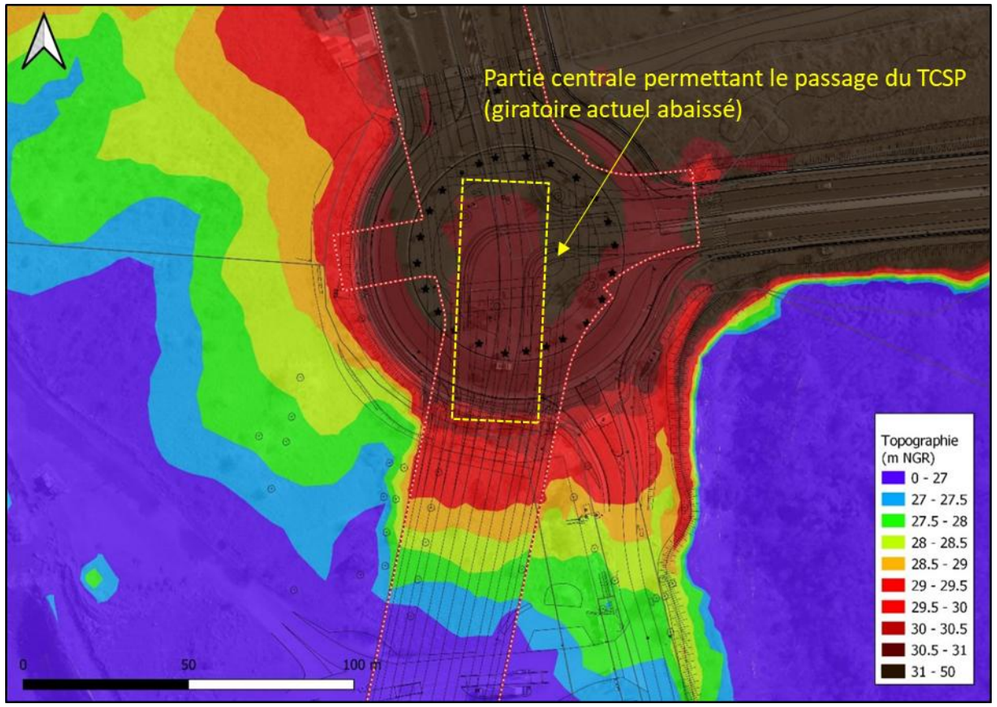


Figure 55 : Configuration « PROJET Giratoire bordures classiques » – Topographie

Les figures suivantes présentent les hauteurs d'eau maximales et les vitesses maximales des écoulements obtenues pour cette configuration.

⇨ **Cette configuration n'impacte pas les écoulements observés sur les secteurs en amont (zone industrielle et partie *nord* de l'Axe Mixte, *ie.* secteur 3).**

Le débit arrivant au niveau du rond-point est identique à celui obtenu pour la configuration de référence.

La création de la voie TCSP contribue à canaliser plus de la moitié des écoulements de l'amont. Une faible part se déverse vers les zones basses de l'*ouest* (8 % contre 40 % en configuration de référence).

La part des écoulements qui empruntent :

- Les voiries de *l'est* du giratoire est de 28 % (contre 48 % en configuration de référence) ;
- Les voiries de *l'ouest* du giratoire est de 10 % (contre 19 % en configuration de référence).

En aval du giratoire de Cambaie, les écoulements suivent majoritairement les voies de l'Axe Mixte : près de 90 % du débit de l'amont poursuit sa progression vers le *sud* sur l'Axe Mixte (plus de 2 fois plus que pour la situation actuelle).

Une très faible part des écoulements suit les voiries actuelles (accès jardinerie).

Sur les voiries de l'Axe Mixte en aval du giratoire, les hauteurs d'eau maximales obtenues sont comprises entre 10 et 25 cm sur toute la largeur ce cet axe.

Les pentes de voirie et la topographie naturelle des terrains voisins de l'Axe Mixte conduisent les écoulements à rester sur ces voiries.

⇨ **Cette configuration se traduit par une configuration très défavorable concernant la praticabilité des voiries de l'Axe Mixte sur le secteur 1.**

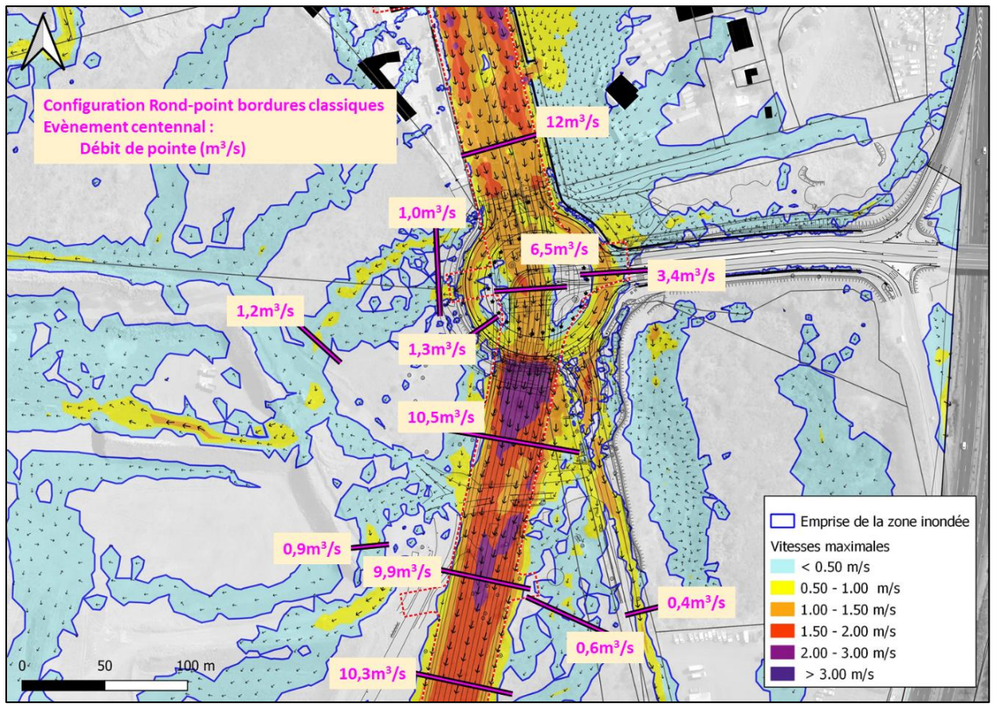


Figure 56 : Configuration « PROJET Giratoire bordures classiques » – Evènement centennal – Débits maximaux calculés

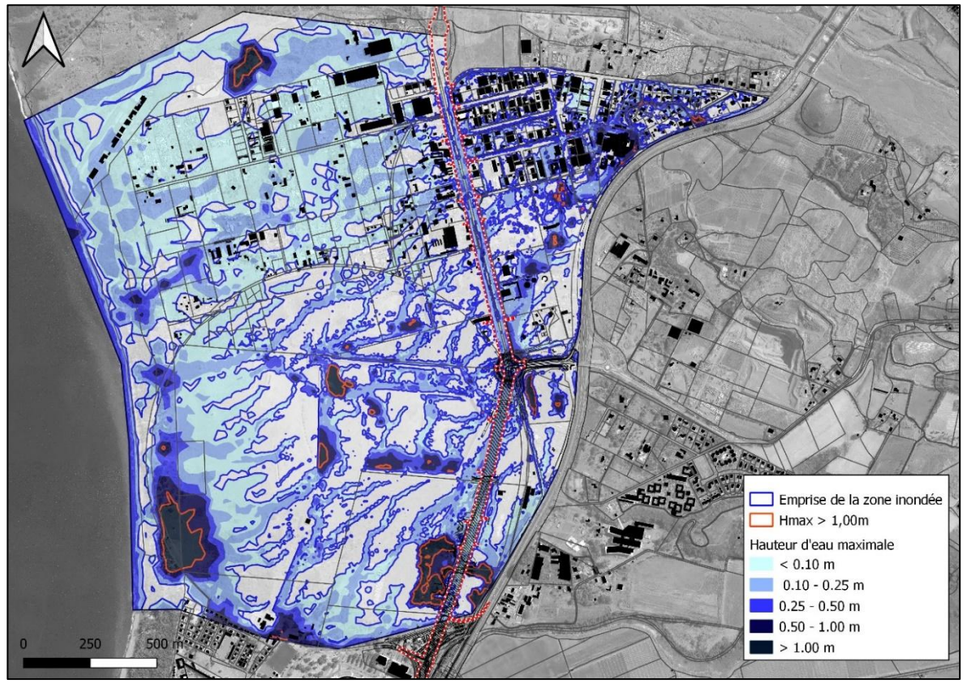


Figure 57 : Configuration « PROJET Giratoire bordures classiques » – Evènement centennal – Hauteurs d'eau maximales

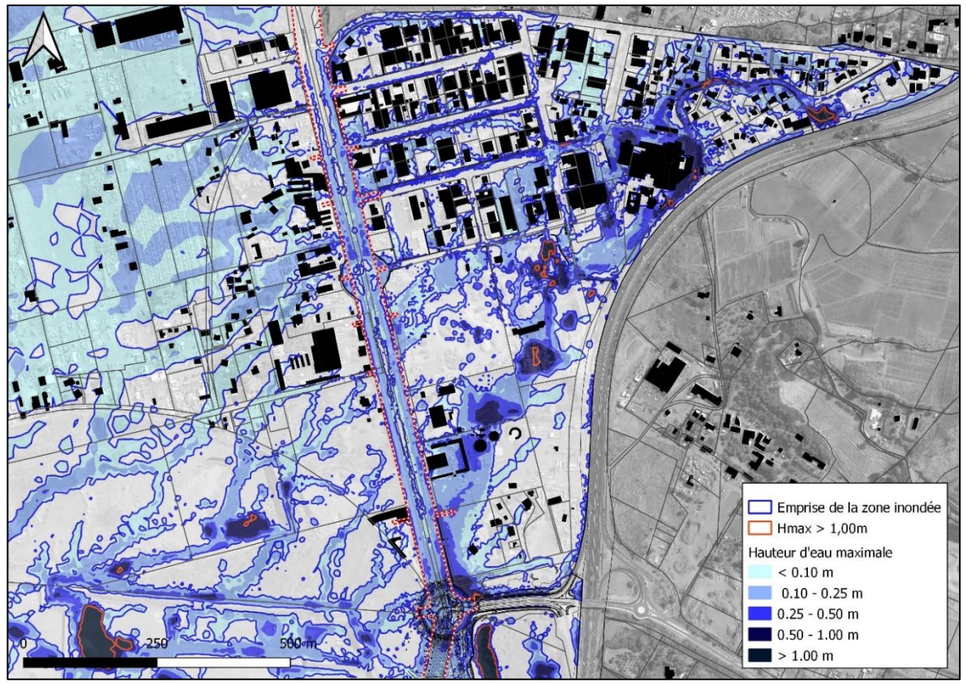


Figure 58 : Configuration « PROJET Giratoire bordures classiques » – Evènement centennal – Hauteurs d'eau maximales (zoom 1)

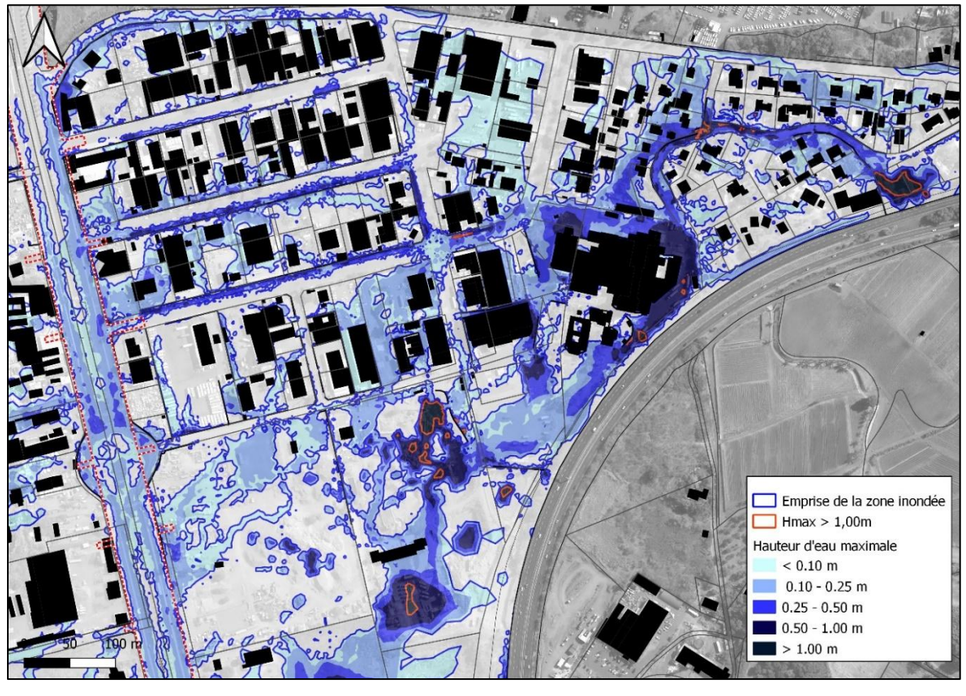


Figure 59 : Configuration « PROJET Giratoire bordures classiques » – Evènement centennal – Hauteurs d'eau maximales (zoom 2)

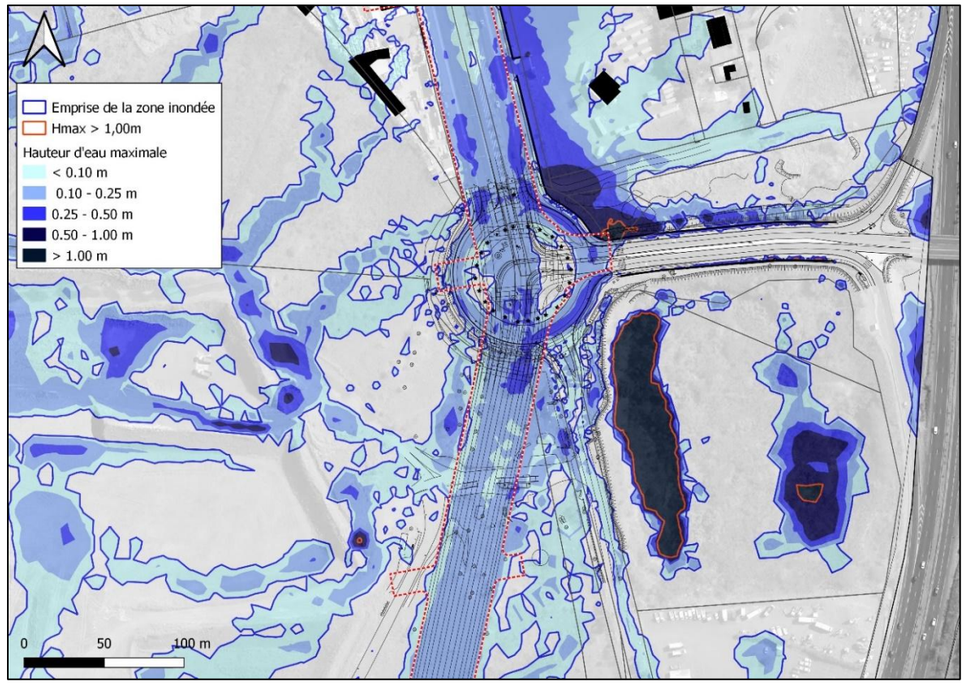


Figure 60 : Configuration « PROJET Giratoire bordures classiques » – Evènement centennal – Hauteurs d'eau maximales (zoom 3)

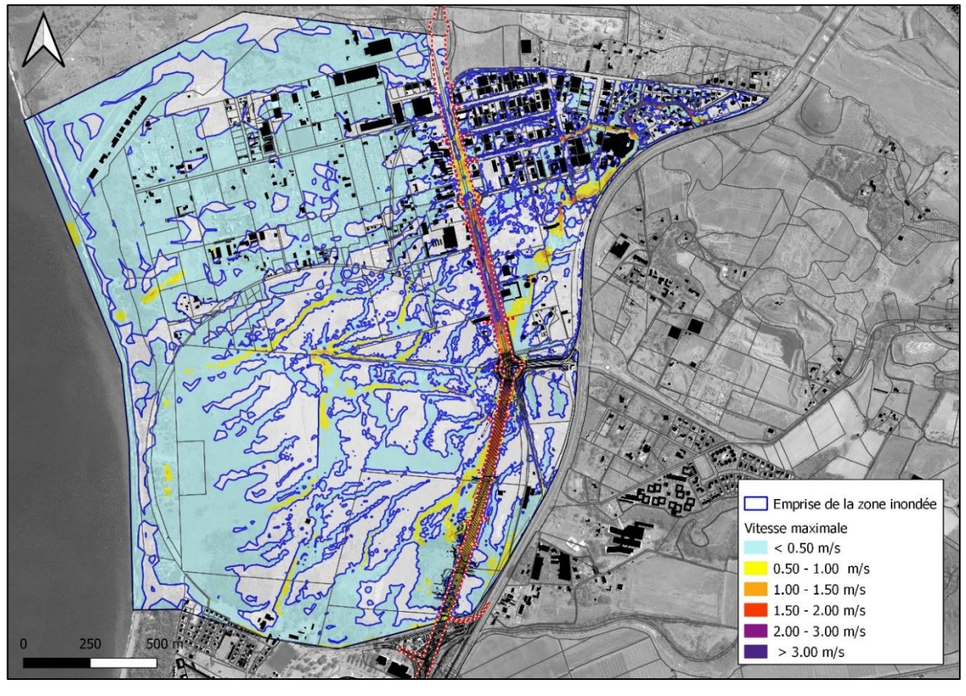


Figure 61 : Configuration « PROJET Giratoire bordures classiques » – Evènement centennal – Vitesses maximales

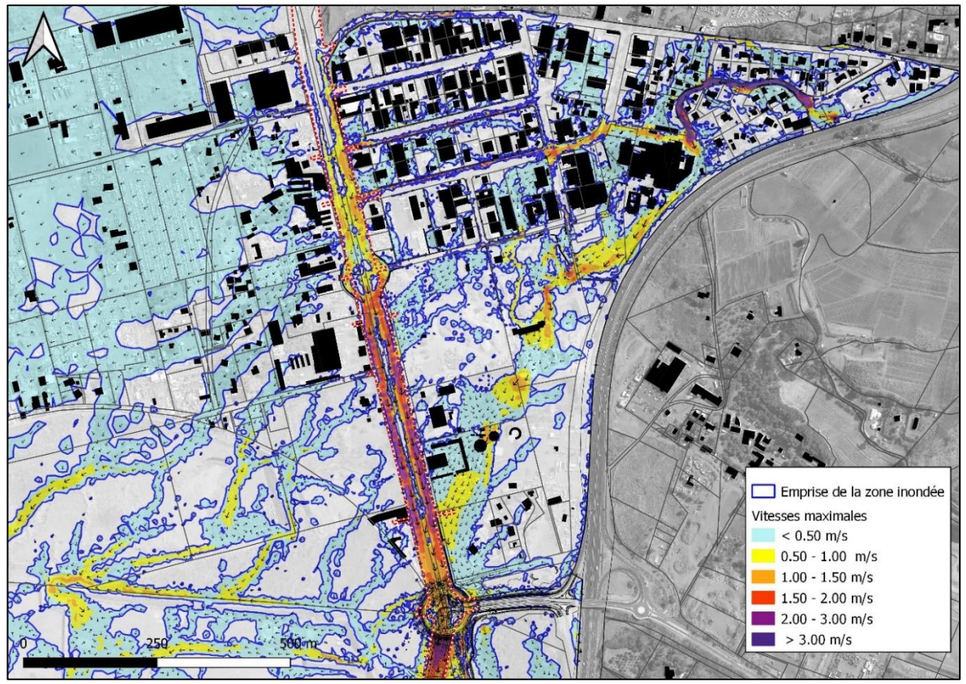


Figure 62 : Configuration « PROJET Giratoire bordures classiques » – Evènement centennal – Vitesses maximales (zoom 1)

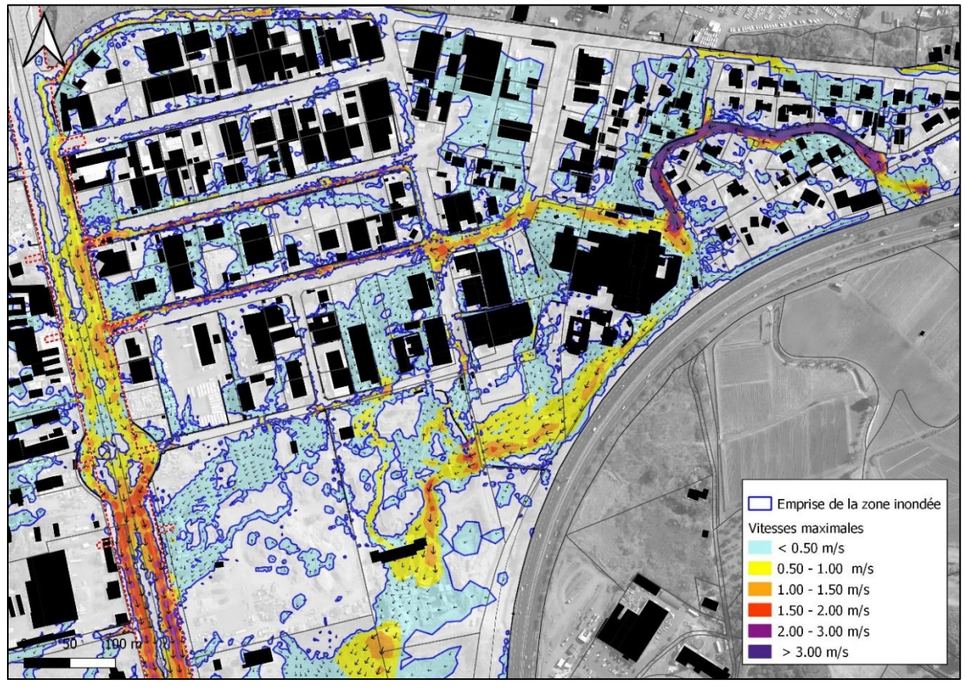


Figure 63 : Configuration « PROJET Giratoire bordures classiques » – Evènement centennal – Vitesses maximales (zoom 2)

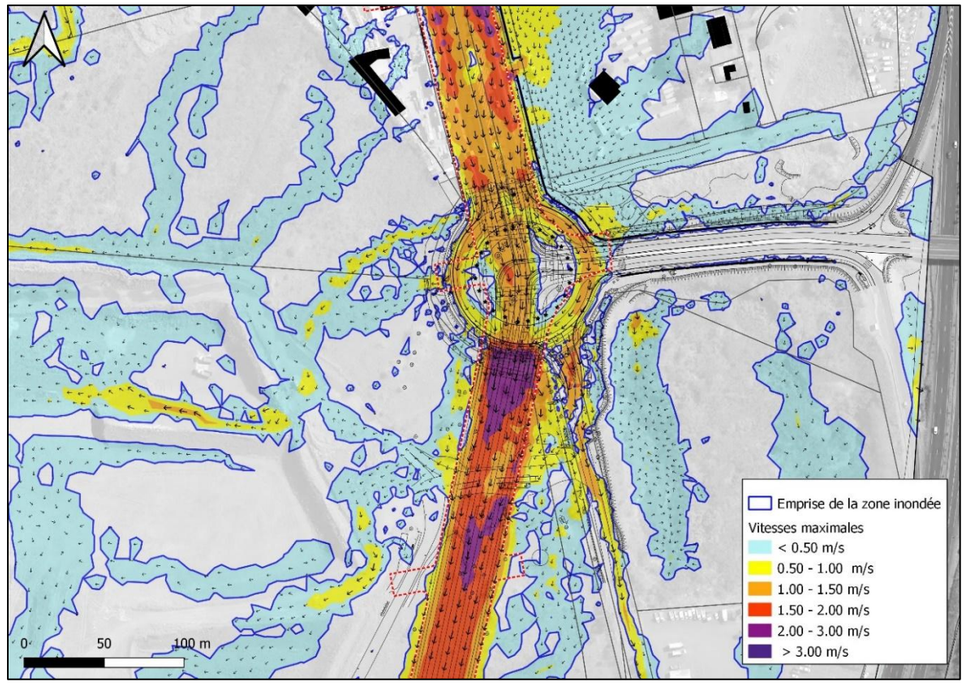


Figure 64 : Configuration « PROJET Giratoire bordures classiques » – Evènement centennal – Vitesses maximales (zoom 3)

1.4.4.4.3 Configuration projet : giratoire avec abaissement des trottoirs

Cette configuration reprend la configuration précédente en intégrant la prise en compte de bordures abaissées pour les trottoirs sur les parties *sud-est* et *sud-ouest* du giratoire. L'abaissement des bordures a pour objectif de favoriser le déversement des écoulements depuis les voiries vers les zones plus basses du secteur des carrières.

Figure 65 : exemple de bordures abaissées

Ces abaissements sont réalisés sur des linéaires de 2 x 30 mètres.

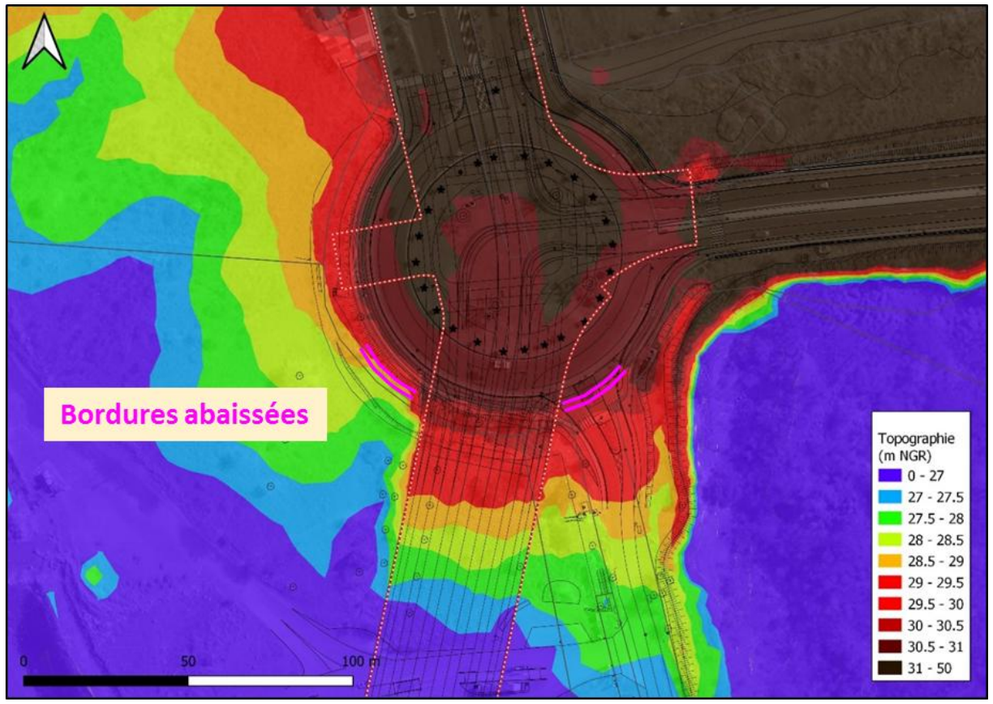


Figure 66 : Configuration « PROJET Giratoire avec bordures abaissées » – Topographie

Les figures suivantes présentent les hauteurs d'eau maximales et les vitesses maximales des écoulements obtenues pour cette configuration.

⇨ **Cette configuration n'impacte pas les écoulements observés sur les secteurs en amont (zone industrielle et partie *nord* de l'Axe Mixte).**

Le débit arrivant au niveau du giratoire est identique à celui obtenu pour la configuration de référence.

La création de la voie TCSP contribue à canaliser plus de la moitié des écoulements de l'amont, comme pour le scénario précédent.

En aval du giratoire, la mise en place des bordures abaissées permet de réduire de manière significative le débit qui poursuit sa route sur les voiries de l'Axe Mixte. En sortie de giratoire, le débit sur l'Axe Mixte est réduit de plus de moitié par rapport à la configuration sans bordures abaissées. Toutefois, le débit qui transite par la voie centrale TCSP se reporte intégralement sur l'Axe Mixte.

Plus en aval, sur le secteur 1, une partie des eaux débordées vers les secteurs situés à l'*est* de l'Axe Mixte rejoint les voiries de l'axe. L'efficacité de cet aménagement est donc plus faible en aval, mais propose une amélioration par rapport au scénario précédent (8,5 m^3/s contre 10 m^3/s).

⇨ **La praticabilité aval de l'Axe Mixte sur le secteur 1 est proche de celle obtenue pour la configuration avec bordures classiques.**

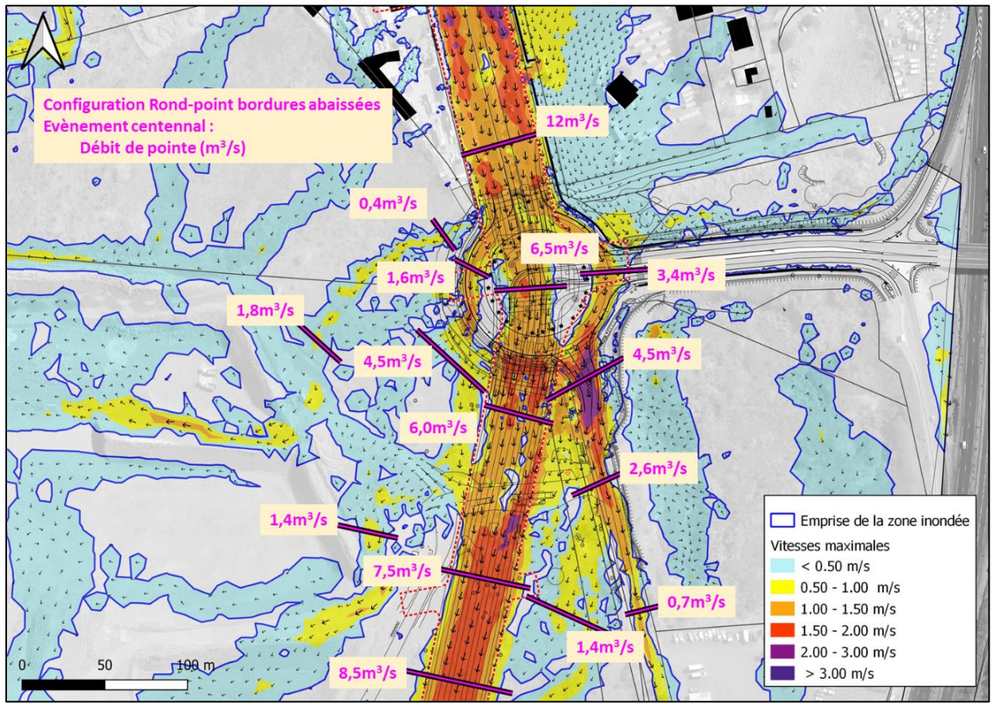


Figure 67 : Configuration Giratoire bordures abaissées– Evènement centennal – Débits maximaux calculés

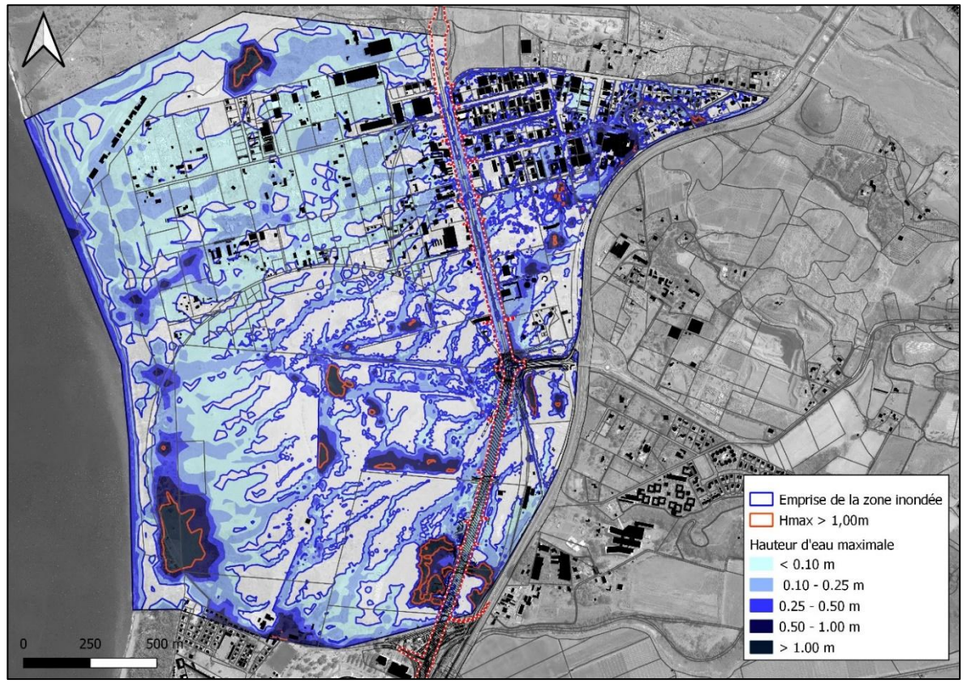


Figure 68 : Configuration « PROJET Giratoire avec bordures abaissées » – Evènement centennal – Hauteurs d'eau maximales

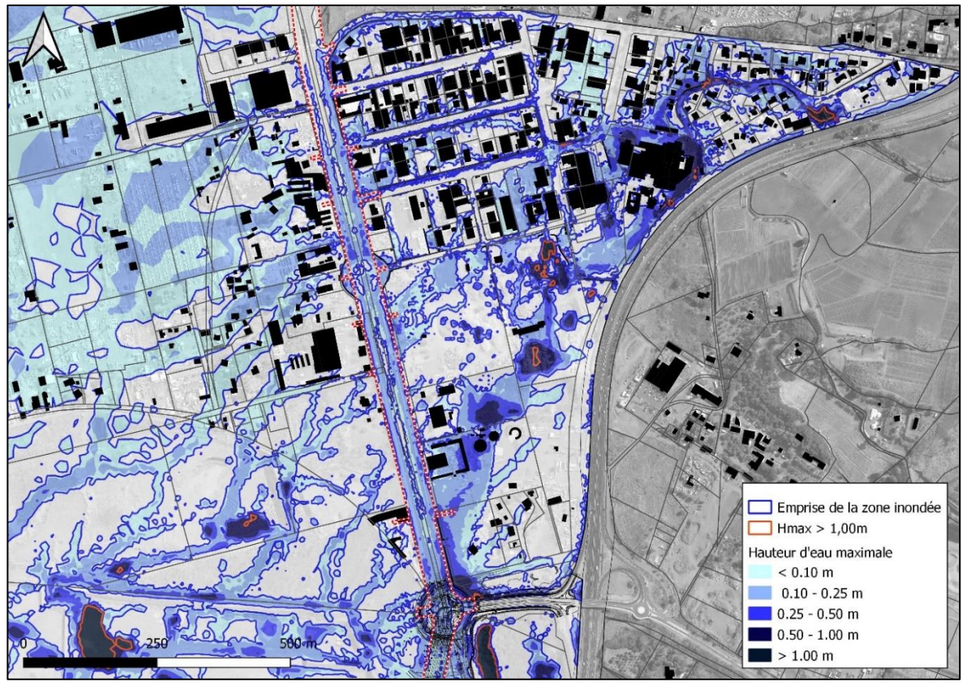


Figure 69 : Configuration « PROJET Giratoire avec bordures abaissées » – Evènement centennal – Hauteurs d'eau maximales (zoom 1)

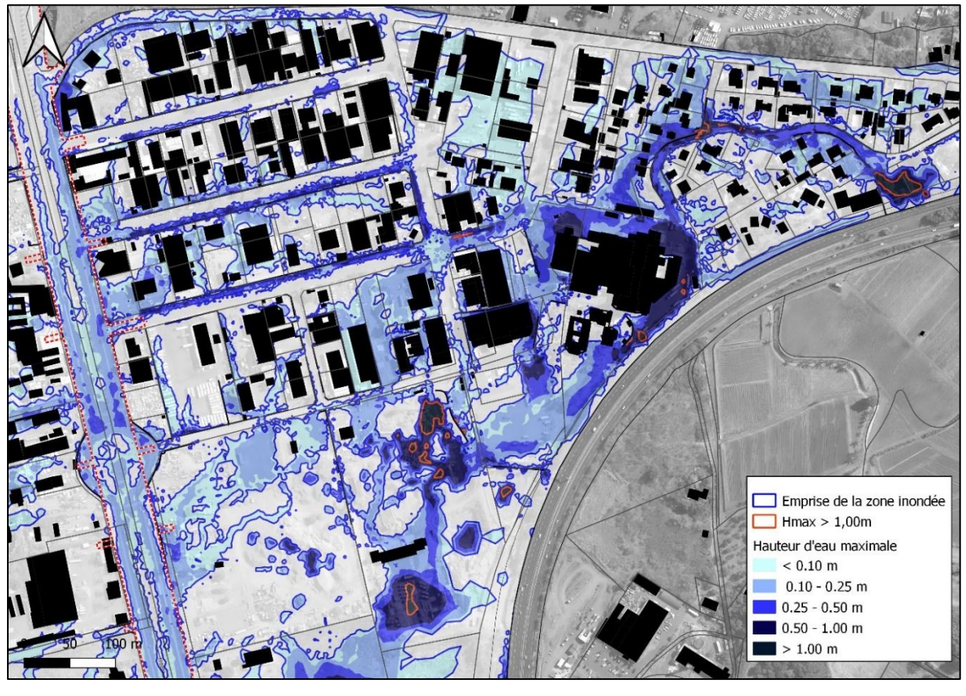


Figure 70 : Configuration « PROJET Giratoire avec bordures abaissées » – Evènement centennal – Hauteurs d'eau maximales (zoom 2)

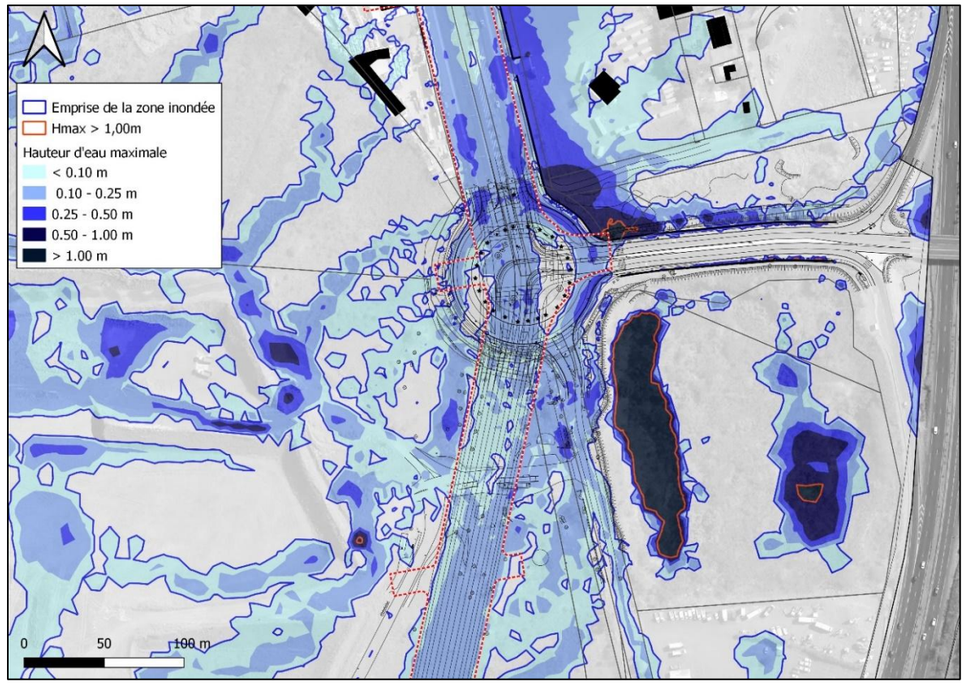


Figure 71 : Configuration « PROJET Giratoire avec bordures abaissées » – Evènement centennal – Hauteurs d'eau maximales (zoom 3)

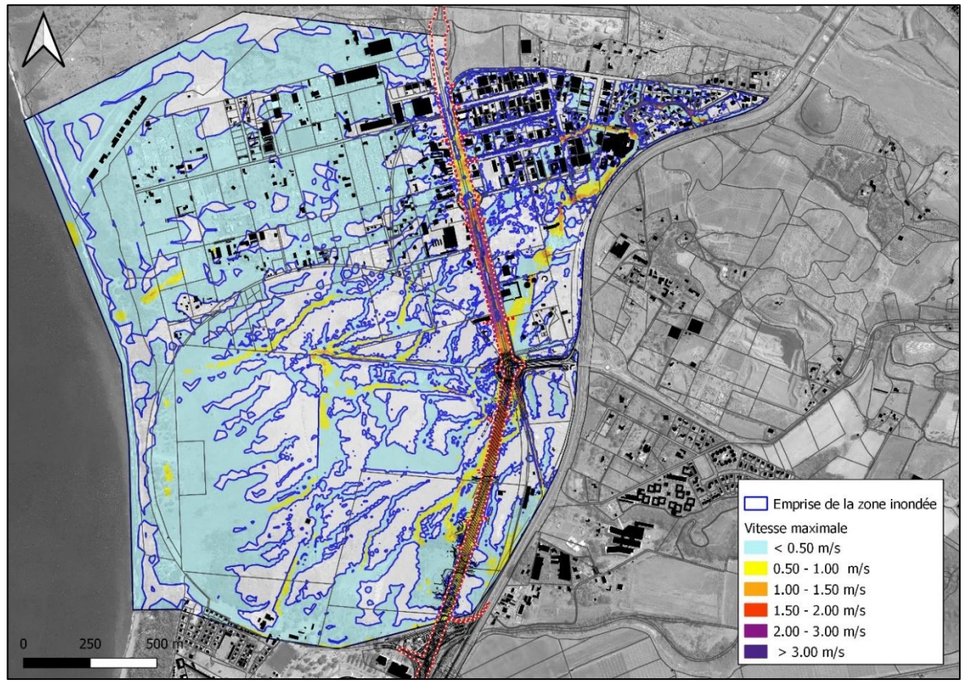


Figure 72 : Configuration « PROJET Giratoire avec bordures abaissées » – Evènement centennal – Vitesses maximales

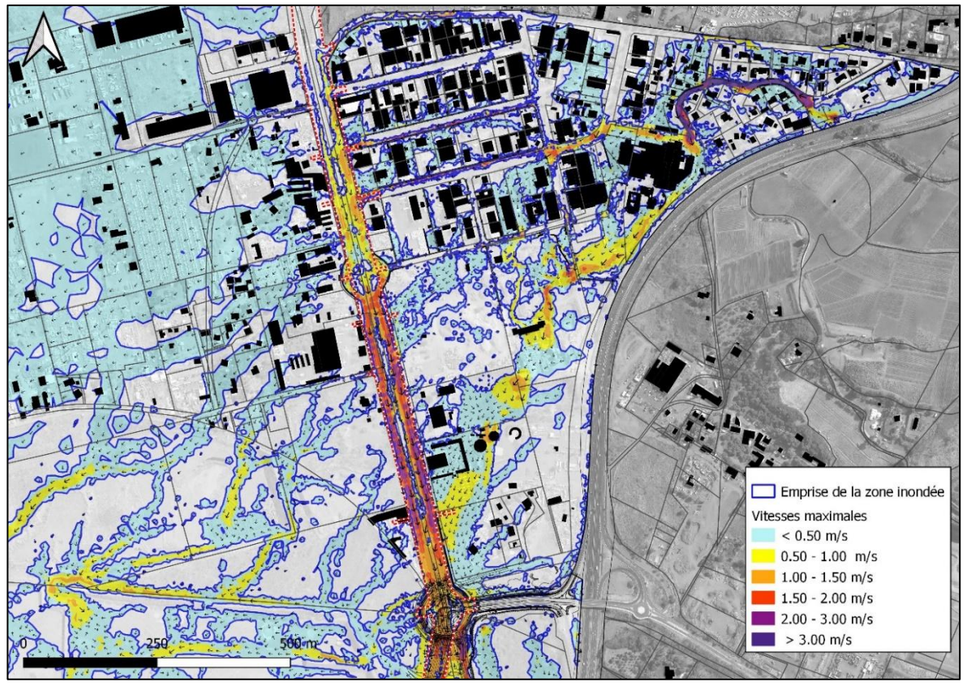


Figure 73 : Configuration « PROJET Giratoire avec bordures abaissées » – Evènement centennal – Vitesses maximales (zoom 1)

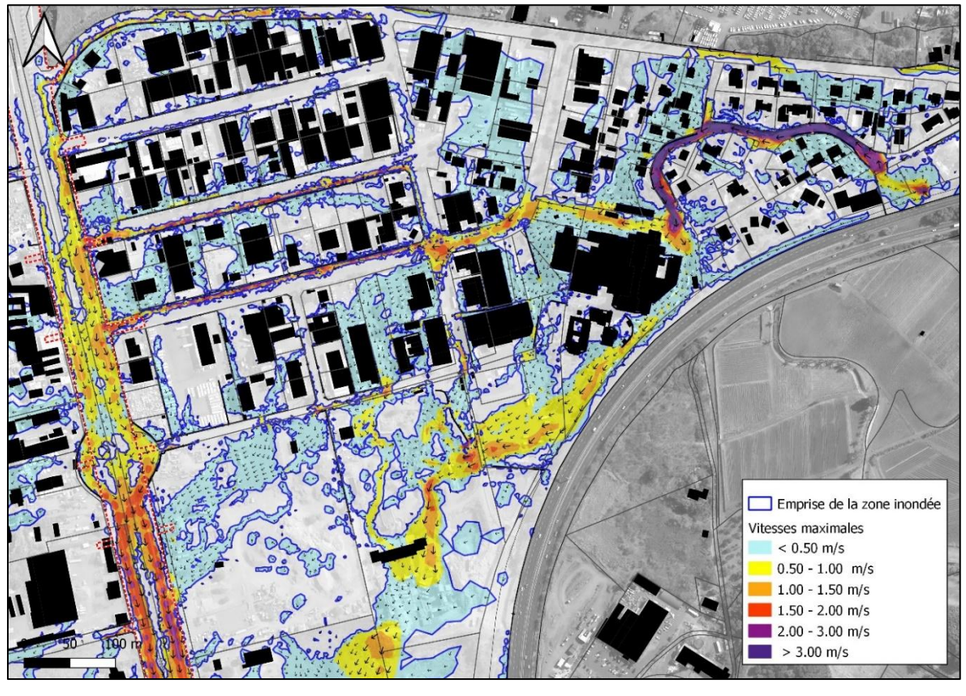


Figure 74 : Configuration « PROJET Giratoire avec bordures abaissées » – Evènement centennal – Vitesses maximales (zoom 2)

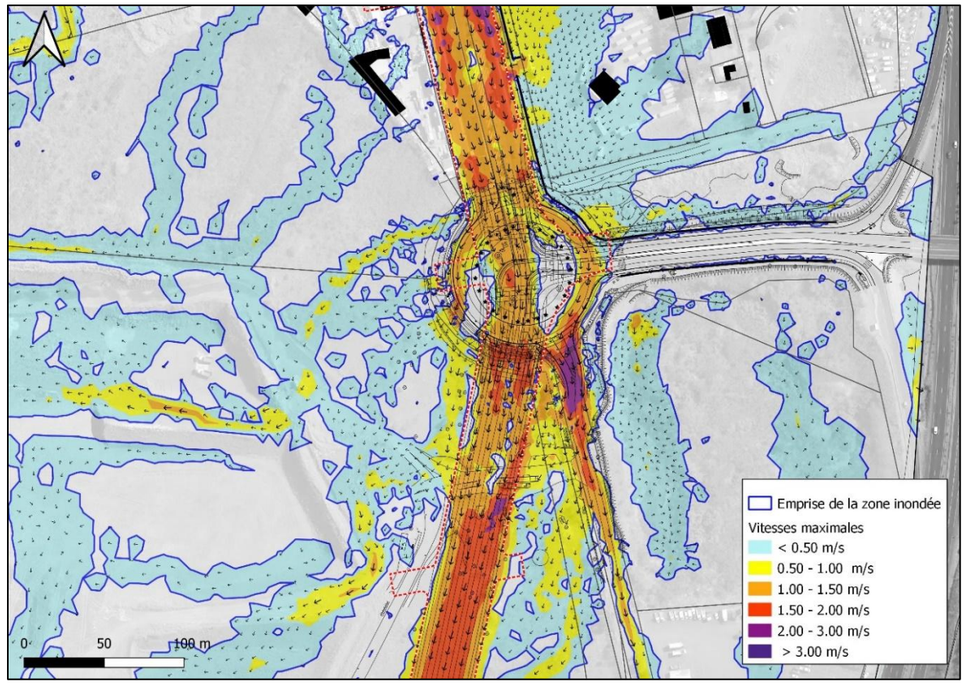


Figure 75 : Configuration « PROJET Giratoire avec bordures abaissées » – Evènement centennal – Vitesses maximales (zoom 3)

1.4.4.5 Scénario retenu (AVP v2)

1.4.4.5.1 Présentation

L'objectif de ces aménagements consiste à supprimer l'alimentation du secteur 1 de l'Axe Mixte par les écoulements observés sur le secteur 3.

Les analyses précédentes présentées dans le cadre de l'AVPv1 ont permis d'alimenter les discussions avec la maitrise d'ouvrage. Ces échanges ont permis de définir une nouvelle configuration qui intègre les aménagements suivants :

- Rehausse de la voie centrale du TCSP, afin de réduire la canalisation des écoulements dans la partie centrale de l'Axe Mixte par rapport aux scénarii étudiés en AVPv1,
- Création d'une pente de la voirie vers l'extérieur du rond-point combinée à des bordures de trottoirs abaissées, afin de favoriser l'évacuation des eaux de part et d'autre de l'Axe Mixte (côté *ouest* et *sud-est*),
- Création d'un fossé coté montagne pour récupérer et tamponner les eaux arrivant côté montagne avant de les rediriger vers le côté mer,
- Mise en place d'un dalot sous l'Axe Mixte, permettant d'évacuer les eaux coté montagne vers les anciennes carrières Oméga.

Différents scénarii ont été modélisés pour caler le nivellement des différentes composantes de cet aménagement permettant de répondre à cet objectif.

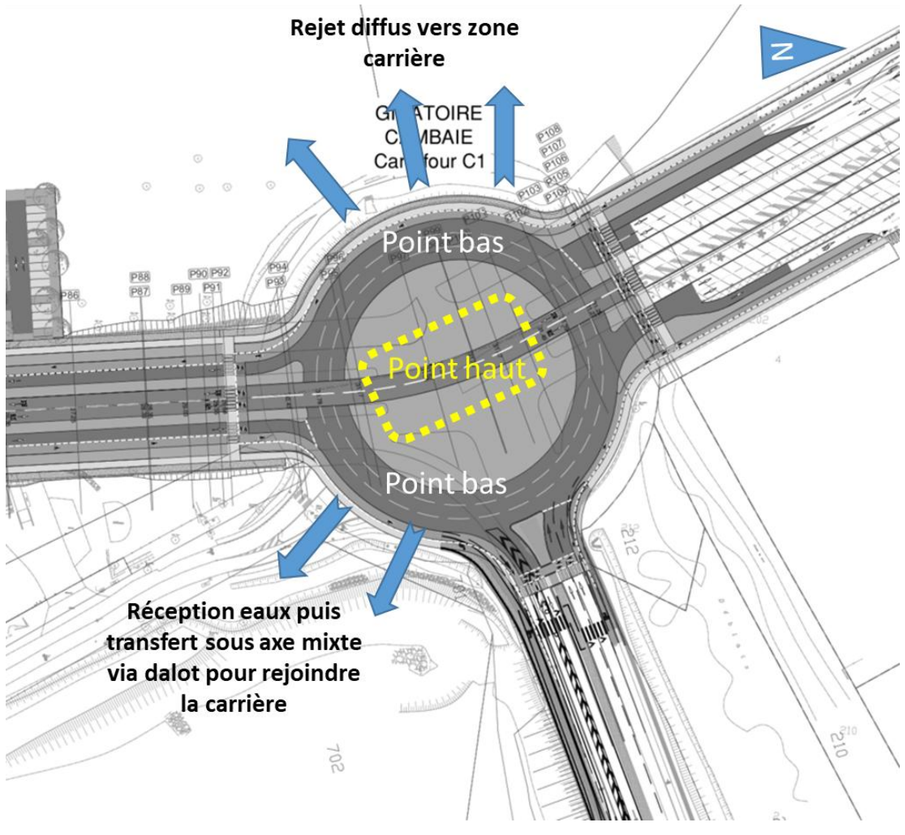


Figure 76: Schématisation de l'aménagement retenu (AVPv2)

La cartographie suivante présente la topographie du site intégrant les aménagements retenus. La carte suivante présente les opérations de déblais / remblais associées à ces aménagements.

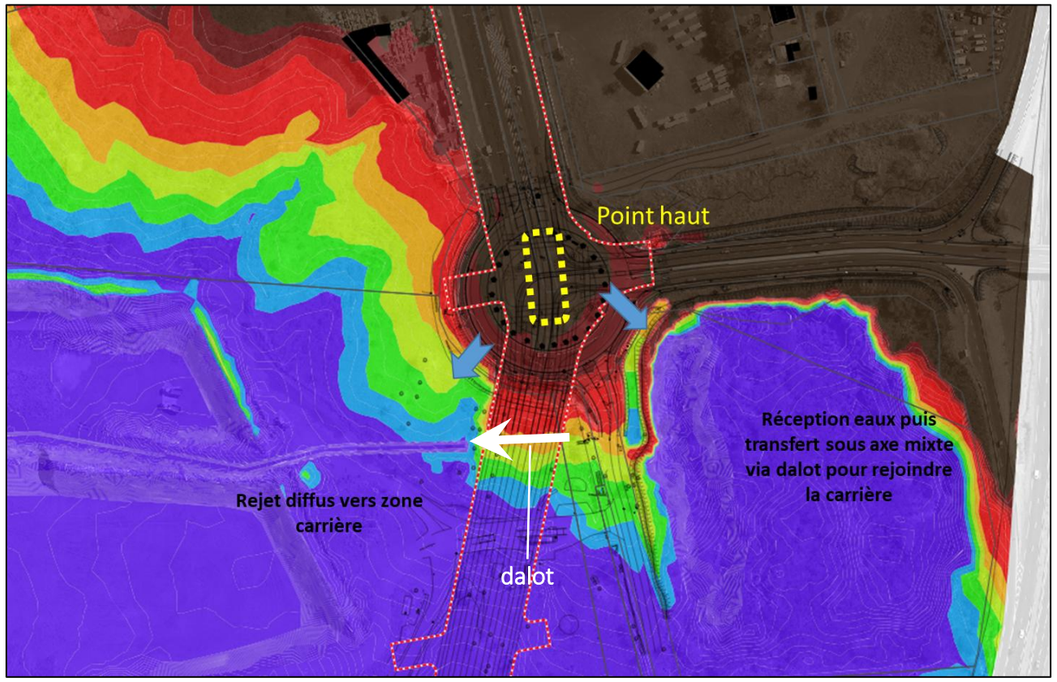


Figure 77 : Configuration « PROJET AVPv2 » – Topographie

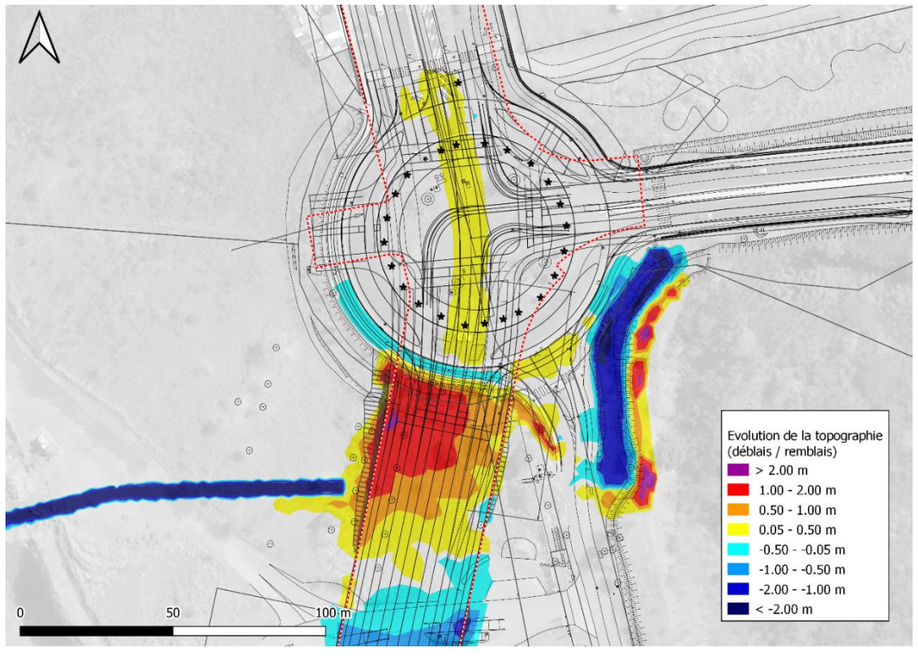


Figure 78 : Déblais/remblais « PROJET AVPv2 »

1.4.4.5.2 Analyse hydraulique

Les figures suivantes présentent les hauteurs d'eau maximales et les vitesses maximales des écoulements obtenues pour cette configuration.

⇨ **Cette configuration n'impacte pas les écoulements observés sur les secteurs en amont (zone industrielle et partie *nord* de l'Axe Mixte) qui restent strictement identiques à ceux observés pour la configuration actuelle du territoire.**

Le débit arrivant au niveau du giratoire est identique à celui obtenu pour la configuration de référence.

Au niveau du giratoire, la création de la voie TCSP rehaussée permet de bloquer le transfert des écoulements de l'amont vers l'aval. Les écoulements sont alors répartis des deux côtés du giratoire, de manière quasi-identique.

Les eaux rejoignent les secteurs plus bas en aval des zones de bordures rabaissées, côté montage et côté océan. Les eaux côté montagne sont guidées par le fossé crée jusqu'à l'ouvrage de franchissement (dalot) de l'Axe Mixte. En aval, les eaux sont dirigées vers les zones basses des carrières où elles s'accumulent avant de s'infiltrer dans le sol.

En aval du giratoire, le secteur 1 n'est plus inondé par les écoulements arrivant de l'amont, ce qui permet de répondre aux objectifs fixés pour cet aménagement.

⇨ **La praticabilité aval de l'Axe Mixte sur le secteur 1 est totale pour la crue centennale.**

Les cartographies suivantes présentent successivement :

- Les répartitions des débits de pointe obtenus pour l'évènement centennal modélisé sur les différents secteurs caractéristiques de la zone d'étude,
- Les hauteurs d'eau maximales modélisées,
- Les vitesses maximales des écoulements modélisées,
- Les impacts sur les niveaux d'eau maximaux générés par le projet.

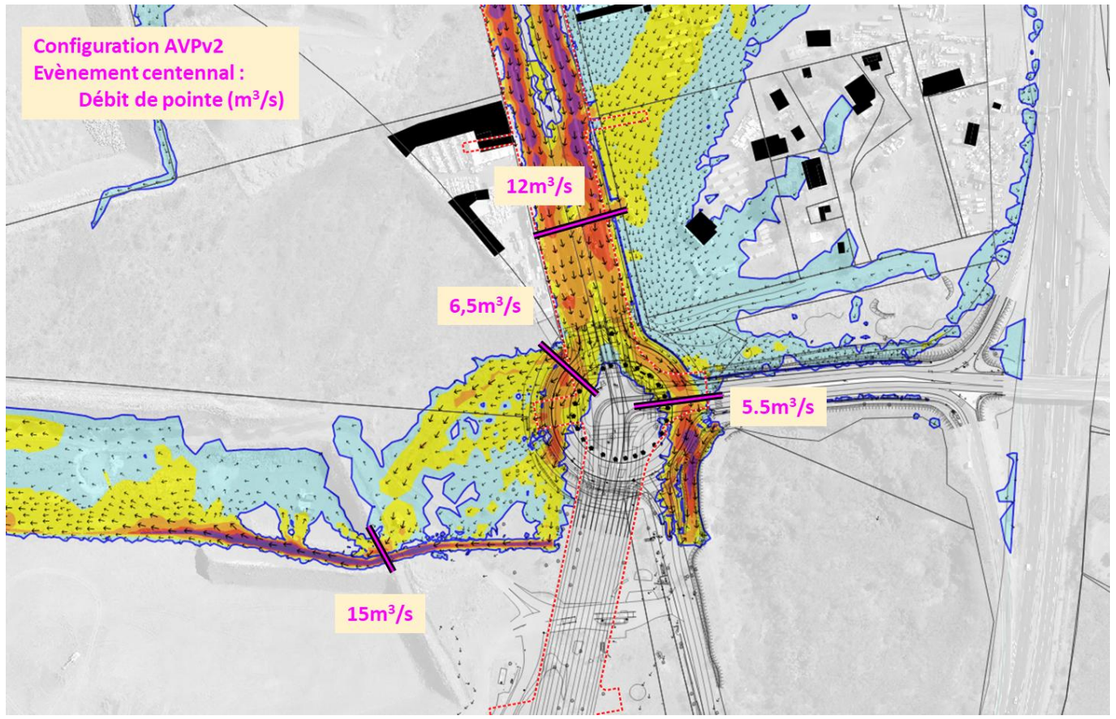


Figure 79 : Configuration AVPv2– Evènement centennal – Débits maximaux calculés

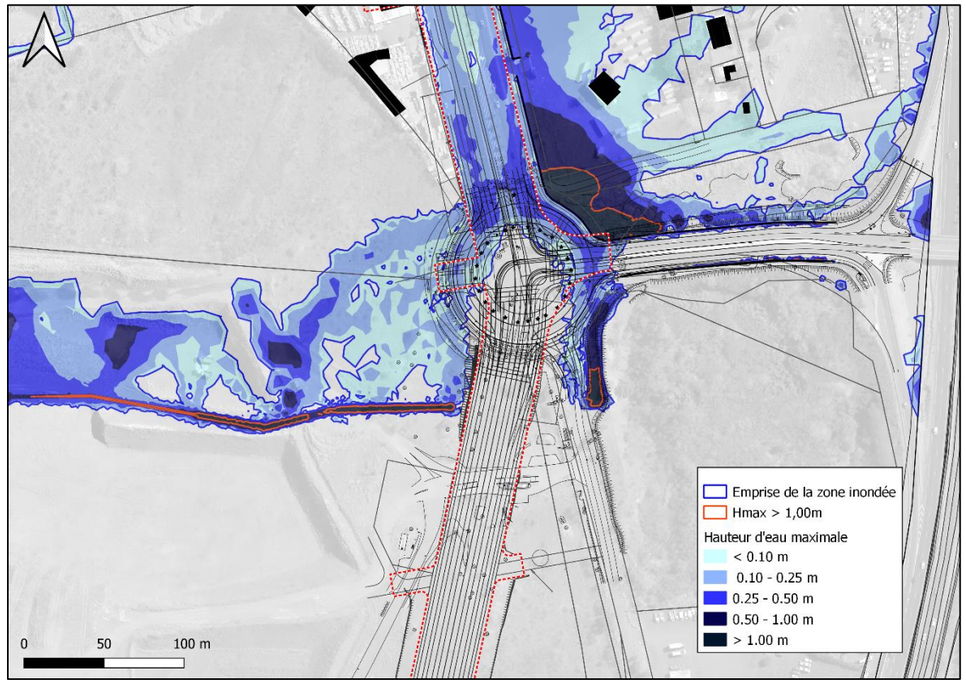


Figure 80 : Configuration AVPv2 – Evènement centennal – Hauteurs d'eau maximales

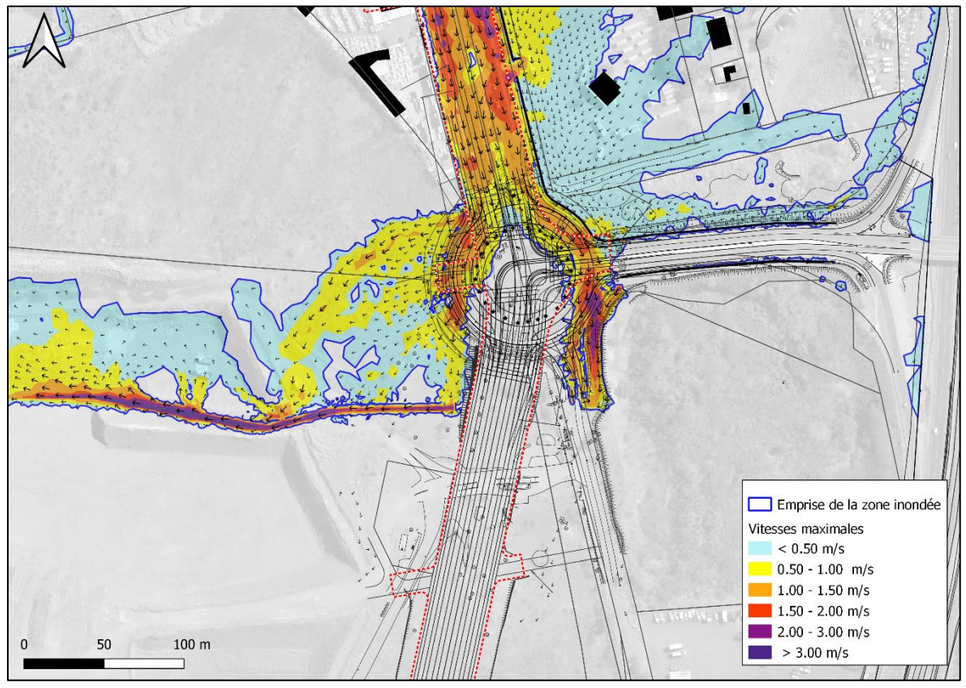


Figure 81 : Configuration AVPv2 – Evènement centennal – Vitesses maximales

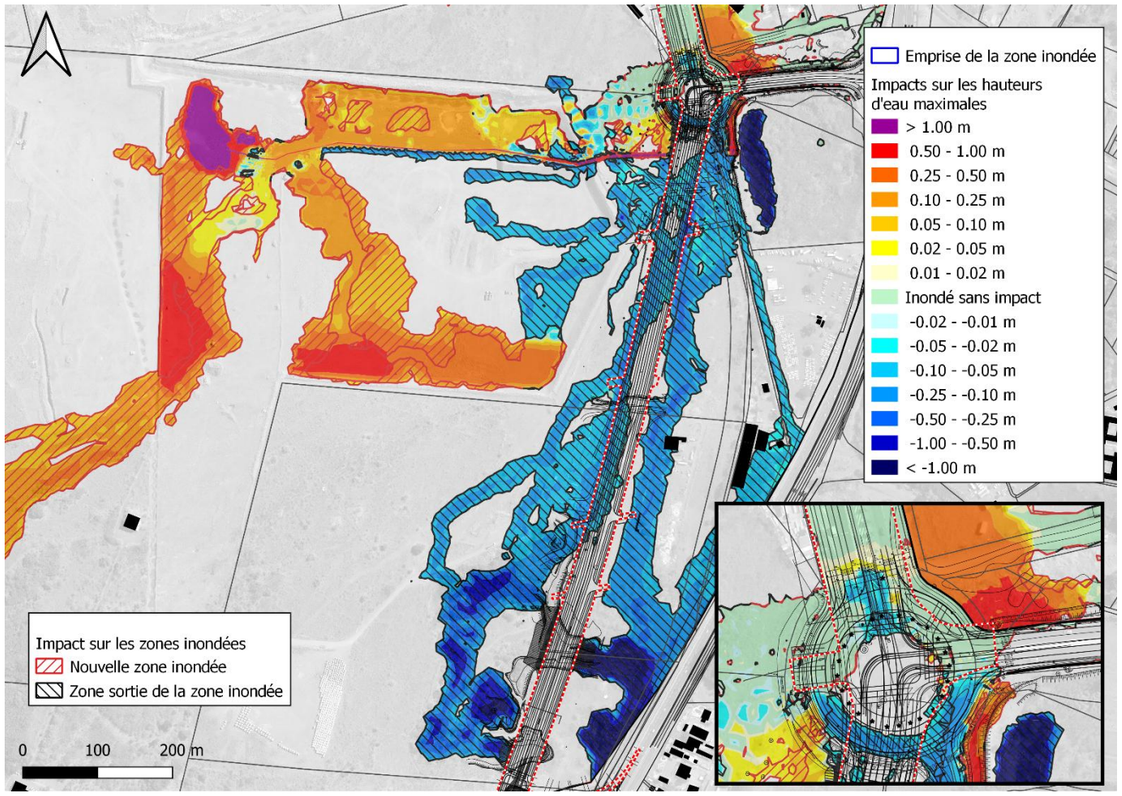


Figure 82 : Configuration AVPv2 – Evènement centennal – Impact sur les niveaux d'eau maximaux

1.4.4.5.3 Synthèse

Les aménagements retenus n'impactent pas le comportement hydraulique observé sur la partie amont du giratoire de Cambaie, qui n'est pas modifié par le projet.

Les aménagements hydrauliques retenus permettent de capter intégralement les apports de l'amont, qu'ils soient issus de la ravine Piton Defaud ou des apports pluviométriques captés par la zone industrielle. Ces apports sont déviés au niveau du giratoire côté montagne et côté océan.

Le secteur 3 de l'Axe Mixte n'est donc pas inondé par les apports d'eau arrivant depuis l'amont (secteur 1).

Un ouvrage hydraulique sous l'Axe Mixte, en aval du giratoire (dalot de 2,00 x 1,00 m avec pente de 1 %), permet de faire transiter les eaux côté montagne vers le côté océan où elles s'écoulent gravitairement dans les zones basses de la zone des carrières.

1.5 RAVINE LA PLAINE

1.5.1 Rappel des débits caractéristiques de pointe

Pour mémoire, la Ravine Plaine s'inscrit au sein du bassin versant de l'étang Saint-Paul qui peut être décomposé lui-même en 11 sous-bassins-versants, comme illustré sur la figure suivante.

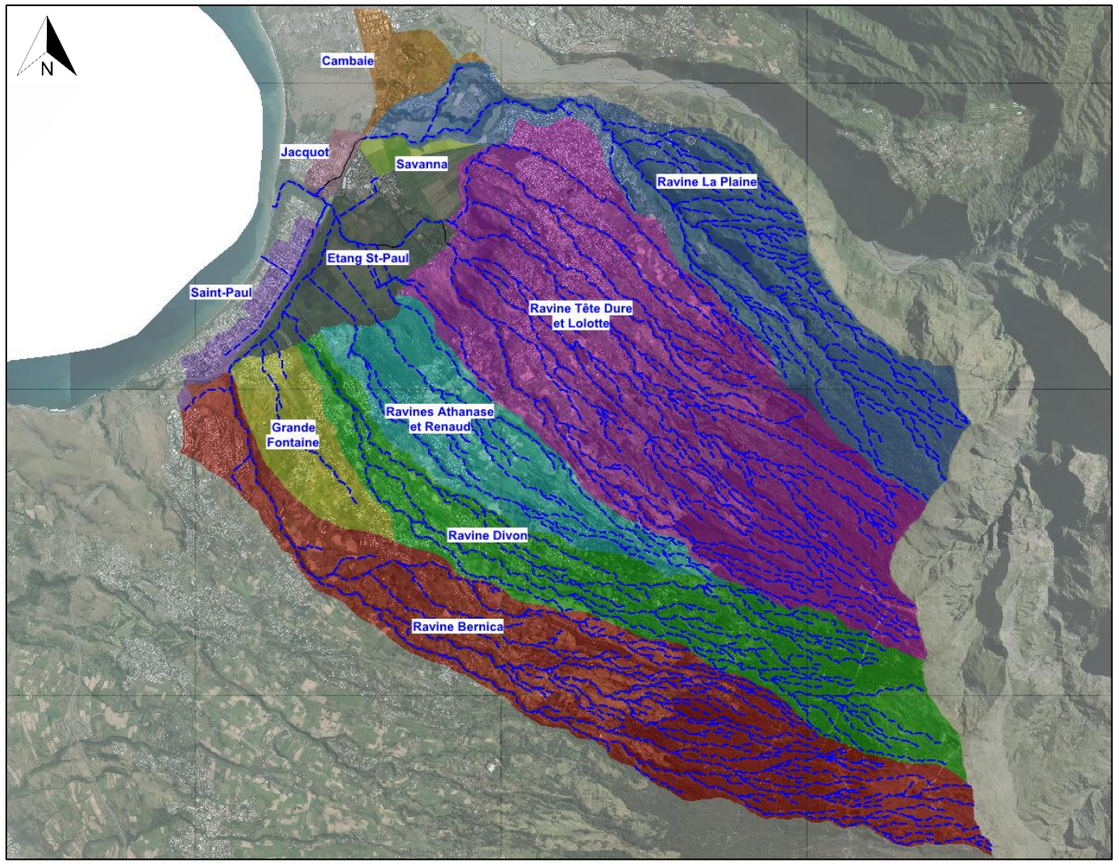


Figure 83 : Délimitation des bassins versants constituant l'étang Saint-Paul

Les valeurs des débits de pointe représentatifs des périodes de retour 10, 30 et 100 ans définies dans le Plan de Prévention des Risques (volet inondation) de la commune de Saint-Paul[1] sont synthétisées dans le tableau présenté ci-après.

Tableau 2 : Débits caractéristiques de crue des ravines constituant le bassin versant de l'Etang Saint-Paul

N° DU BV	NOM DU BV	DEBITS (M^3/S)		
		Q_{10ans}	Q_{30ans}	Q_{100ans}
1	Ravine Bernica	215	342	507
2	Grande Fontaine	53	77	110
3	Ravine Divon	156	245	360
4	Ravines Athanase et Renaud	95	149	209
5	Ravines Tête Dure et Lolotte	292	449	666
6	**Ravine La Plaine (amont RN 1)**	**144**	**227**	**355**
7	Etang Saint-Paul (amont RN 1)	46	66	89
8	Savanna	6	11	15
9	Cambaie	19	27	37
10	Jacquot	9	11	16
11	Saint-Paul	16	20	27

[1] Plan de Prévention Multirisques de Saint-Paul approuvé le 26 octobre 2016

1.5.2 Modélisation hydraulique

Les conditions d'écoulement de la Ravine La Plaine sur la zone d'étude dépendant fortement de celles de l'étang Saint-Paul, la modélisation du comportement hydraulique de la zone d'étude doit intégrer la majeure partie de la plaine de Saint-Paul et l'intégralité de l'Etang de Saint-Paul. L'emprise de la zone modélisée est représentée sur la figure suivante. Le modèle mis en œuvre couvre ainsi une superficie de 14 km².

Figure 84 : Emprise du modèle Ravine La Plaine – Etang Saint-Paul

1.5.2.1 Présentation de l'outil de modélisation

Précisons que ce modèle a été bâti en 2018 dans le cadre des études préliminaires relatives à l'Axe Mixte portées par le TCO à l'aide du logiciel TELEMAC. **Ce modèle a été repris et actualisé dans le cadre des réflexions présentées ici.**

La méthodologie retenue ici est similaire à celle mise en œuvre par ARTELIA dans le cadre des études précédentes réalisées sur ce secteur. Ce choix permettant de garantir une cohérence entre les études concerne les évènements hydro-météorologiques de référence, les conditions maritimes associées et le mode de défaillance du cordon littoral.

1.5.2.1.1 Données d'entrée

La construction de ce modèle s'est appuyée sur les données suivantes :

- **Un levé topographique terrestre dans l'axe du projet d'Axe Mixte (sections 1 et 2), incluant la Ravine La Plaine, à l'échelle 1/200 (Juillet 2021 – Cabinet Euphrasie). Ces éléments ont été intégrés à l'outil de modélisation mis en œuvre dans le cadre de la présente mission ;**
- Un LIDAR couvrant l'emprise du projet d'Ecocité, soit une zone globalement comprise entre l'océan, la Rivière des Galets, la RN 1 et l'Etang Saint-Paul (1/500 – Octobre 2016 – Cabinet Veyland)) ;
- La LITTO3D et la BD TOPO de l'IGN ;
- Des données fournies par la mairie de Saint-Paul (« Avenue du stade » - Levé mairie de 2008, « Chaussée royale » - Levé mairie de 2007 et « Chaussée royale » - levé SEDRE de 2010) ;
- Un levé topographique terrestre à l'échelle 1/500 de la Ravine La Plaine (lits mineur et majeur) sur 1,3 km en amont de la RN 1 (Mars 2008 – Cabinet Pascal LAURENT) ;
- Les élévations des ouvrages franchissant la Ravine La Plaine et l'Etang Saint-Paul (Février 2005 – SCP Hellis-Declerck) ;
- Un semis de points de la Ravine La Plaine entre la RN 1 et son rejet dans l'Etang Saint-Paul (Août 2004 – SCP Hellis-Declerck) ;
- Des données issues de l'étude Tram-Train de 2004 à 2006.

1.5.2.1.2 Maillage du modèle

Pour représenter les détails topographiques essentiels, un maillage aux éléments finis a été mis en œuvre. Ce maillage est composé de facettes triangulaires de taille et de forme variables. La taille des mailles varie de 1 m à proximité des piles de pont à 50 m dans la plaine à l'*est* de l'Axe Mixte. Ce modèle est ainsi constitué de 182 477 nœuds et 347 354 mailles triangulaires.

La figure suivante illustre, pour l'ensemble du modèle, l'altimétrie des points qui oscille entre 0 et 18 m NGR.

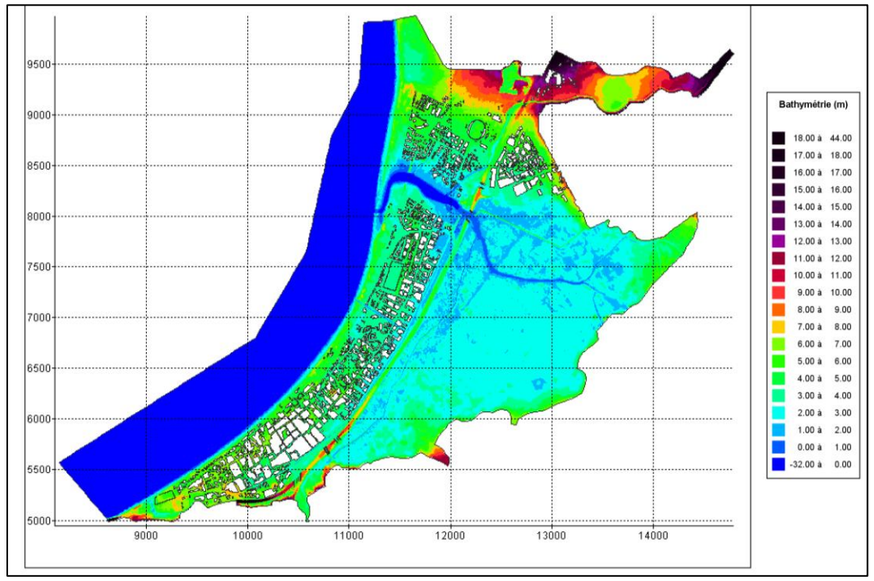


Figure 85 : Topographie du modèle

La figure suivante est centrée sur la Ravine La Plaine et l'étang Saint-Paul.

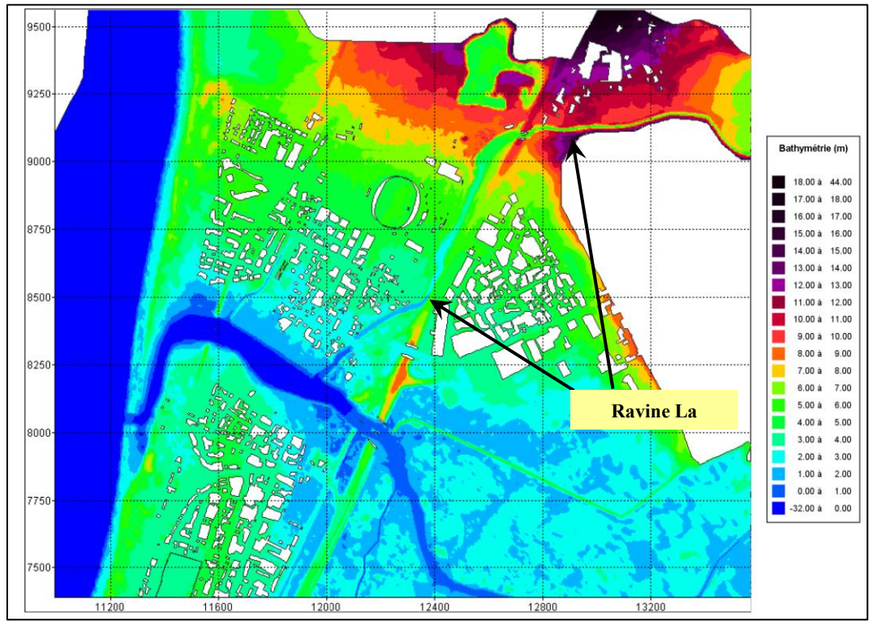


Figure 86 : Zoom sur la Ravine La Plaine

La figure ci-dessous présente les franchissements actuels de l'Etang Saint-Paul par la RN 1 et la chaussée Royale. Le maillage a été rajouté afin de visualiser le détail du modèle.

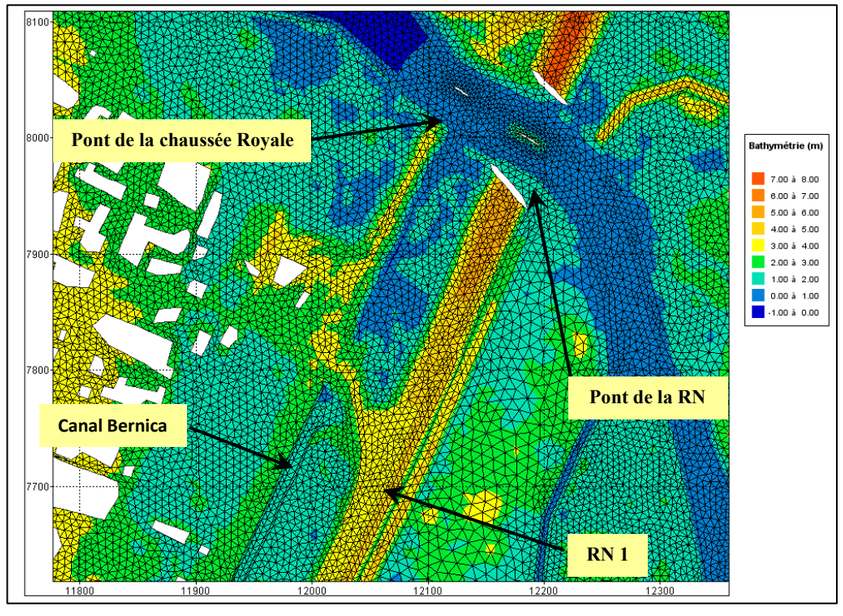


Figure 87 : Maillage : franchissement de l'Etang de Saint Paul

Dans le modèle, les bâtiments sont représentés sous la forme d'obstacles insubmersibles et imperméables tels que représentés sur la figure suivante où on relève une densité différente entre le *sud* (bâtiments de grandes tailles proches les uns des autres) et le *nord* (habitations individuelles regroupées en lotissement).

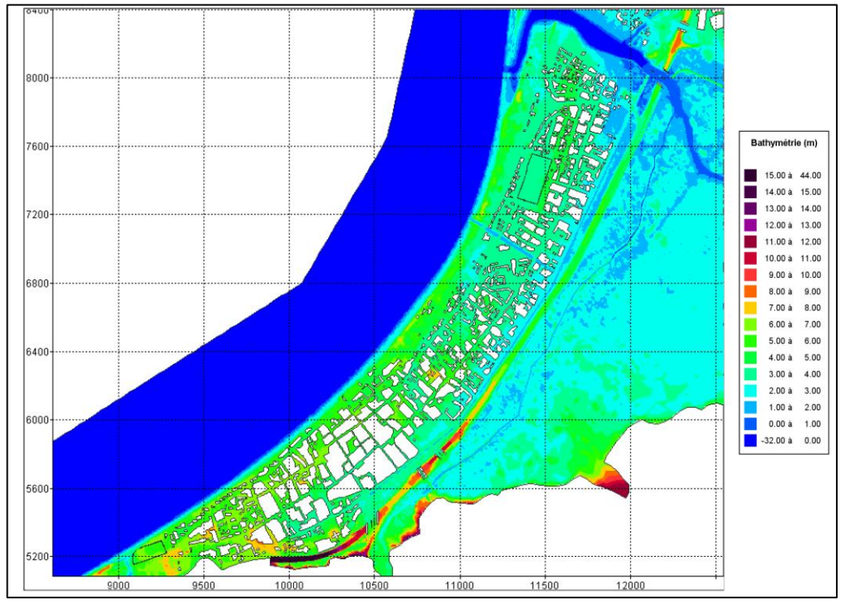


Figure 88 : Représentation des bâtiments

1.5.2.1.3 Conditions aux limites

La modélisation mise en œuvre considère les hypothèses suivantes pour les conditions aux limites :

- Les limites latérales du modèle sont représentées par des parois imperméables, c'est-à-dire qu'il n'y a pas de débordement possible au-delà des frontières définies quel que soit l'événement considéré ;
- La condition limite amont du modèle est une condition de débit ;
- La condition limite aval est un niveau d'eau imposé au niveau de l'océan.

A. Débits introduits

Les introductions de débit concernent les 11 bassins versants cités au chapitre 1.5.1. Ces débits sont introduits dans le modèle (cf. localisations sur la figure ci-après) sous forme d'hydrogrammes pour les crues suivantes :

- Crue de période de retour 10 ans ;
- Crue de période de retour 30 ans ;
- Crue de période de retour 100 ans.

Au cours des études préliminaires, un coefficient d'amortissement a été appliqué aux débits de pointe des différents cours d'eau formant l'étang Saint-Paul dans le but de ne pas générer sur ce dernier une crue d'une période de retour supérieure à celle visée. En effet, si tous les cours d'eau produisent une crue centennale, la crue sur l'étang est inévitablement supérieure à 100 ans.

Ces crues représentent donc une crue de l'ensemble des bassins versant alimentant l'Etang de Saint-Paul et représente donc un évènement hydrologique « large ». Ils représentent une alimentation « homogène » de l'Etang par l'ensemble des bassins versants.

Ces évènements sont renommés « Crues de l'Etang Saint-Paul » dans la suite de ce dossier.

Au stade Avant-Projet, nous visons à dimensionner les aménagements directement en lien avec la Ravine La Plaine : recalibrage du lit de la Ravine La Plaine, futurs ouvrages de franchissement…

Il convient donc de regarder les crues générées par un évènement hydrologique « centré » uniquement sur le bassin versant de cette ravine. Pour cela, des évènements de référence complémentaires ont été définis. Ils sont construits de la manière suivante :

- Q_{10ans} pour la Ravine La Plaine → Q_{1ans} pour les autres cours d'eau ;
- Q_{30ans} pour la Ravine La Plaine → Q_{5ans} pour les autres cours d'eau ;
- Q_{100ans} pour la Ravine La Plaine → Q_{10ans} pour les autres cours d'eau

Ces évènements proposent donc, pour une probabilité d'apparition identique à l'évènement « Crue de l'Etang Saint-Paul », un débit plus important sur la ravine La Plaine. A contrario, l'alimentation globale de l'Etang Saint-Paul y est moins importante.

Ce choix permet de couvrir l'ensemble des gammes d'évènements hydro-météorologiques pouvant être observés sur le secteur d'étude.

B. Niveaux marins

Les fluctuations du niveau de la mer ont deux origines :

- La marée astronomique, qui varie entre - 0,32 m NGR (basse mer de vives eaux) et + 0,45 m NGR (marée de vives eaux exceptionnelle) à la pointe des Galets ;
- La surcote liée aux conditions météorologiques (passage de cyclones). Elle varie de + 0,50 à + 0,85 m NGR, respectivement pour une période de retour 10 et 100 ans.

La surcote peut se cumuler avec une pleine mer mais comme il s'agit de deux événements indépendants, leur combinaison se traduit inévitablement par une diminution de leur fréquence d'apparition. Par conséquent, cette combinaison d'événements n'a pas été retenue.

En revanche, il convient d'ajouter à la surcote une surélévation locale, appelée set-up, générée par le déferlement. Cette surélévation est nulle au large, de quelques centimètres dans la zone de déferlement et atteint 0,5 à 0,6 m près du rivage.

Les niveaux marins retenus sont ainsi les suivants :

PERIODE DE RETOUR (ANNEES)		
10	30	100
+ 1,1 m NGR	+ 1,3 m NGR	+ 1,5 m NGR

Remarque : pour l'événement lié à Dina, le niveau marin retenu est égal à 1,1 m NGR et intègre la surcote de 0,5 m NGR (relevée au marégraphe de la pointe des Galets) et un set-up de 0,6 m.

1.5.2.1.4 Fonctionnement du cordon littoral

L'objectif est de fixer les hypothèses de rupture du cordon littoral présent au débouché de l'Etang Saint-Paul et du canal de l'Egout (évacuation d'une partie des eaux pluviales issues du centre-ville de Saint-Paul).

Le fonctionnement d'un cordon littoral dépend des conditions fluviales (crues) et marines (houle, élévation du niveau de la mer). Il avait été montré, dans le cadre d'une modélisation physique sur la Rivière Sainte-Suzanne, qu'en cas de forte houle cyclonique concomitante à une crue, la rupture du cordon était progressive et pouvait s'observer en plusieurs points. Par ailleurs, les ouvertures ne présentaient pas de profondeur importante mais restaient au contraire à une cote proche de 1 m NGR.

Dans le cas présent, il a été fait le choix de considérer une hypothèse défavorable[2] avec une cote du cordon fusible comprise entre 2,3 et 3,5 m NGR sur une largeur de 200 m et une ouverture anthropique (pratiquée par la commune de Saint-Paul) dont le fond est calé à 0,5 m NGR avec une largeur de 50 m.

Les caractéristiques de cette hypothèse sont présentées dans le tableau suivant :

LARGEUR SURVERSE (M)	COTE INITIALE (M NGR)	COTE FINALE (M NGR)
50	0,5	0,5
25	2,3	1,0
75	2,5	1,0
50	3,0	1,0
50	3,5	1,0

Précisons que chaque tronçon composant le cordon commence à rompre dès lors que la crue atteint la cote du tronçon considéré et qu'un délai de 2 h est nécessaire pour atteindre la cote finale.

Pour le cordon situé au débouché du canal de l'Egout, une ouverture permanente de 15 m de largeur et calée à la cote 0,5 m NGR est retenue.

[2] Configuration avec une houle précédant la crue ce qui a pour effet de rehausser le cordon préalablement à l'arrivée de la crue (cas des cyclones provenant du *nord* de l'île)

1.5.2.2 Etalonnage du modèle

L'étalonnage (ou calage) d'un modèle consiste à reproduire un (ou des) événement(s) réel(s) à partir d'hydrogrammes de crue relevés ou reconstitués et des laisses de crue correspondantes, en ajustant différents paramètres de réglage tels que :

- La rugosité des lits mineur et majeur ;
- Le comportement du cordon littoral à l'exutoire de l'Etang Saint-Paul.

Dans le cas présent, l'événement lié au passage du cyclone Dina, pour lequel nous disposons des hydrogrammes et de laisses de crue en différents points de la plaine de Saint-Paul peut constituer une base de calage fiable pour le modèle. Notons cependant que les laisses de crue sont relativement nombreuses dans le quartier Jacquot, éparses dans le centre de Saint-Paul et dans la plaine en amont de la RN 1 et absentes à proximité du débouché en mer.

Les coefficients de rugosité (ou de frottement) adoptés à l'issue du calage sont les suivants :

- Zones urbaines et zones couvertes de végétation rase : 25 ;
- Zones couvertes de végétation dense : 20 ;
- Zones couvertes de végétation aquatique (papyrus notamment) : 15 ;
- Lit du canal Bernica, du canal de l'Egout et de la Ravine La Plaine en amont de la RN 1 : 35 ;
- Lit des autres ravines : 30 ;
- Etang Saint Paul et fonds marins : 50.

La carte fournie ci-dessous illustre la répartition des valeurs de coefficients de rugosité.

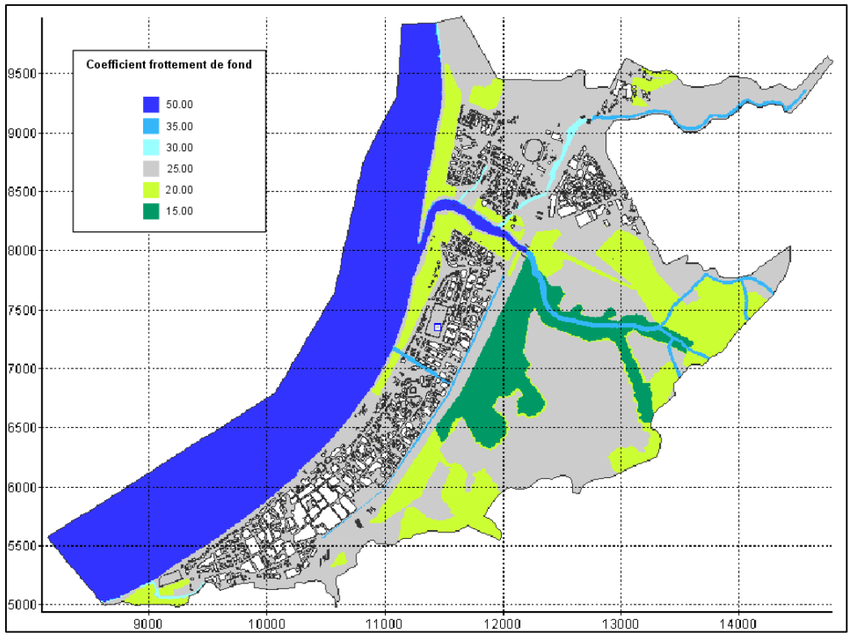


Figure 89 : Carte des coefficients de rugosité retenus

1.5.2.3 Rappel des aménagements envisagés

Au cours des études préliminaires, qui ont été menées en 2018 pour le TCO dans le cadre de l'aménagement de l'Ecocité et de l'Axe Mixte, plusieurs travaux ont été envisagés et étudiés avec pour objectif d'assurer la protection de la zone qui s'inscrit entre la RN 1, l'étang Saint-Paul, l'océan et Cambaie :

- Un recalibrage du lit de la Ravine La Plaine sur 400 ml en amont de la RN 1 (pour écarter le risque de débordement en rive gauche vers le quartier Savanna) ;
- Le remplacement de l'ouvrage hydraulique de la RN 1 pour augmenter sa capacité et améliorer son entonnement ;
- Le recalibrage de la Ravine La Plaine entre ce pont et son rejet dans l'étang Saint-Paul (1200 m). Compte-tenu des contraintes de site (faible pente longitudinale du lit, hauteur limitée des berges, présence d'habitats et d'infrastructures aux abords immédiats de la ravine), la largeur maximale du lit ne peut excéder 30 m ce qui revient à porter sa capacité au débit de période de retour 10 ans ;
- La création d'un bras de dérivation en sortie de RN 1 pour intercepter le surplus de débit (au-delà de la capacité maximale du lit aval) et le transférer directement vers l'océan. Ce chenal, rectiligne, était envisagé sur un linéaire de 1200 m (cf. explication sur la figure suivante).

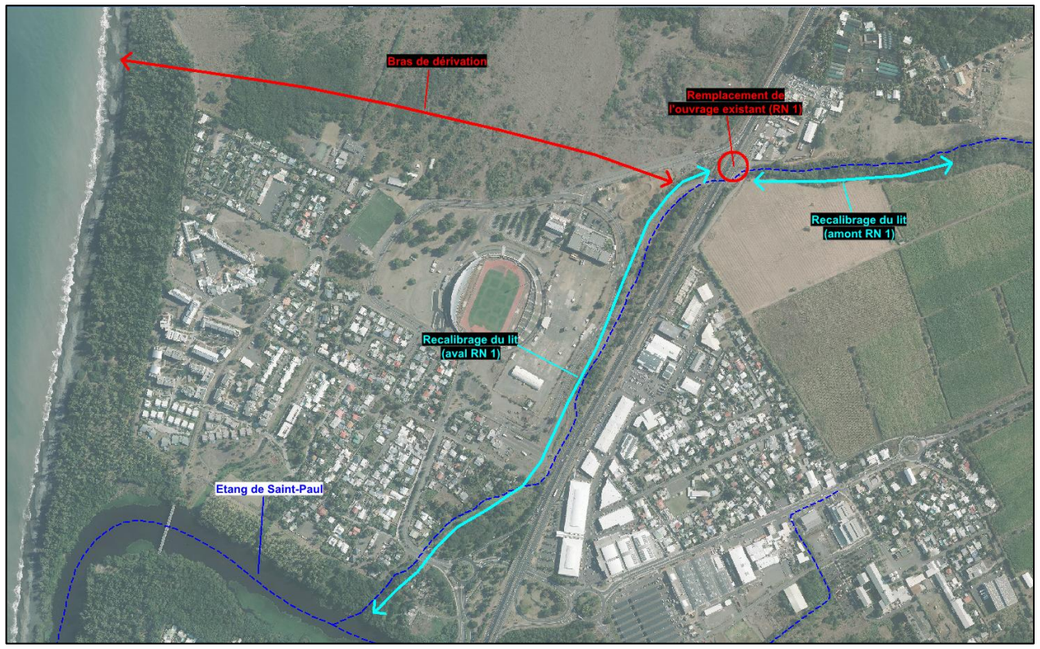


Figure 90 : Configuration de référence – Evènement centennal – Vitesses maximales (zoom 3 – Giratoire de Cambaie)

Le projet axe mixte n'a pas vocation à réaliser le traitement complet des inondations de la Ravine la Plaine, mais uniquement sur le périmètre de l'axe mixte. A ce jour, seul le recalibrage du lit en aval de la RN 1 peut être envisagé si bien que des débordements perdureront pour tout débit supérieur à la crue décennale (144 m³/s), tant vers Savanna que vers le quartier Jacquot.

Dans le cadre du présent Avant-Projet, l'objectif est par conséquent de dimensionner le lit de la Ravine La Plaine et ses futurs ouvrages de franchissement (en lien avec l'Axe Mixte) pour une crue a minima décennale. Précisons à ce titre que l'ajout de la bretelle de sortie de la RN 1 conduit à réduire encore un peu l'espace disponible pour la ravine entre la RN 1 et l'Axe Mixte.

Comme convenu lors de la réunion surverse de la ravine La Plaine du 25 janvier 2022, une AMC doit être réalisée sur le périmètre complet de la ravine la Plaine, pour pouvoir apprécier la pertinence des aménagements au regard du cout global et du risque inondation ; celle-ci n'a donc pas été réalisée sur le périmètre aval de la ravine La Plaine. Des études complémentaires sont notamment nécessaires pour consolider le cout des ouvrages d'art (OA RN1, surverse, …).

1.5.2.4 Analyse de la configuration de référence (état actuel)

La figure ci-après présente la représentation de la topographie de la zone d'étude dans la configuration de référence (actuelle).

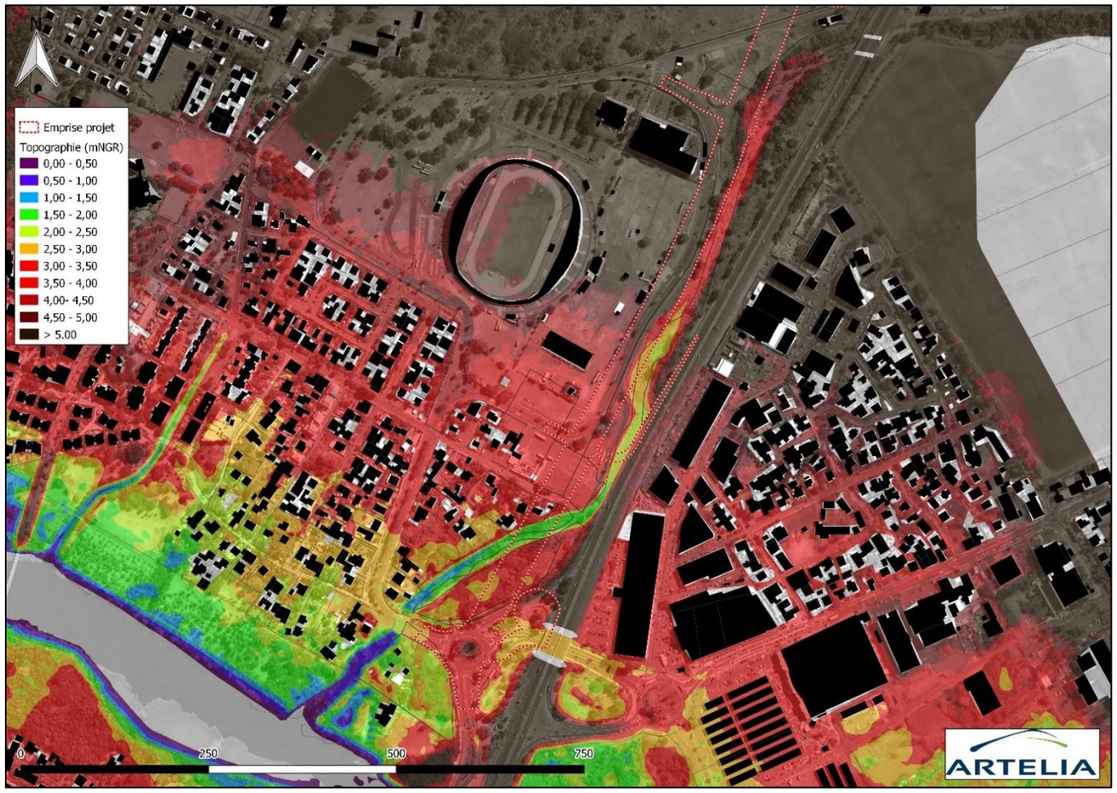


Figure 91 : Cartographie de la topographie du modèle (Etat actuel)

Les six crues précédemment évoquées (T = 10, 30 et 100 ans – Etang Saint-Paul et Ravine La Plaine) ont été simulées et les résultats obtenus sont traduits sous la forme de cartes représentant les hauteurs d'eau maximales calculées. Ces cartes ont été centrées sur la Ravine La Plaine entre son franchissement par la RN 1 et son exutoire dans l'étang.

Quelque-soit la configuration considérée, ces cartographies mettent notamment en évidence une capacité hydraulique actuelle de la Ravine La Plaine inférieure à la crue décennale sur son tronçon compris entre la RN 1 et l'étang Saint-Paul.

Des débordements vers le quartier Jacquot sont ainsi relevés dès le secteur du stade dès la crue décennale. Les hauteurs d'eau sont généralement proches de 1 m pour la crue décennale mais s'élèvent pour les crues plus importantes jusqu'à atteindre près de 2 m sur une majeure partie du quartier.

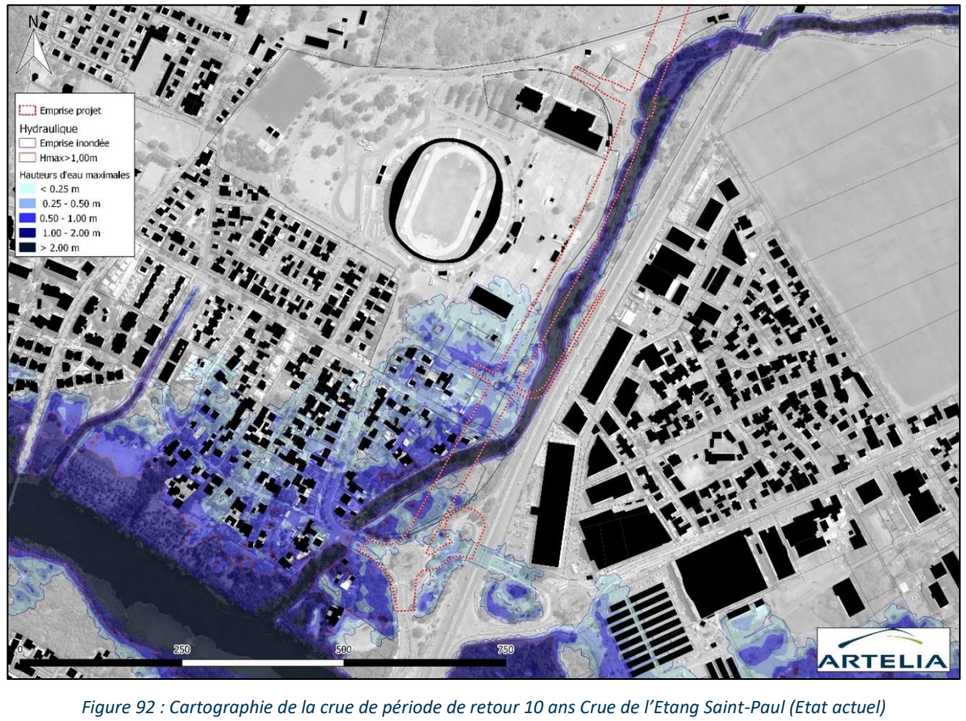


Figure 92 : Cartographie de la crue de période de retour 10 ans Crue de l'Etang Saint-Paul (Etat actuel)

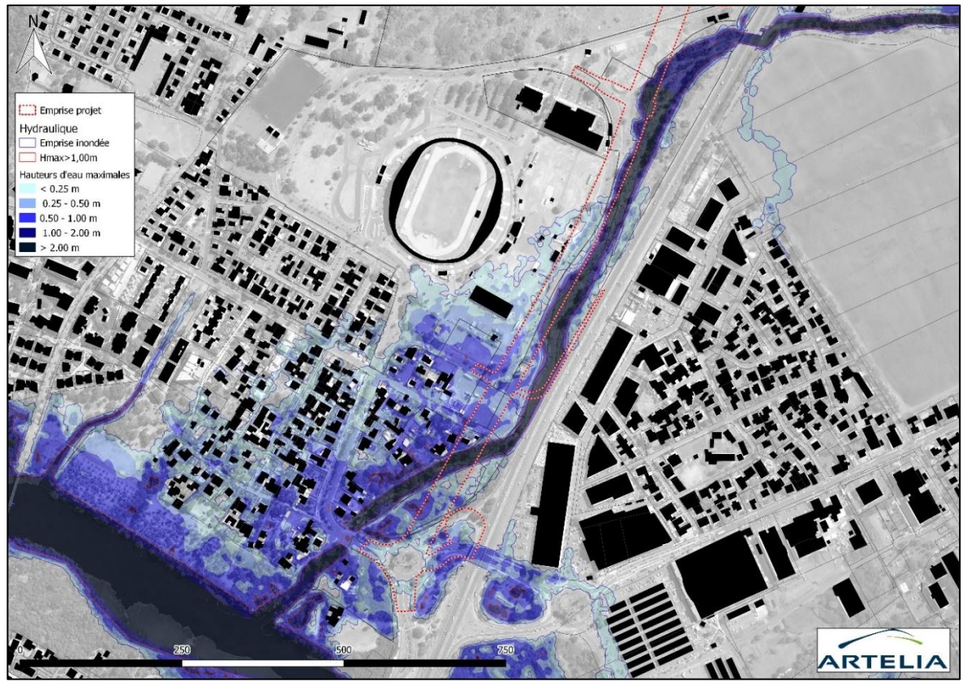


Figure 93 : Cartographie de la crue de période de retour 10 ans Crue de la Ravine La Plaine (Etat actuel)

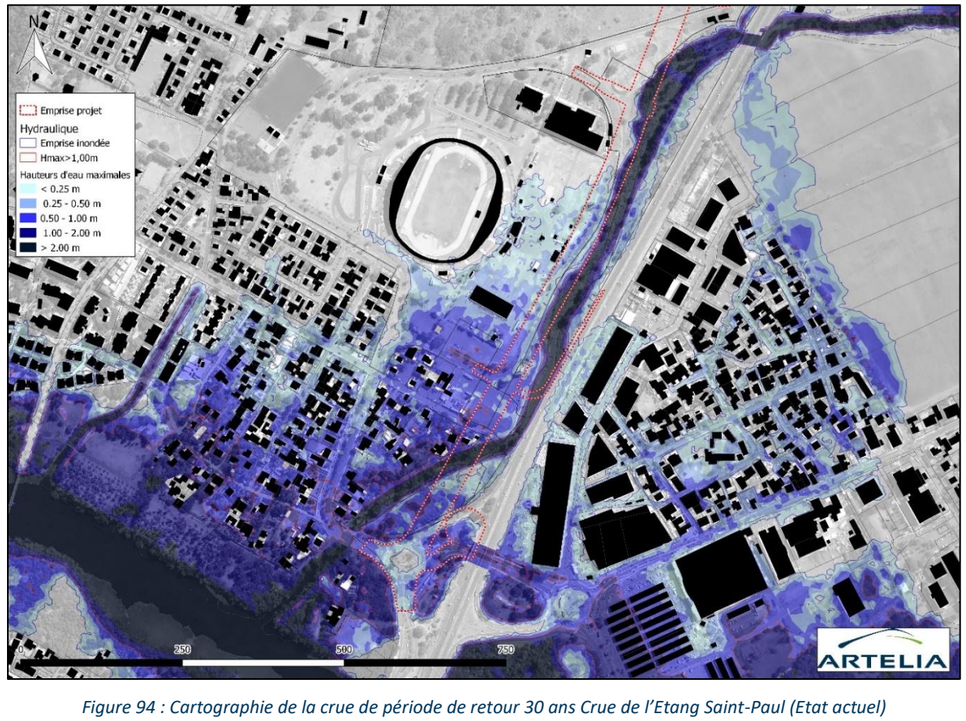


Figure 94 : Cartographie de la crue de période de retour 30 ans Crue de l'Etang Saint-Paul (Etat actuel)

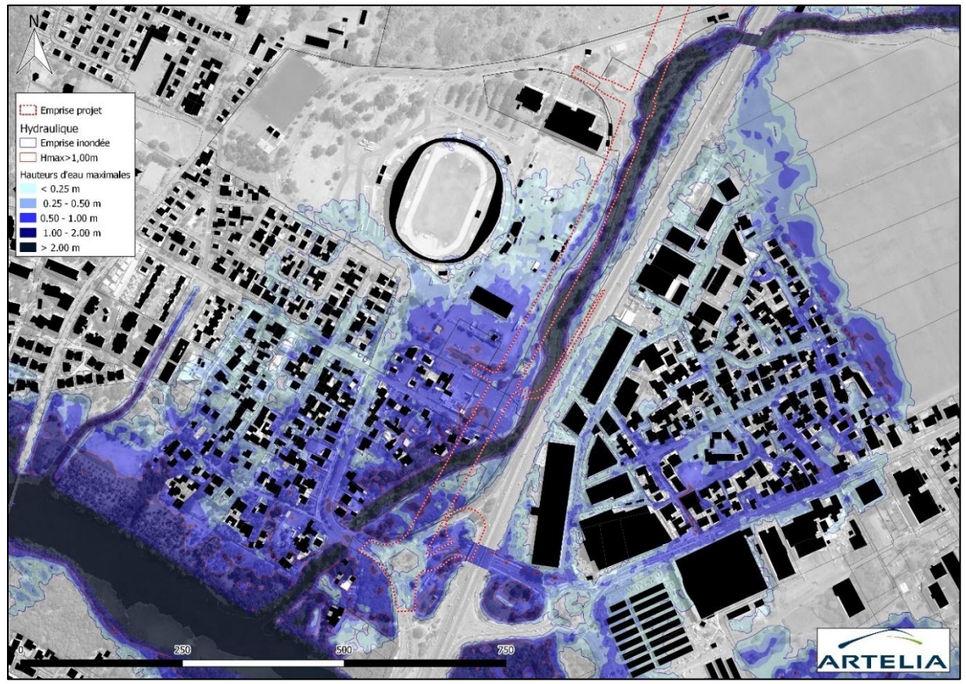


Figure 95 : Cartographie de la crue de période de retour 30 ans Crue de la Ravine La Plaine (Etat actuel)

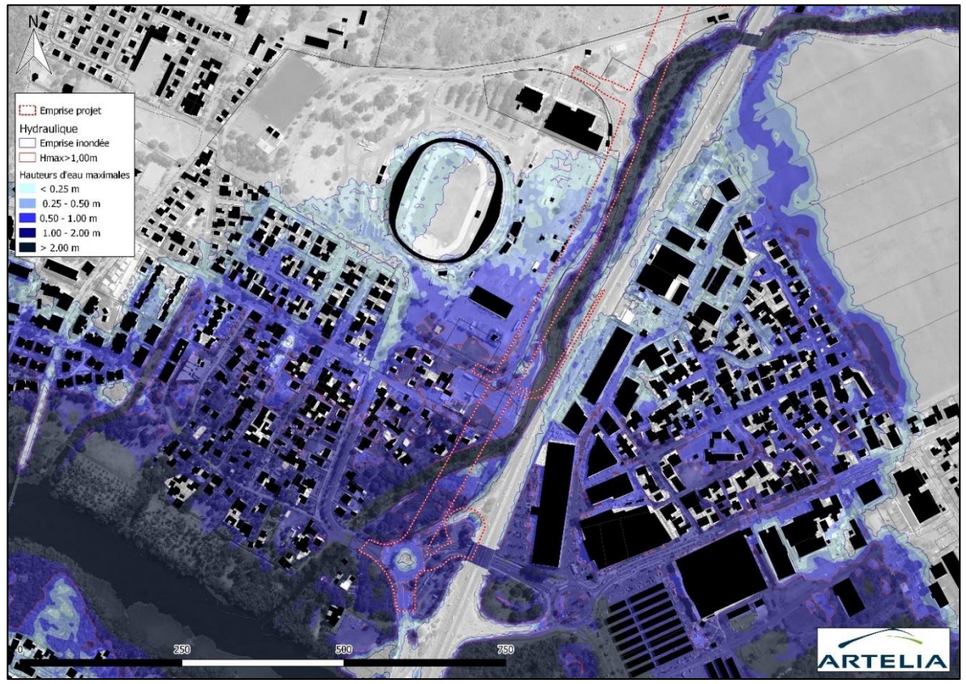


Figure 96 : Cartographie de la crue de période de retour 100 ans Crue de l'Etang Saint-Paul (Etat actuel)

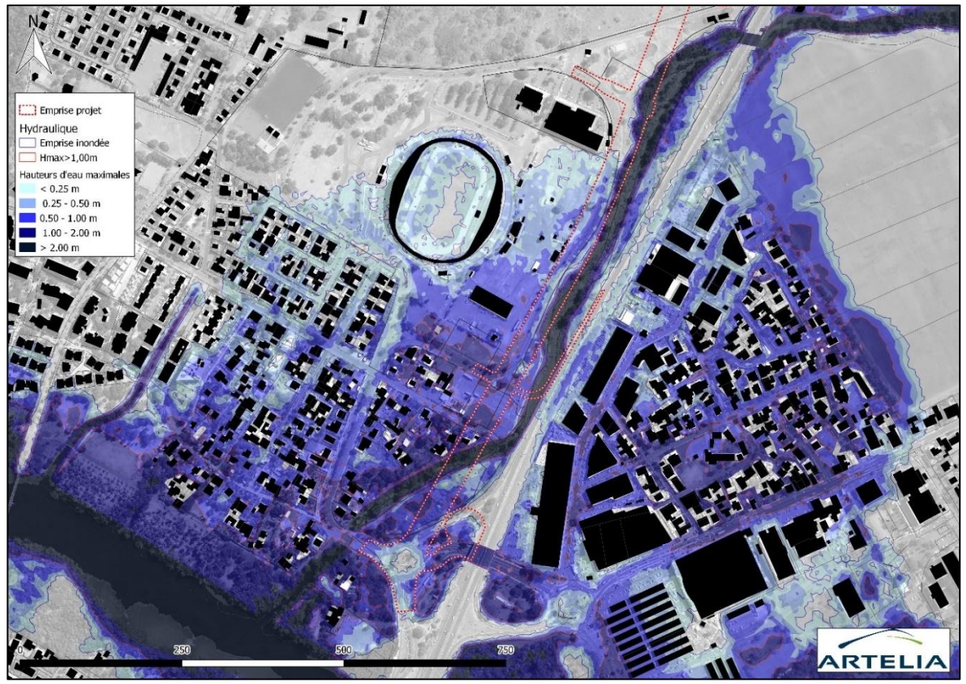


Figure 97 : Cartographie de la crue de période de retour 100 ans Crue de la Ravine La Plaine (Etat actuel)

1.5.2.5 Etudes préalables à l'AVP : emprise du recalibrage de la Ravine La Plaine

Lors de la réalisation de la note de cadrage hydraulique, menée préalablement à l'Avant-Projet (novembre 2020), 3 scénarios de recalibrage de la Ravine La Plaine ont été étudiés :

- Scénario n°1 : recalibrage de la RN 1 au futur ouvrage principal de franchissement (inclus) soit un linéaire de 800 m ;
- Scénario n°2 : idem précédent avec suppression du radier existant ;
- Scénario n°3 : recalibrage de la RN 1 au débouché dans l'étang, soit un linéaire de 1200 m (intégrant la suppression du radier).

La simulation des crues pour ces 3 scénarios a notamment permis de montrer leur intérêt vis-à-vis de la réduction de l'aléa inondation sur le quartier Jacquot avec - de façon logique - une plus grande efficacité pour le scénario n°3. Néanmoins, et dans la mesure où ce scénario implique des travaux sur un tronçon de ravine régulièrement en eau avec la présence potentielle d'espèces faunistiques et floristiques remarquables, **il a été suggéré de limiter l'emprise du recalibrage en l'arrêtant au niveau du radier actuel. Il s'agit donc d'un scénario complémentaire (n°4) qui a fait l'objet d'une analyse comparative avec les 3 précédents.**

Il en est notamment ressorti un fonctionnement amélioré par rapport aux deux premiers scénarios (avec une diminution des lignes d'eau aux abords de l'ouvrage de franchissement principal et de la zone du radier actuel) et quasi-similaire au scénario n°3 (sauf sur le tronçon maintenu en l'état où les hauteurs d'eau augmentent de 2 à 4 cm - pour une crue décennale - y compris vis-à-vis de l'état actuel dit de référence). A noter que pour des crues plus importantes, les écarts entre les différents scénarios apparaissent moins marqués.

Dans ces conditions, le choix se porte naturellement vers le scénario n°4 qui s'avère être le meilleur compromis.

1.5.2.6 Analyse des aménagements (AVP v1)

Les différents aménagements composant ce scénario 4 ont été intégrés dans l'outil de modélisation et les les différents événements hydro-météorologiques ont été modélisés. L'analyse des résultats de ces simulations est détaillée dans ce paragraphe.

Ce scénario intègre la topographie du profil en long des voiries du projet et les implantations des ouvrages définis dans le cadre de la première version de l'AVP. Il est appelé « AVP v1 » dans la suite de ce rapport.

Les calculs réalisés tiennent également compte des appuis envisagés sur les différents ouvrages de franchissement (bretelle, ouvrage principal et passerelle) et du nivellement du projet d'Axe Mixte.

La topographie de cet aménagement modélisée est présentée sur la carte suivante. Les évolutions topographiques associées (déblais / remblais) sont également cartographiées.

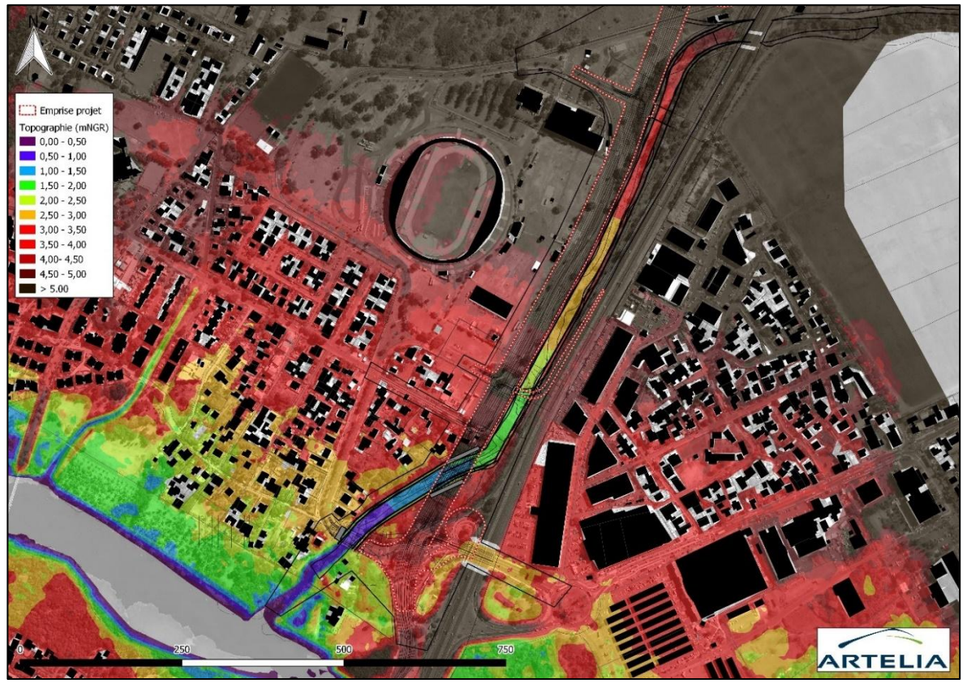


Figure 98 : Cartographie de la topographie du modèle (Etat AVP v1)

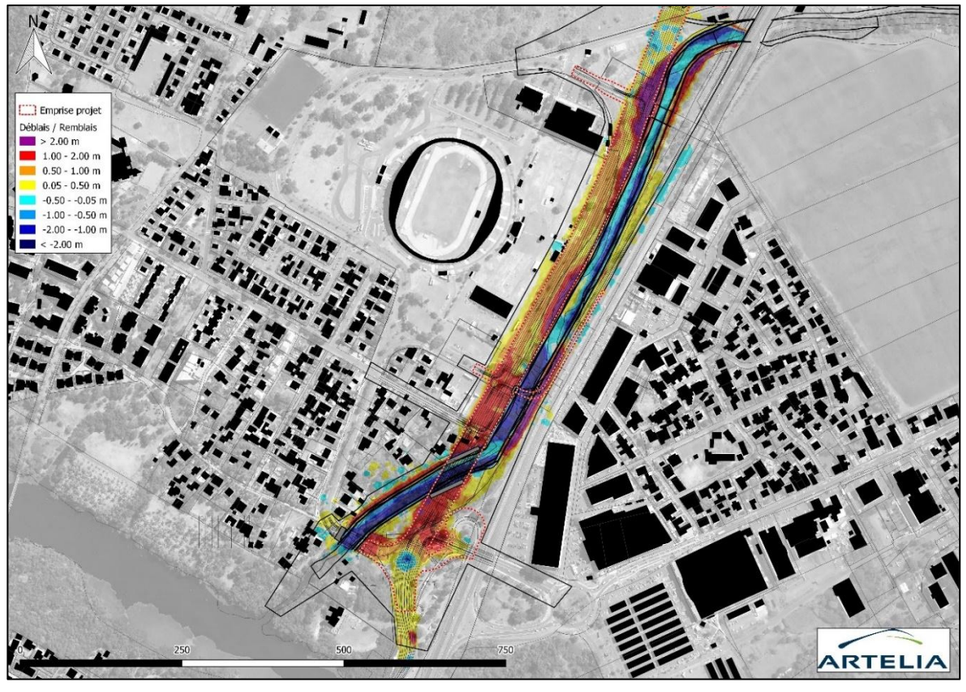


Figure 99 : Cartographie des déblais / remblais (Etat AVP v1)

Les résultats de calculs obtenus pour ce scénario ont été traduits sous la forme de cartes présentant :

- Les hauteurs d'eau maximales et l'emprise de la zone inondée pour cette configuration du territoire,
- Les évolutions des niveaux d'eau maximaux par rapport à l'état actuel.

La figure suivante propose la grille de lecture des cartographies de l'impact du projet sur les niveaux d'eau maximaux. Elle détaille les différentes analyses pouvant être tirées de la lecture de ces cartes.

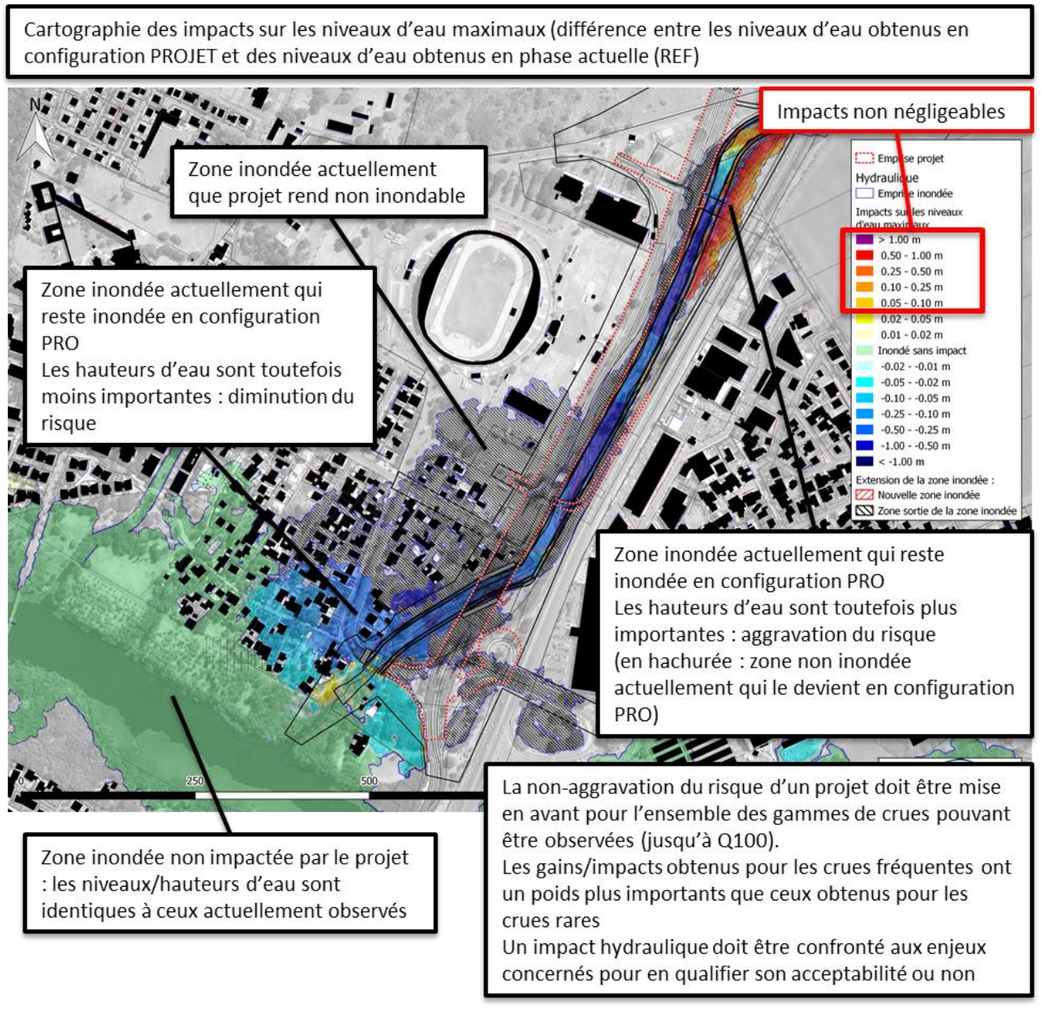
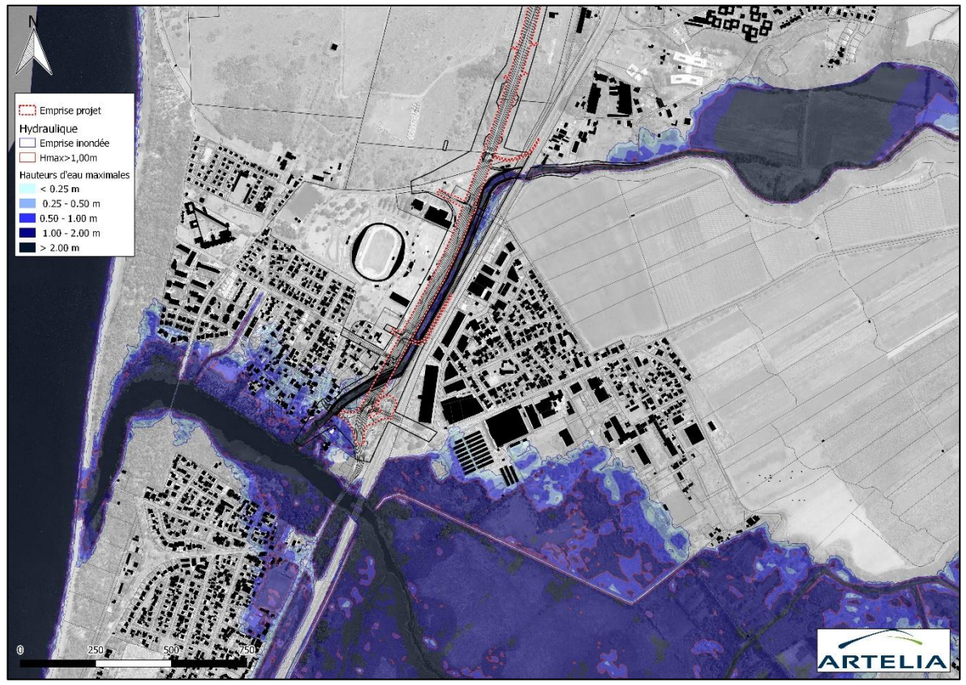


Figure 100: Grille de lecture des cartographies de l'impact du projet sur les niveaux d'eau maximaux

Les cartographies des hauteurs d'eau maximales et des impacts sur les niveaux d'eau maximaux associées au projet AVP v1 sont présentées dans le paragraphe suivant.

L'analyse de ces cartes est proposée à la suite de celles—ci.

1.5.2.6.1 Cartographies



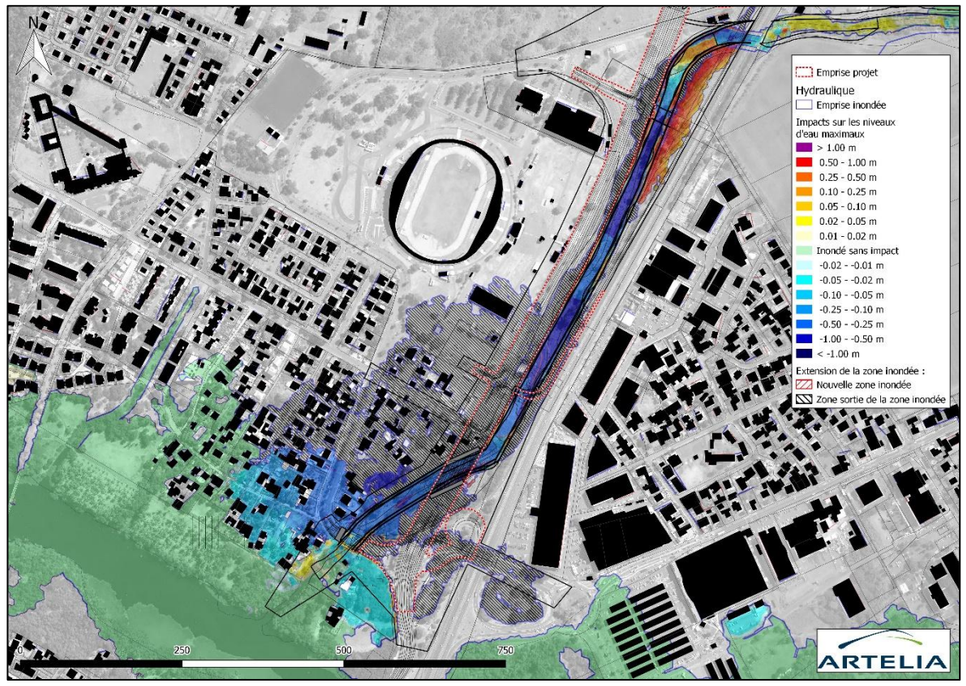
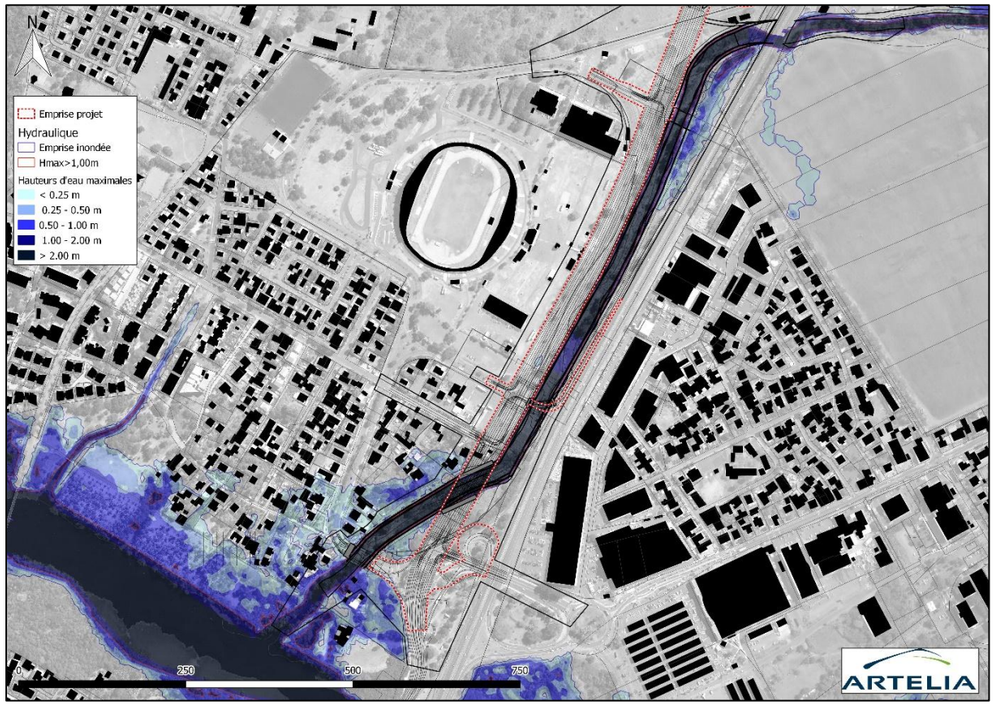


Figure 101 : Cartographie de la crue de période de retour 10 ans Etang Saint-Paul (AVP v1)



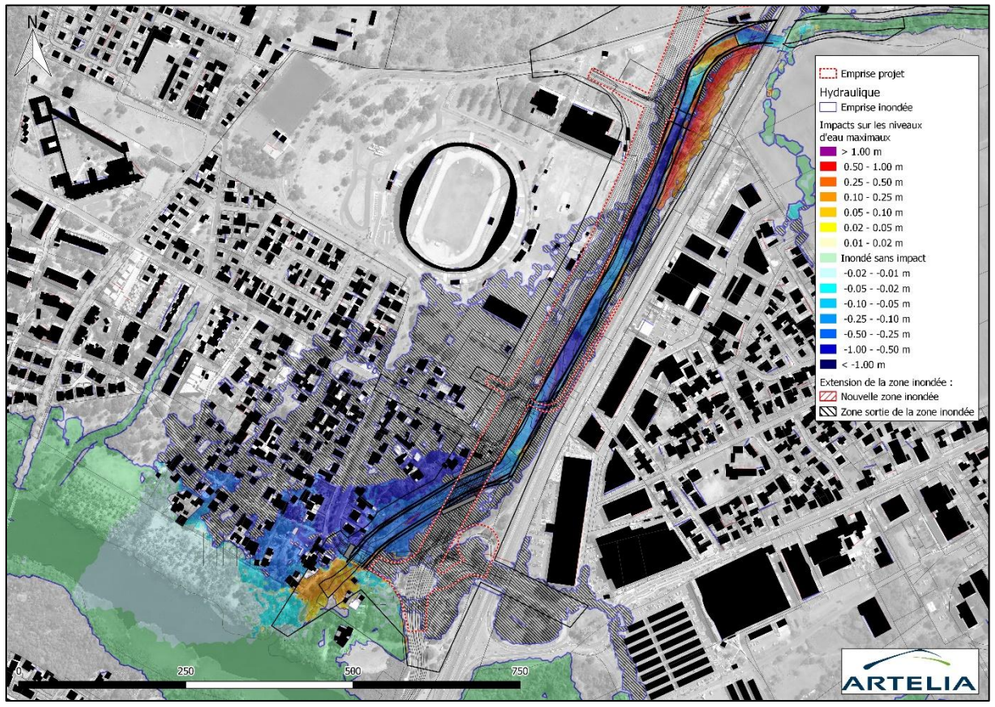
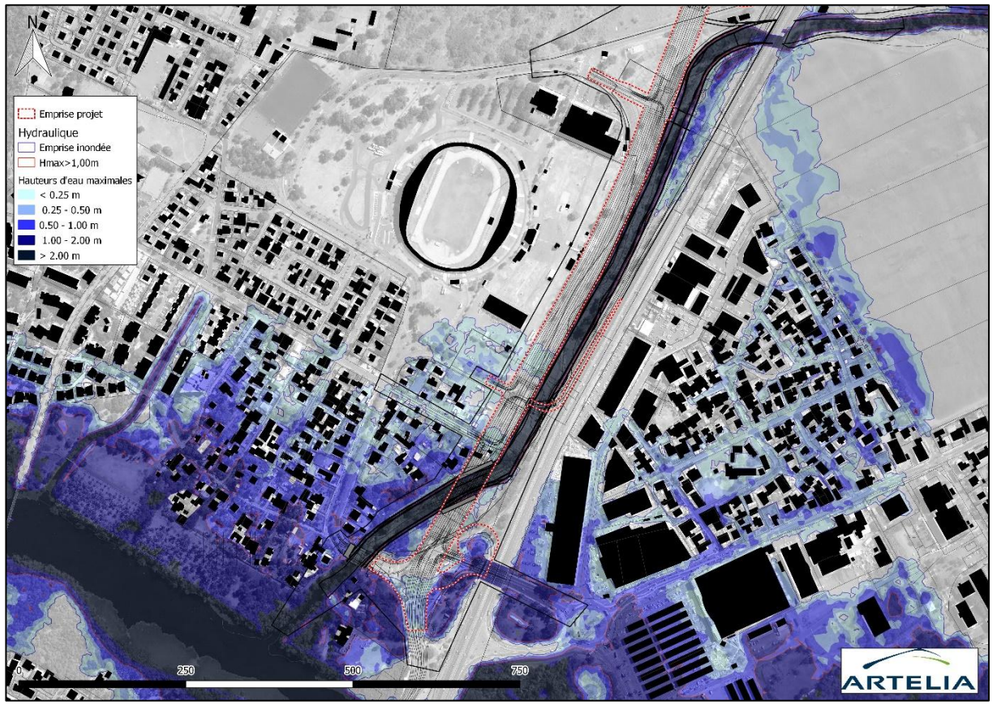
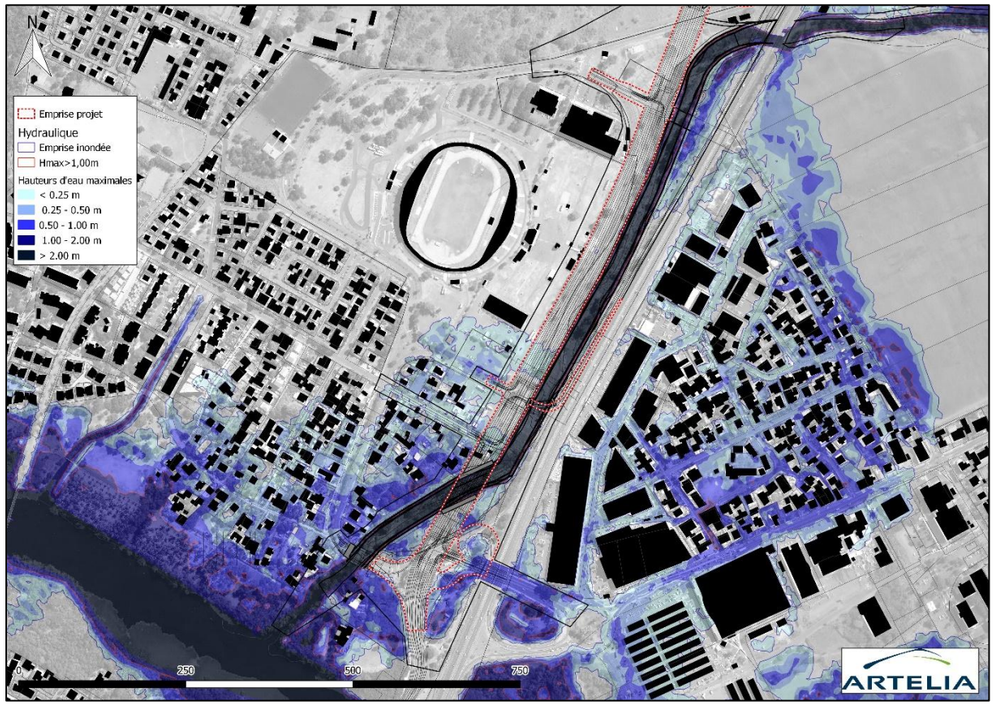


Figure 102 : Cartographie de la crue de période de retour 10 ans La Plaine (AVP v1)





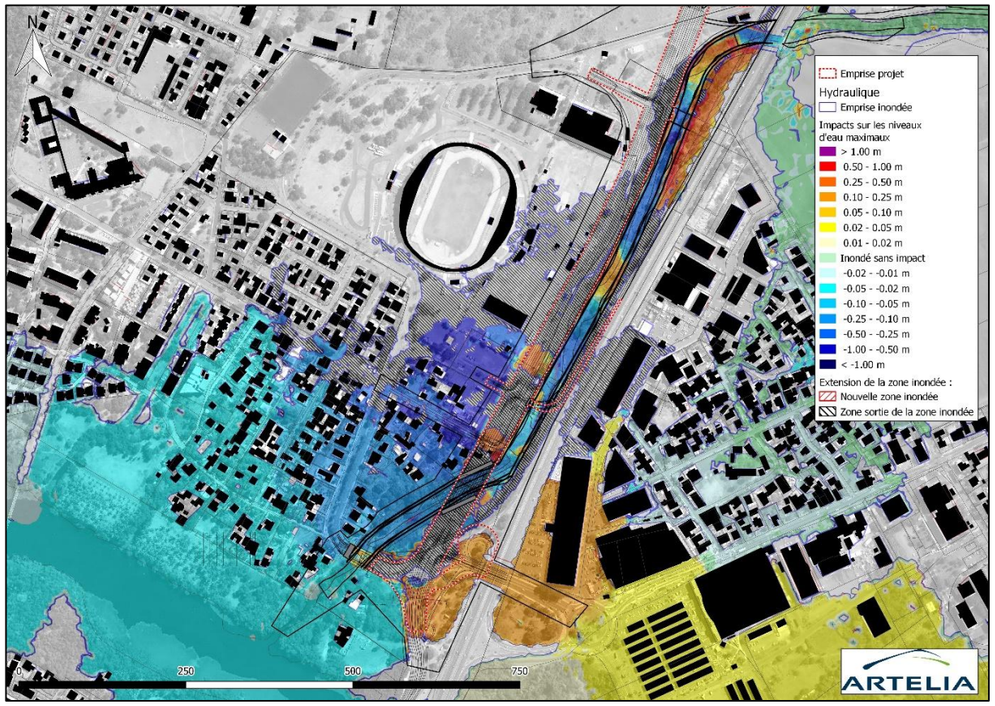


Figure 103 : Cartographie de la crue de période de retour 30 ans Etang Saint-Paul (AVP v1)

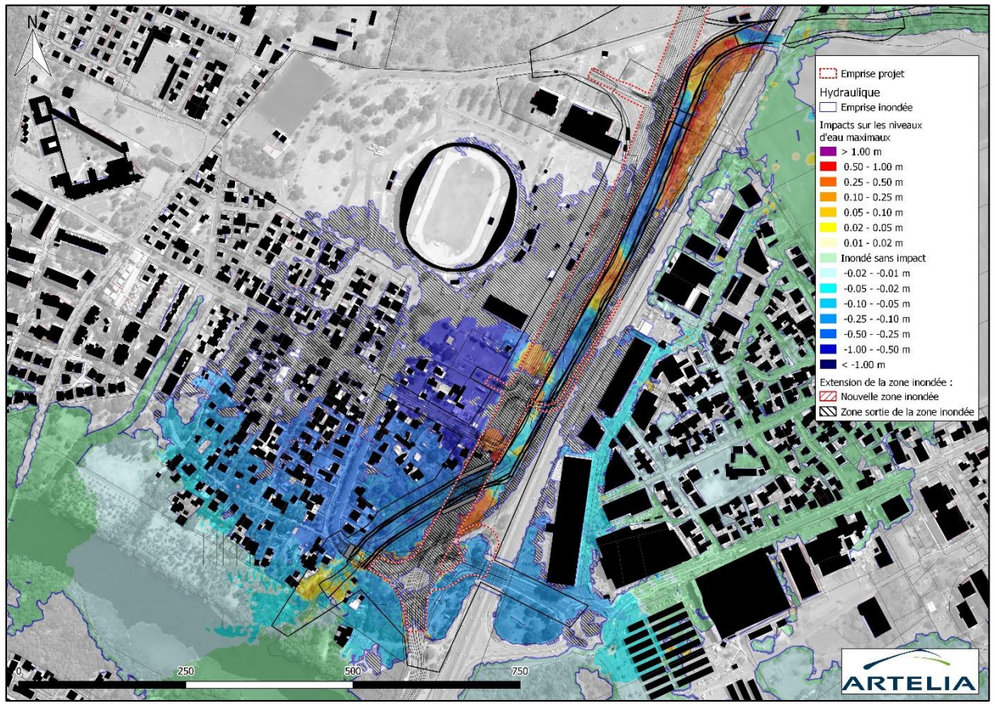
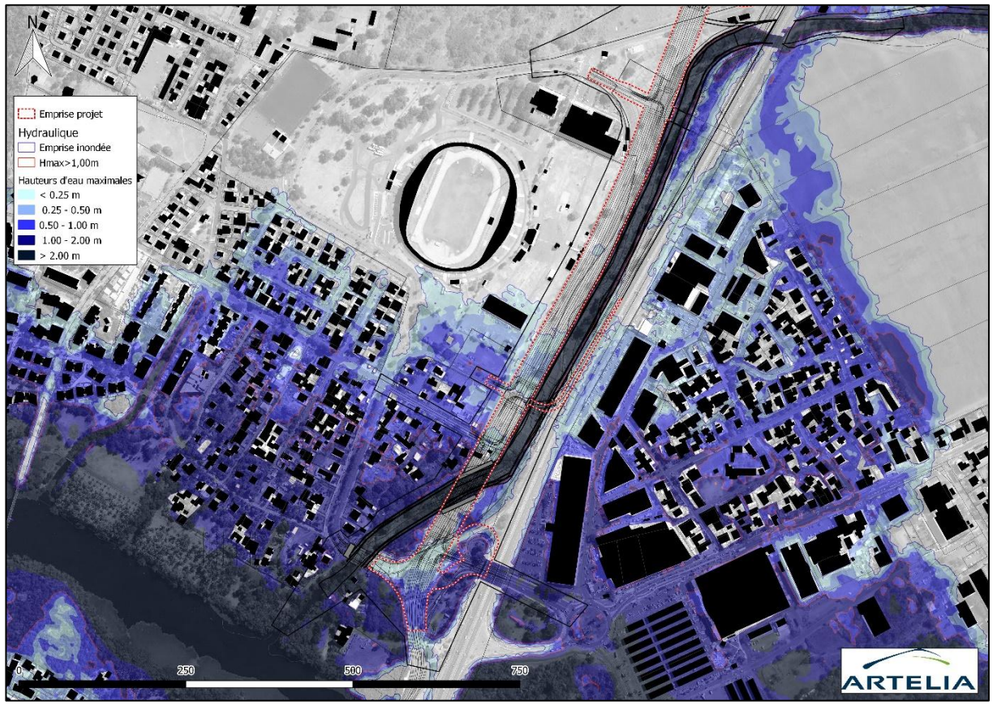


Figure 104 : Cartographie de la crue de période de retour 30 ans La Plaine (AVP v1)



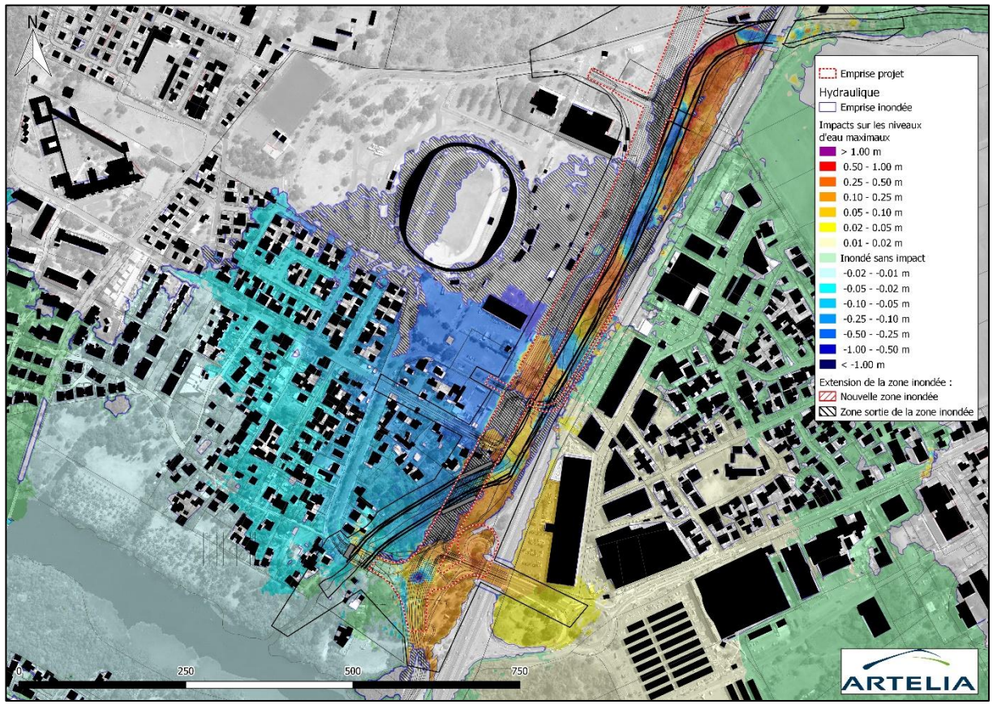
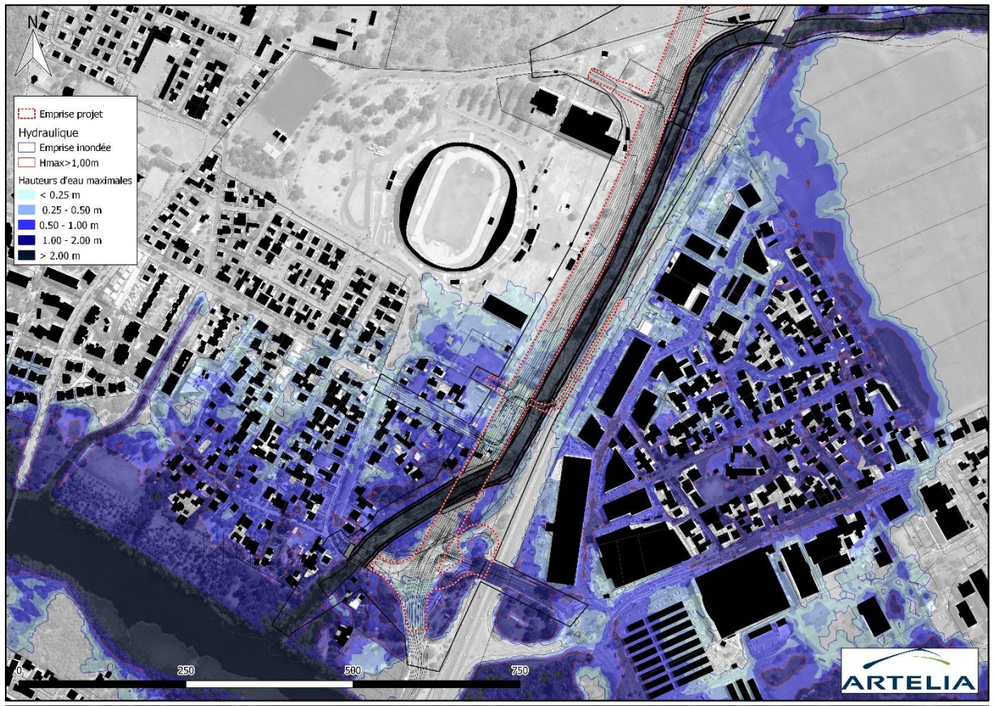


Figure 105 : Cartographie de la crue de période de retour 100 ans Etang Saint-Paul (AVP v1)



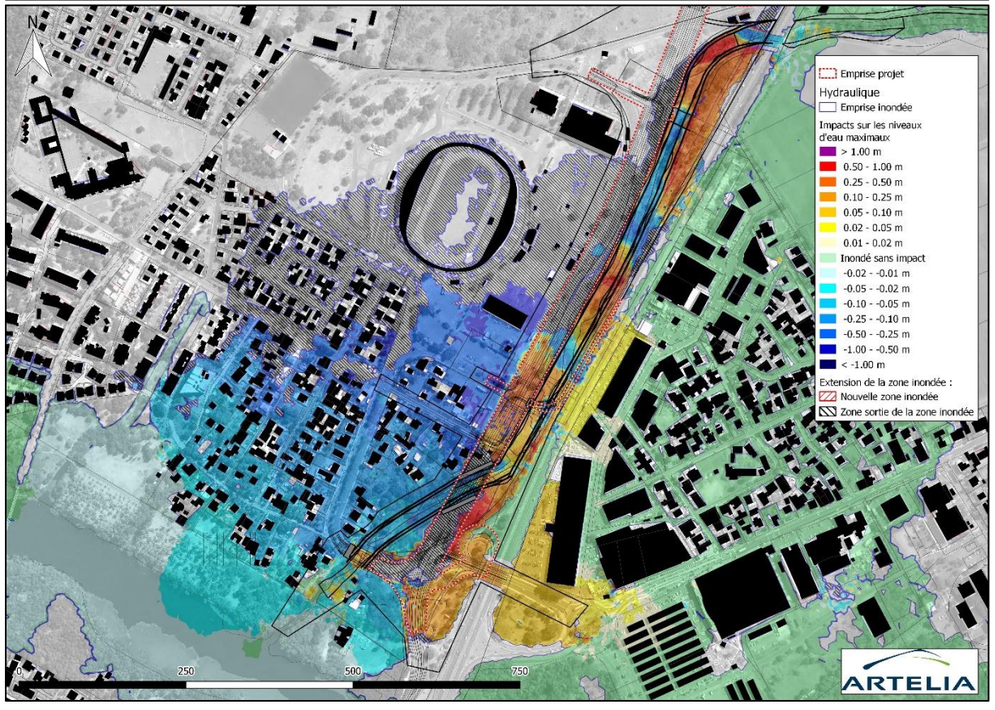


Figure 106 : Cartographie de la crue de période de retour 100 ans La Plaine (AVP v1)

1.5.2.6.2 Analyses

L'analyse du comportement hydraulique observé pour chaque évènement hydrométéorologique est proposé sur les figures suivantes.

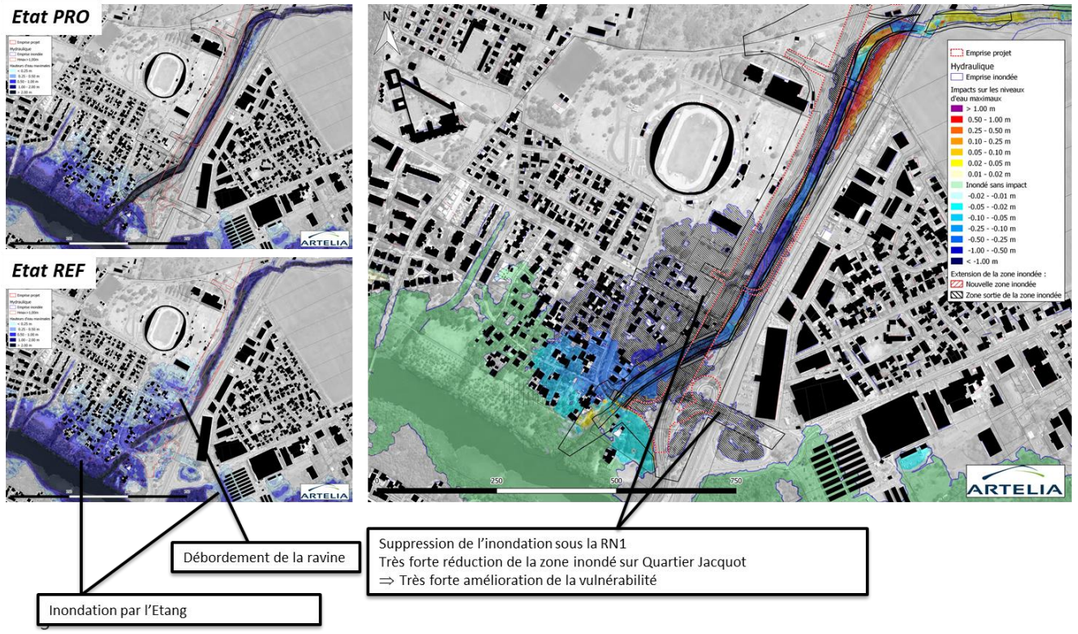


Figure 107 : Analyse de l'impact de l'AVP v1 - Q10 Crue de l'Etang

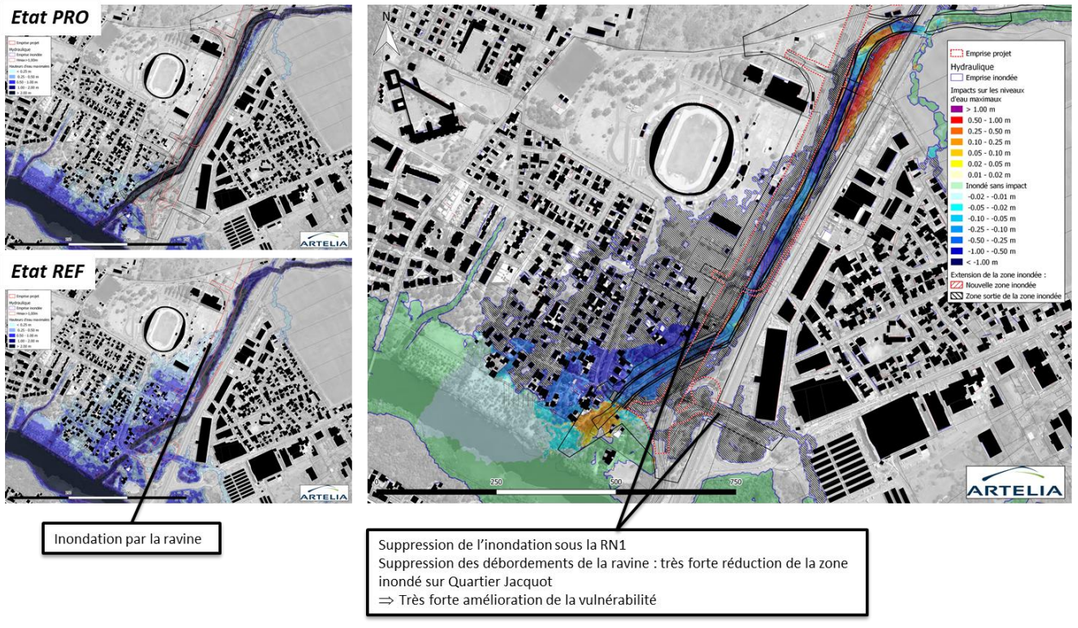


Figure 108 : Analyse de l'impact de l'AVP v1 - Q10 Crue de la Ravine La Plaine

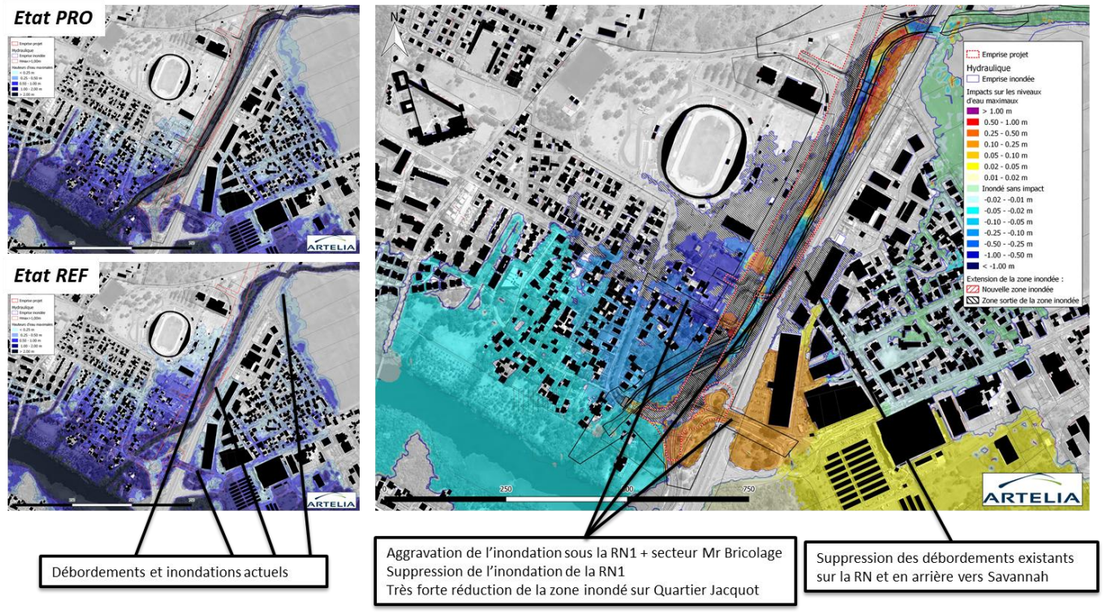


Figure 109 : Analyse de l'impact de l'AVP v1 - Q30 Crue de l'Etang

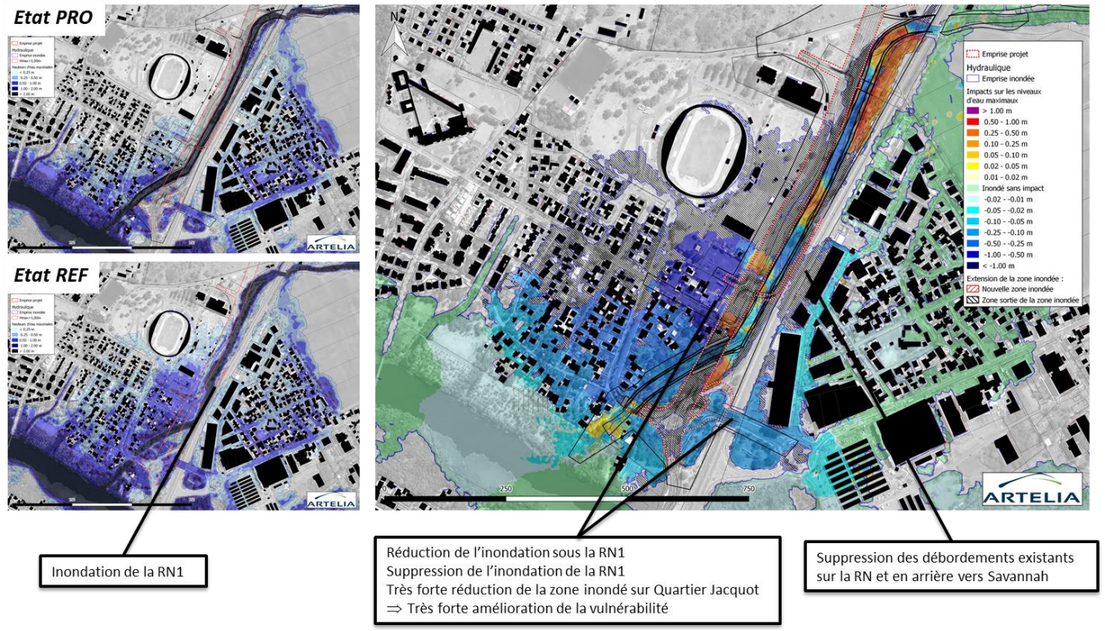


Figure 110 : Analyse de l'impact de l'AVP v1 – Q30 Crue de la Ravine La Plaine

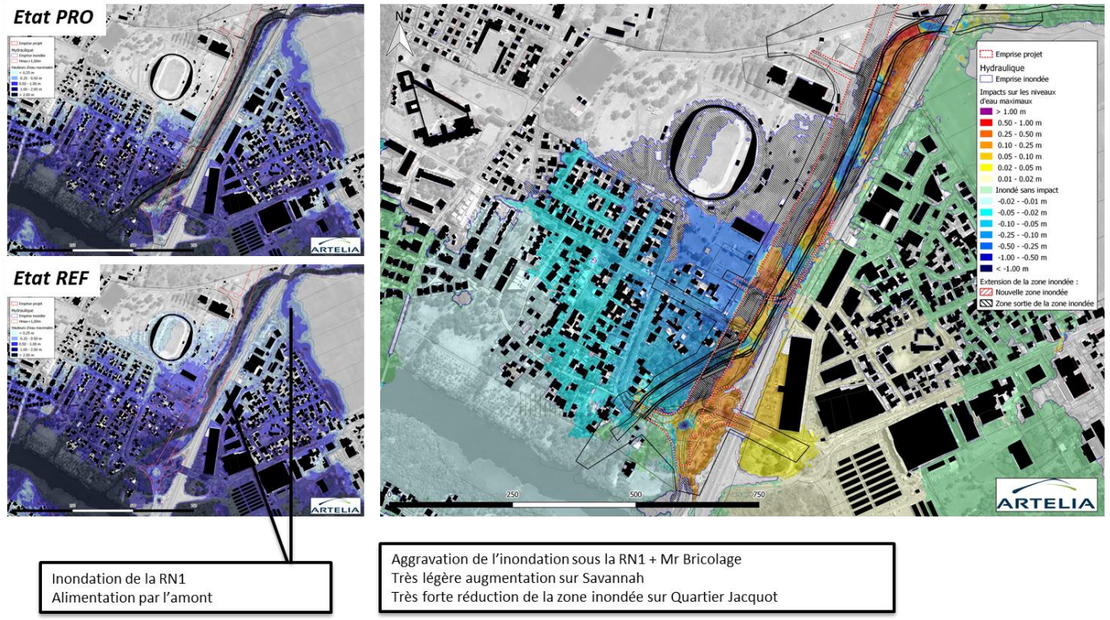


Figure 111 : Analyse de l'impact de l'AVP v1 - Q100 Crue de l'Etang Saint-Paul

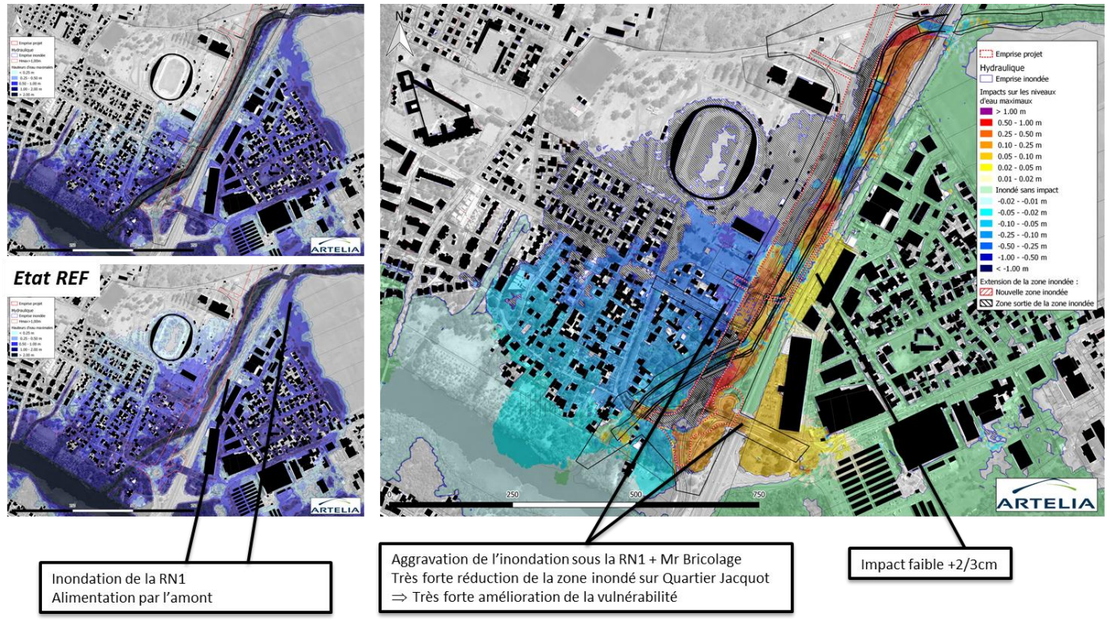


Figure 112 : Analyse de l'impact de l'AVP v1 – Q100 Crue de la Ravine La Plaine

1.5.2.6.3 Synthèse

De façon générale, ces cartographies montrent clairement les bénéfices apportés par le recalibrage sur l'étendue des zones inondables affectant le quartier Jacquot quelque-soit la crue ou la configuration considérée. La diminution des hauteurs d'eau sur le quartier - par rapport à l'état actuel - apparait nettement même si celui-ci reste fortement influencé par le niveau d'eau atteint par l'étang.

⇨ **Pour la zone urbaine du Quartier Jacquot, les aménagements AVP v1 proposent une très forte réduction de la vulnérabilité des enjeux.**

Sur le secteur Savanna (aux abords du passage inférieur existant), on relève en revanche une légère augmentation des niveaux d'eau pour les différents événements de crue en raison du remblai de l'Axe Mixte prolongeant l'ouvrage principal vers le *sud*. Cette augmentation est significative entre l'Axe Mixte et la RN 1 et s'atténue à mesure que l'on s'éloigne de cette zone. Sur les secteurs bâtis, l'augmentation maximale est comprise entre 5 cm (centre commercial et ses parkings) et 10 cm (bâtiment Vogue/Monsieur Bricolage qui s'avère surélevé et hors d'eau) ce qui reste néanmoins modéré.

⇨ **Les aménagements de l'AVP v1 génèrent une légère aggravation du risque sur le secteur de Savanna en amont de la RN1**

Ces résultats ont été présentés à la DEAL et à la Maitrise d'Ouvrage. Bien que les impacts ne se traduisent pas par une évolution des aléas inondations (au sens de leur définition pour les PPR), il a été fait le choix de rechercher les évolutions à apporter au projet permettant de les supprimer.

Les analyses poussées des simulations ont permis d'identifier l'origine des rehausses des niveaux d'eau observés en amont du passage sous la RN1. Celles-ci sont générées par le nivellement de la voirie de l'Axe Mixte entre le franchissement de la Ravine La Plaine et celui de l'Etang Saint-Paul. Cette zone propose dans la configuration actuelle du site deux passages préférentiels pour les écoulements (de part et d'autre du rond-point de Savanna). La version AVP v1 supprime la zone basse située dans l'axe du passage sous la RN1 (zone basse 1 identifiée ci-dessous).

Le projet génère donc un obstacle pour l'évacuation des écoulements depuis la zone de Savanna vers la Ravine La Plaine et vers l'Etang Saint-Paul. Les aménagements à mettre en œuvre doivent donc permettre d'améliorer la capacité d'évacuation de cette zone.

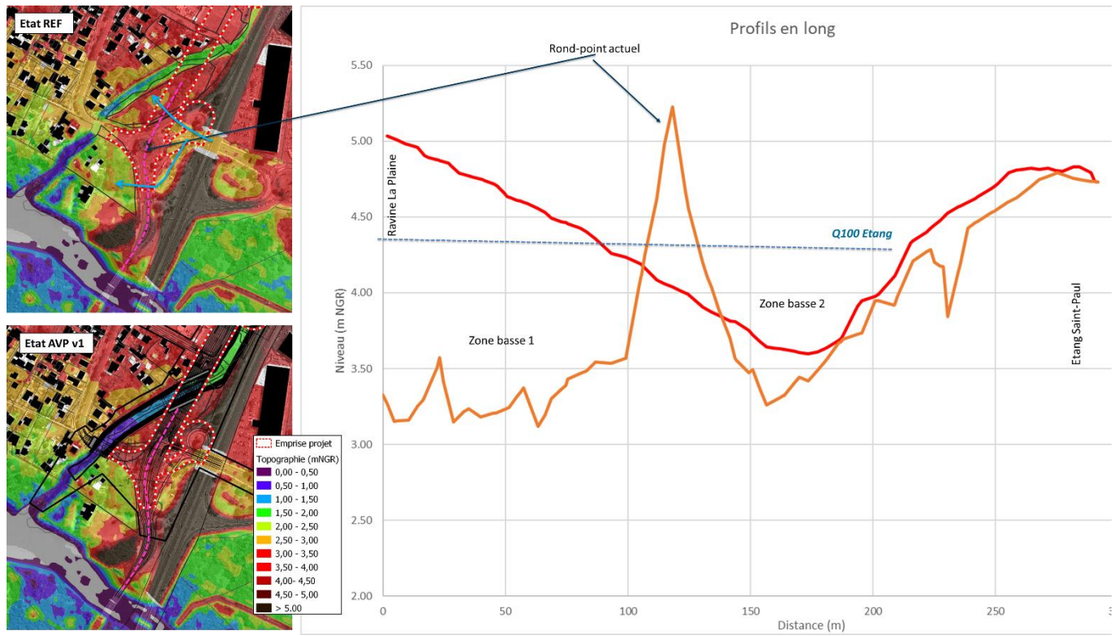


Figure 113: Analyse de la zone entre la Ravine La Plaine et l'Etang Saint-Paul

1.5.2.7 Scénario retenu (AVPv2)

1.5.2.7.1 Présentation

La configuration définie et étudiée ici est appelée AVP v2.

Les modifications apportées à la version précédente de l'AVP sont les suivantes :

- La reprise des pentes du projet entre l'aval du franchissement de la Ravine La Plaine et l'amont du franchissement de l'Etang Saint-Paul. Les pentes permettent de proposer un « plateau topographique » favorable à l'évacuation des eaux vers l'aval. Cette reprise s'accompagne de l'augmentation des pentes du projet en aval de l'ouvrage d'art ;

  La reprise topographique proposée est schématisée ci-après.

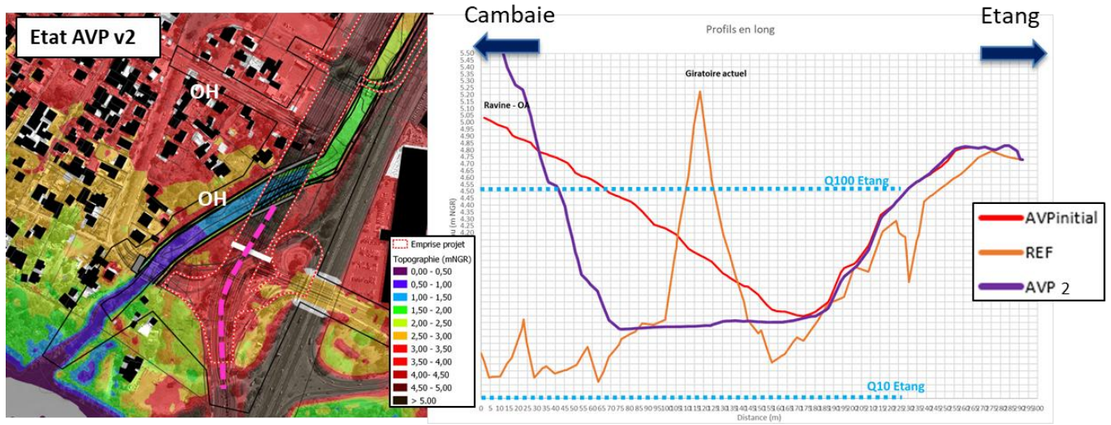


Figure 114 : Profil en long retenu au sud du franchissement de la Ravine

- La mise en place d'un ouvrage hydraulique sous la voirie projetée (2 buses DN1000 ou équivalent – cf. position sur figure précédente représentée par un trait blanc) équipé d'un clapet anti-retour. Ce dernier permet d'éviter l'inondation des secteurs situés en amont de la voie (secteur Savanna) par les eaux de l'Etang Saint-Paul ou/et de la Ravine La Plaine) ;
- La reprise des ouvrages d'art :
  - OA principal : rehausse du profil en long ;
  - OA bretelle : 2 piles dans la ravine (au lieu de 3).

Les cartographies suivantes présentent la topographie du territoire intégrant l'ensemble des aménagements retenus dans le cadre de l'AVP v2 et la cartographie des déblais / remblais associés à ces aménagements.

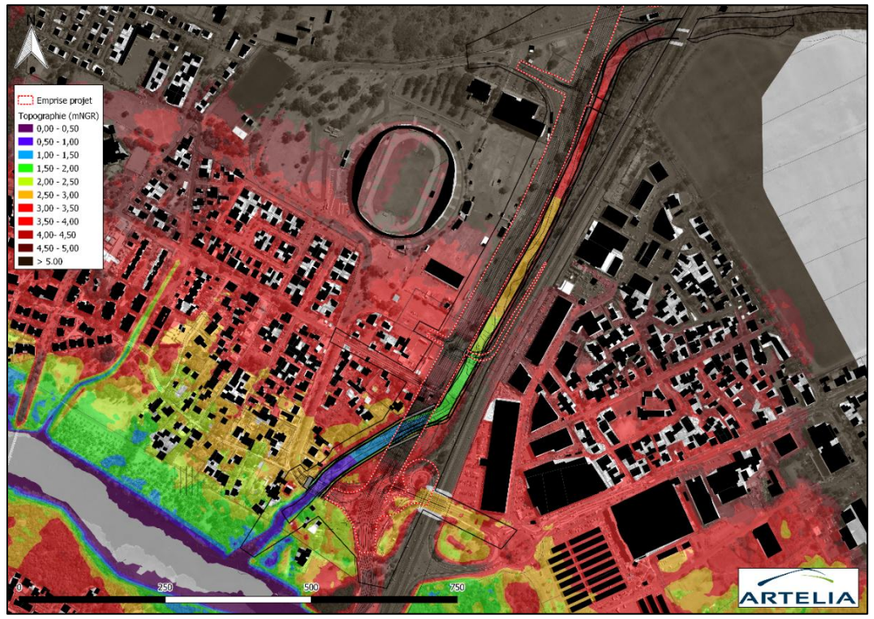


Figure 115 : Cartographie de la topographie du modèle (Etat AVP v1)

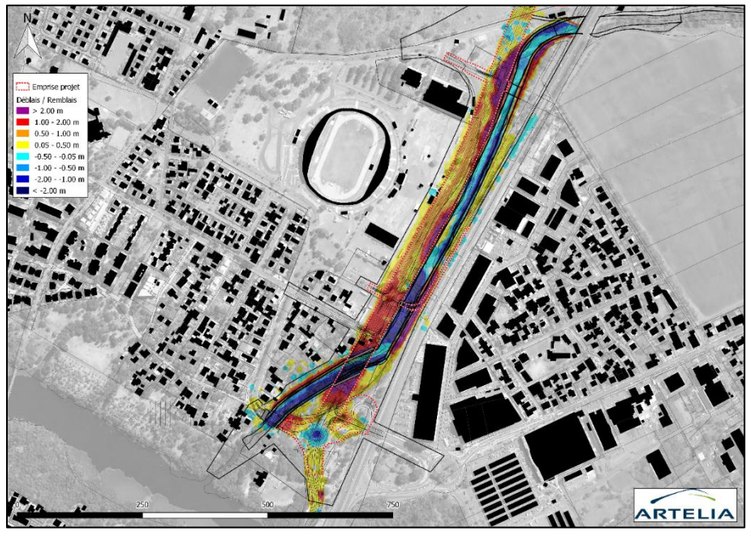
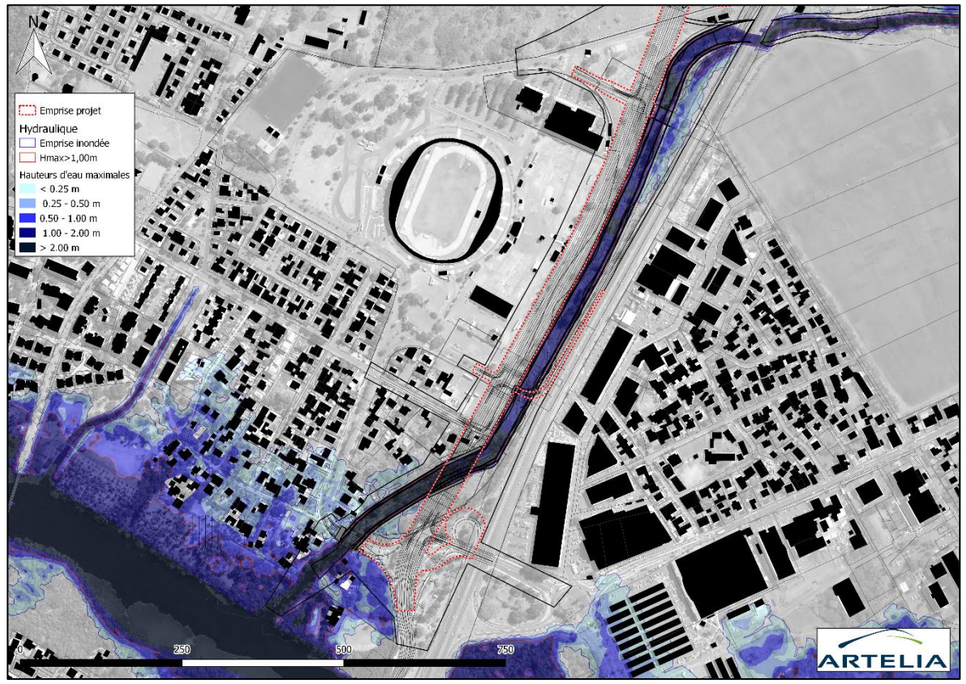


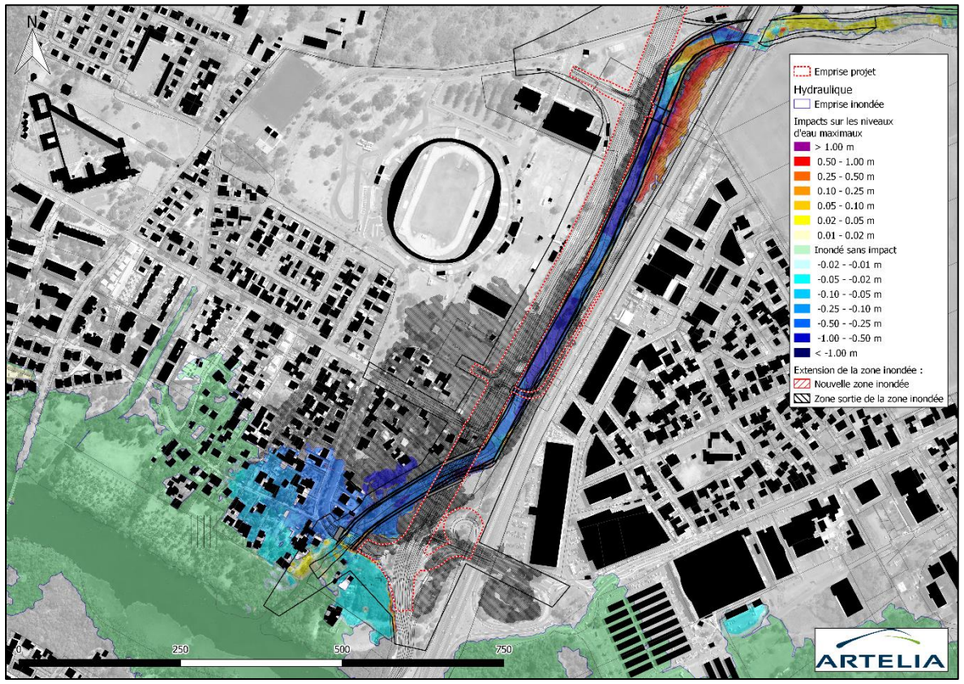
Figure 116 : Cartographie des déblais / remblais (Etat AVP v1)

1.5.2.7.2 Cartographies

Les résultats de calculs obtenus pour ce scénario ont été traduits sous la forme de cartes présentant :

- Les hauteurs d'eau maximales et l'emprise de la zone inondée pour cette configuration du territoire,
- Les vitesses maximales pour cette configuration du territoire ;
- Les évolutions des niveaux d'eau maximaux par rapport à l'état actuel,
- Les évolutions des vitesses maximales par rapport à l'état actuel.





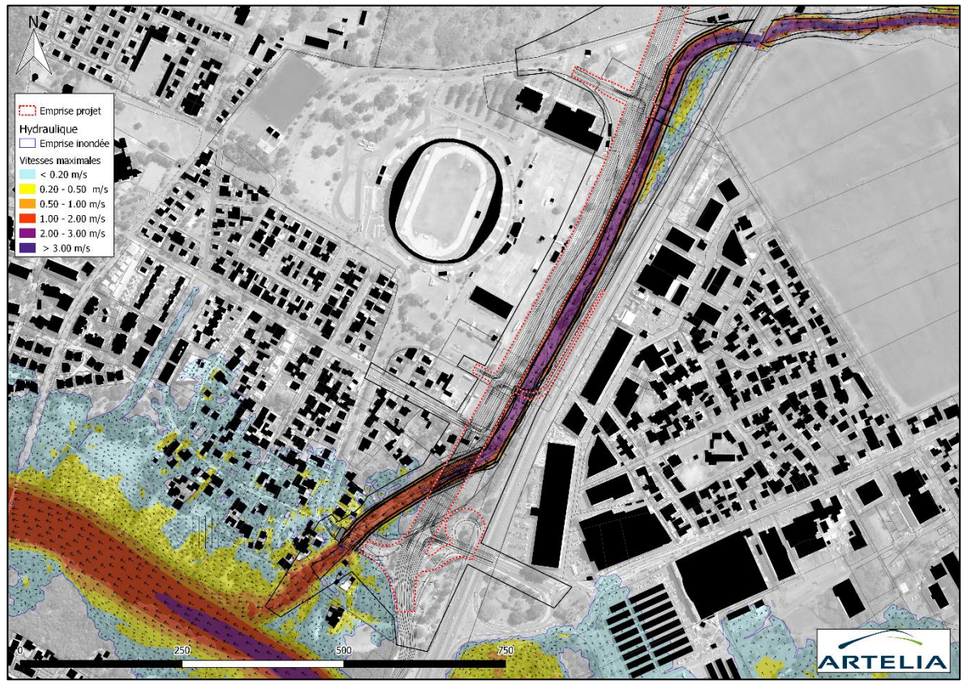


Figure 117 : Cartographie de la crue de période de retour 10 ans Crue de l'Etang Saint-Paul (Configuration PROJET AVP2)

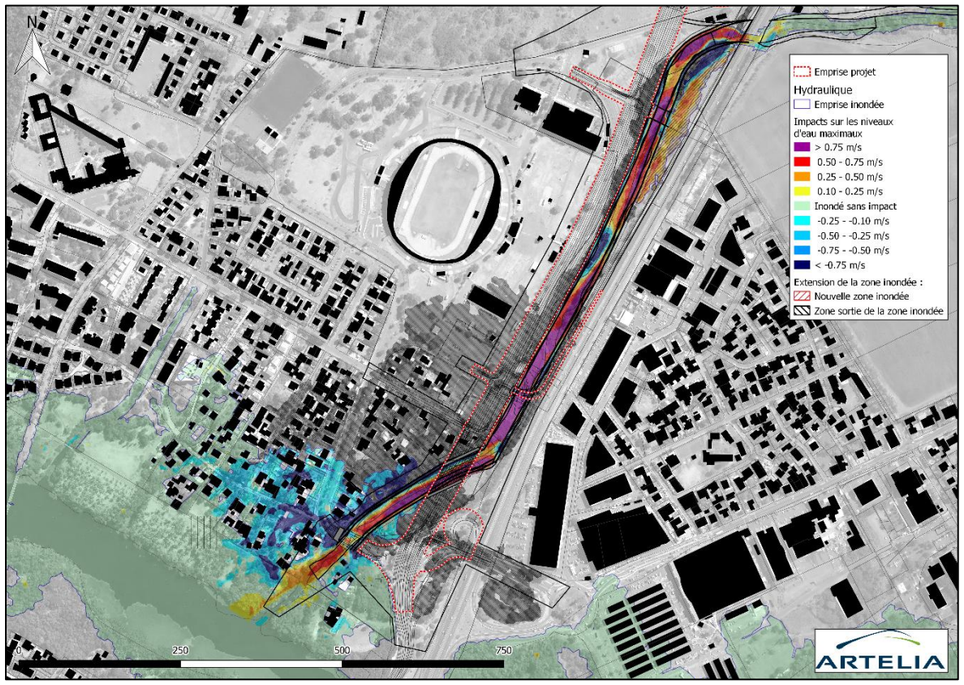
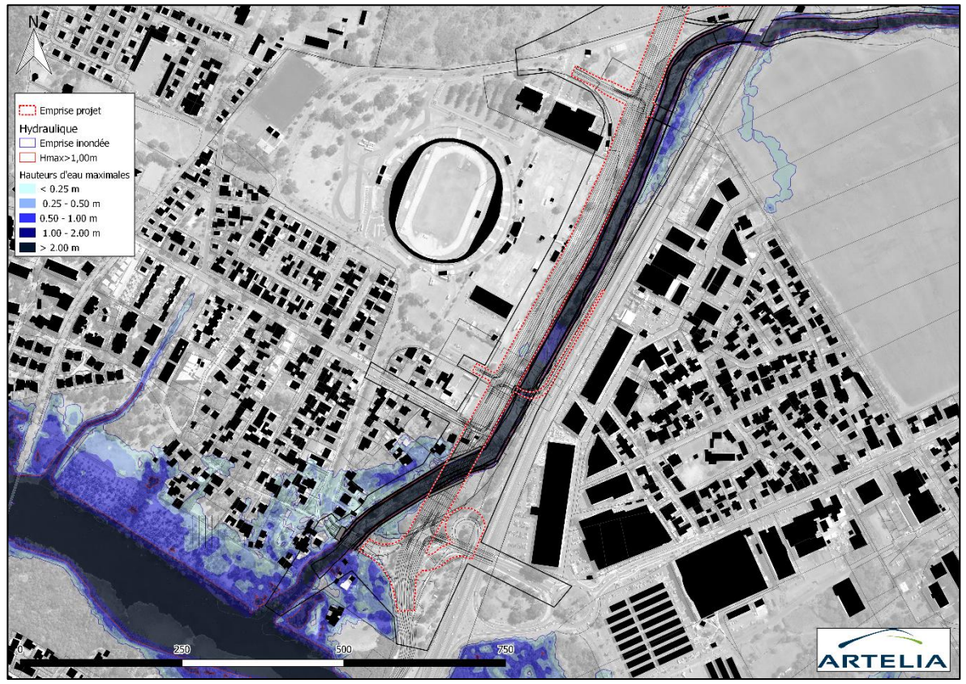


Figure 118 : Cartographie de la crue de période de retour 10 ans Crue de l'Etang Saint-Paul (Configuration PROJET AVP2)



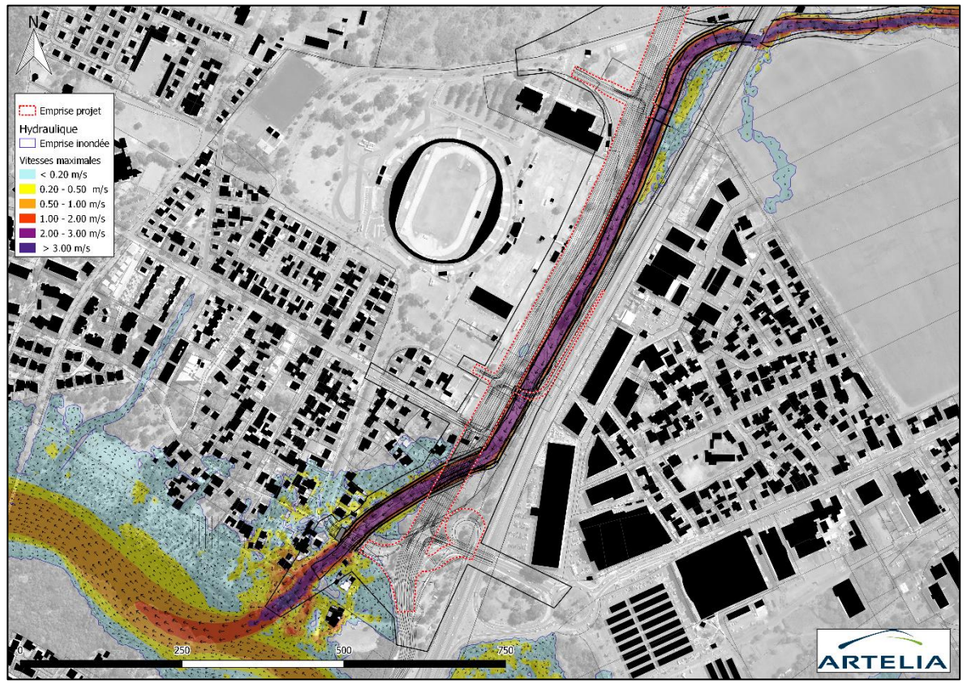
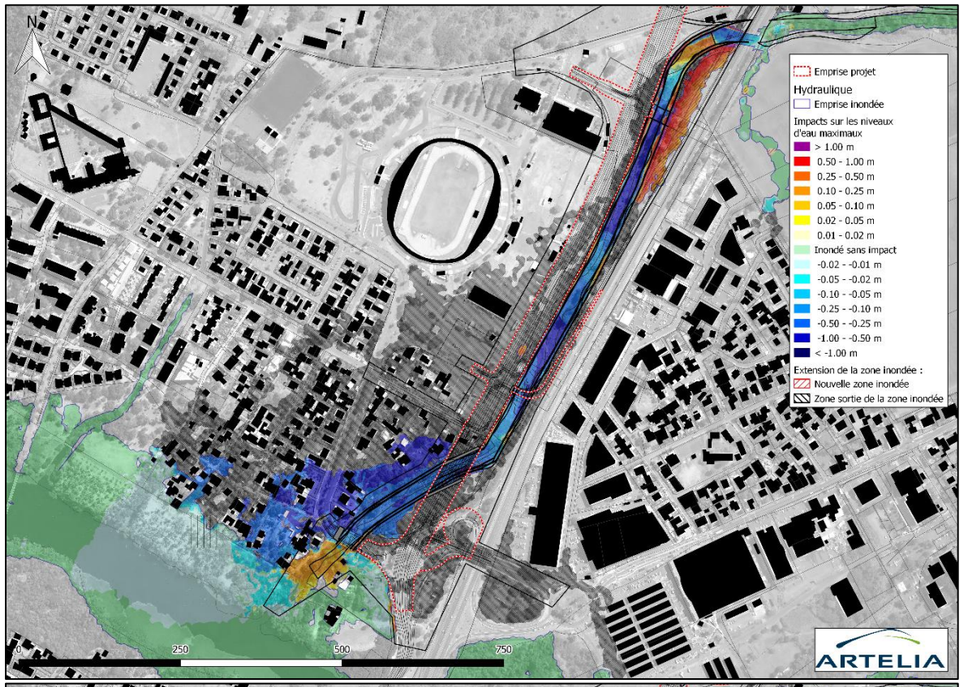


Figure 119 : Cartographie de la crue de période de retour 10 ans Crue de la Ravine La Plaine Configuration PROJET AVP2)



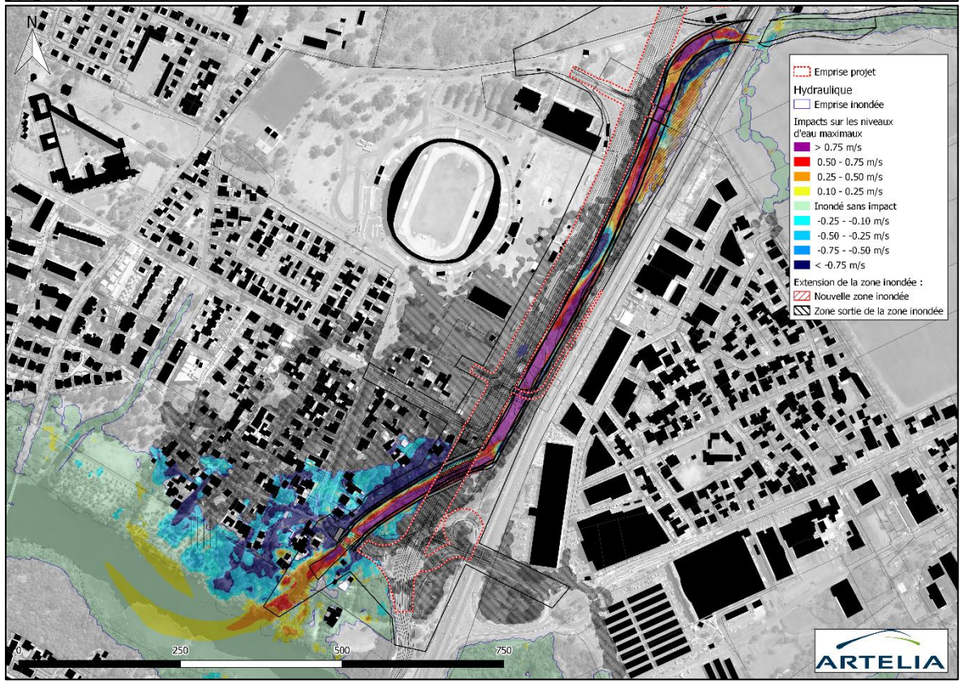
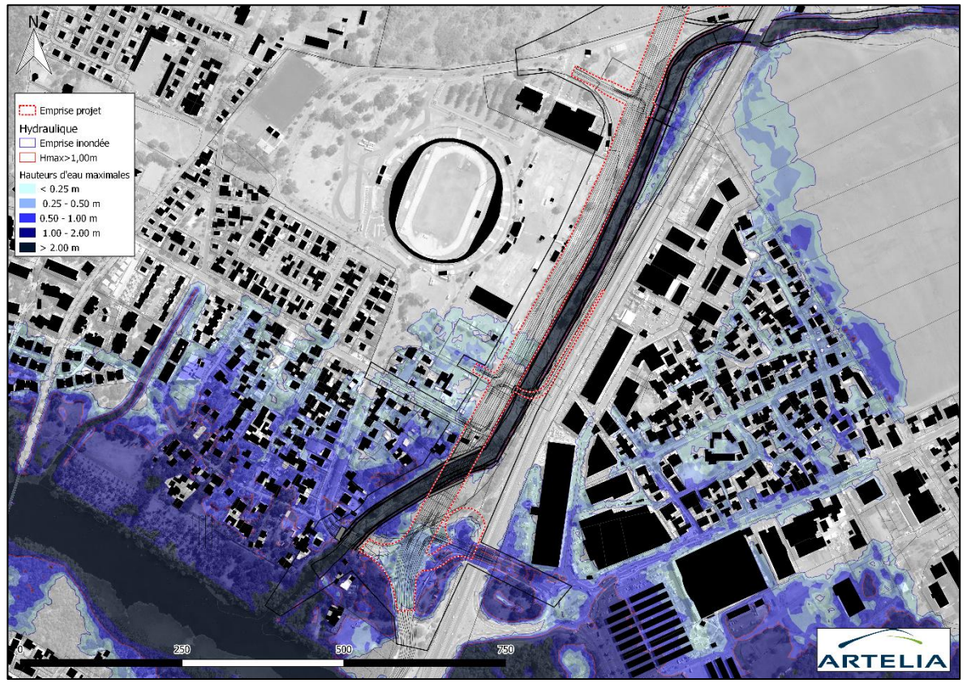


Figure 120 : Cartographie de la crue de période de retour 10 ans Crue de la Ravine La Plaine Configuration PROJET AVP2)



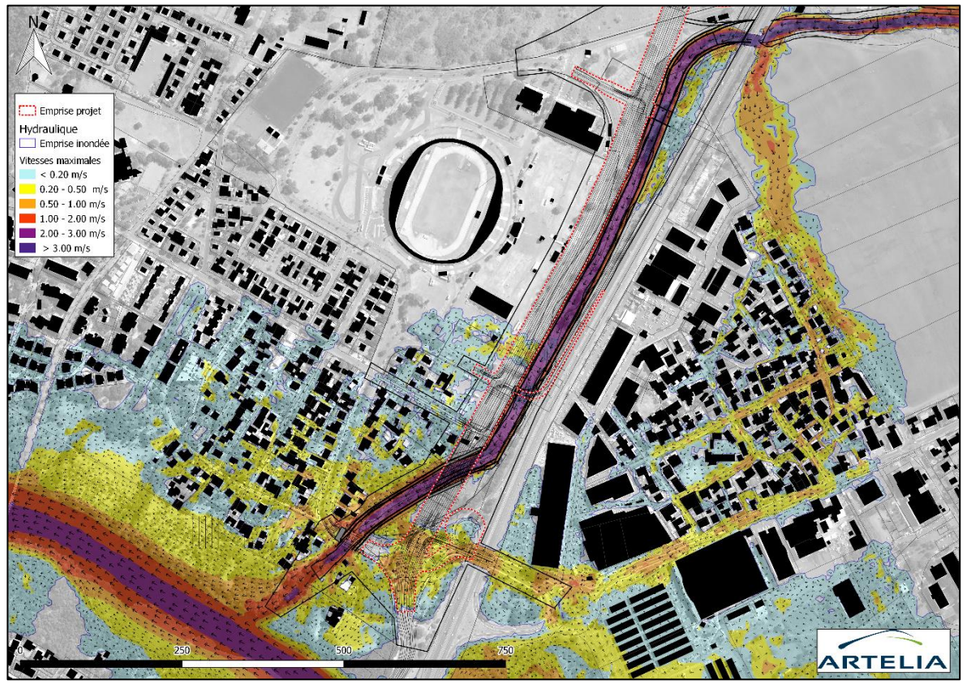
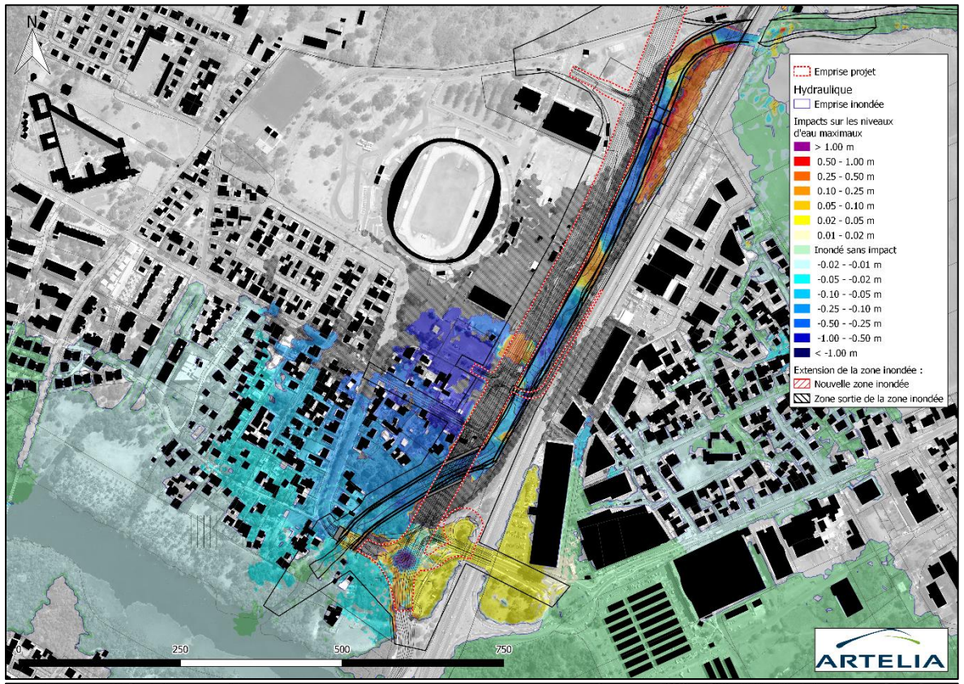


Figure 121 : Cartographie de la crue de période de retour 30 ans Crue de l'Etang Saint-Paul (Configuration PROJET AVP2)



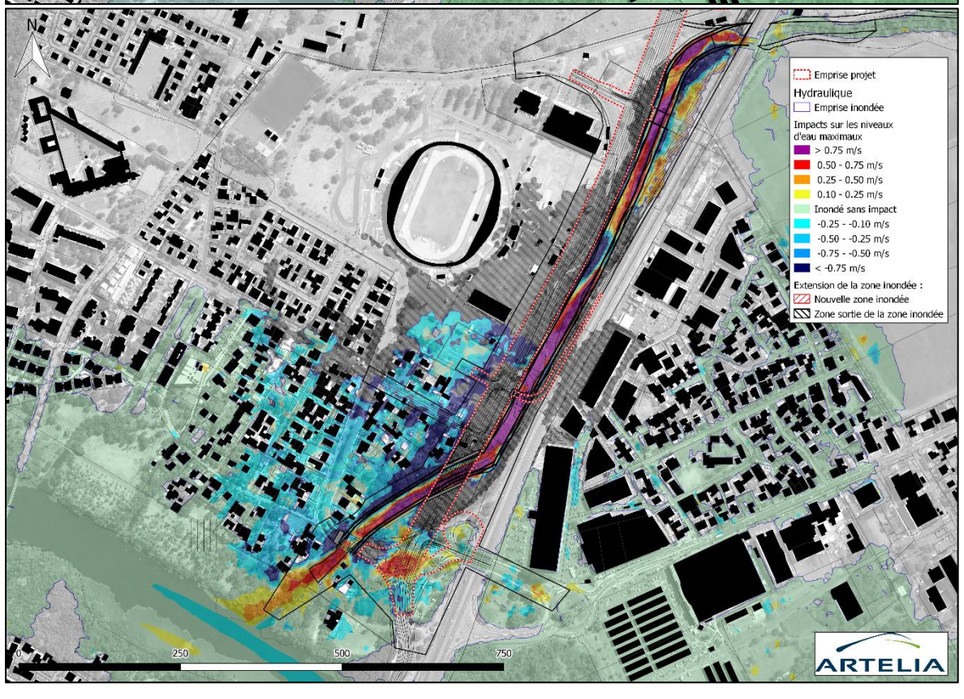
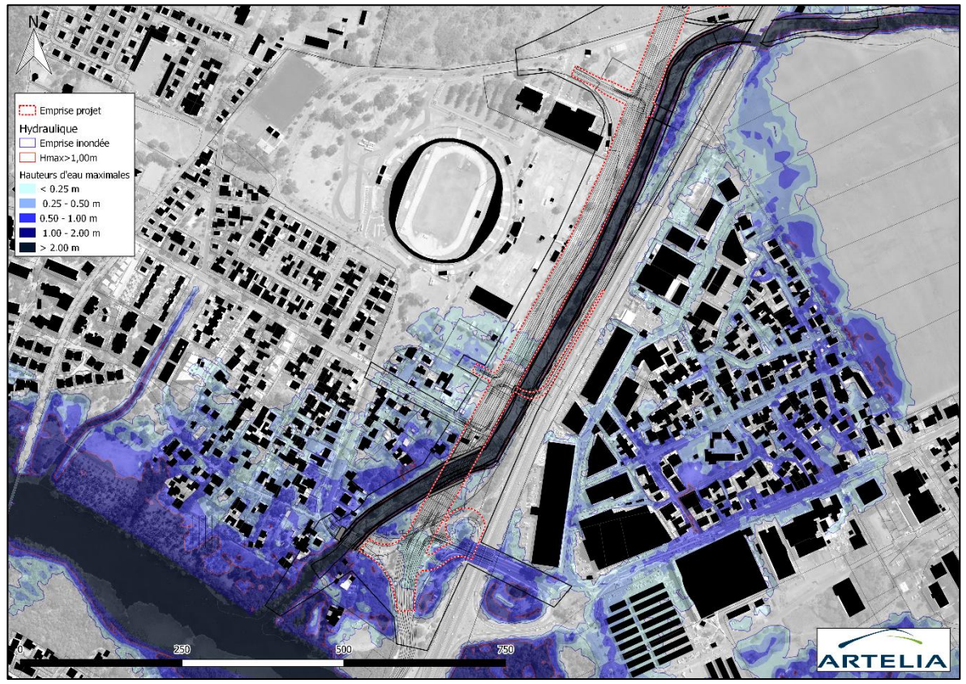


Figure 122 : Cartographie de la crue de période de retour 30 ans Crue de l'Etang Saint-Paul (Configuration PROJET AVP2)



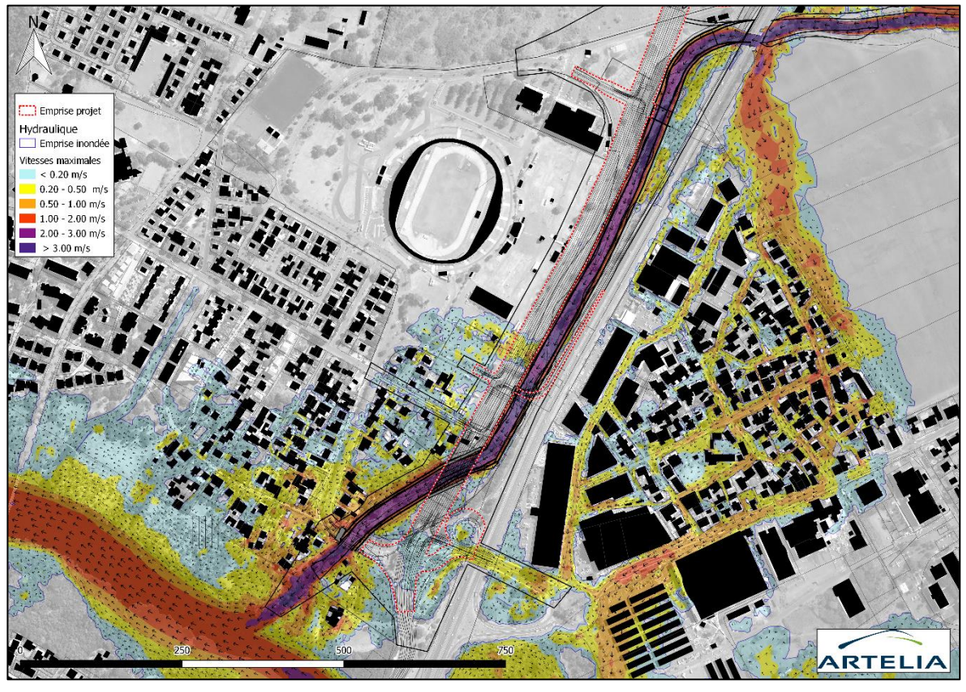
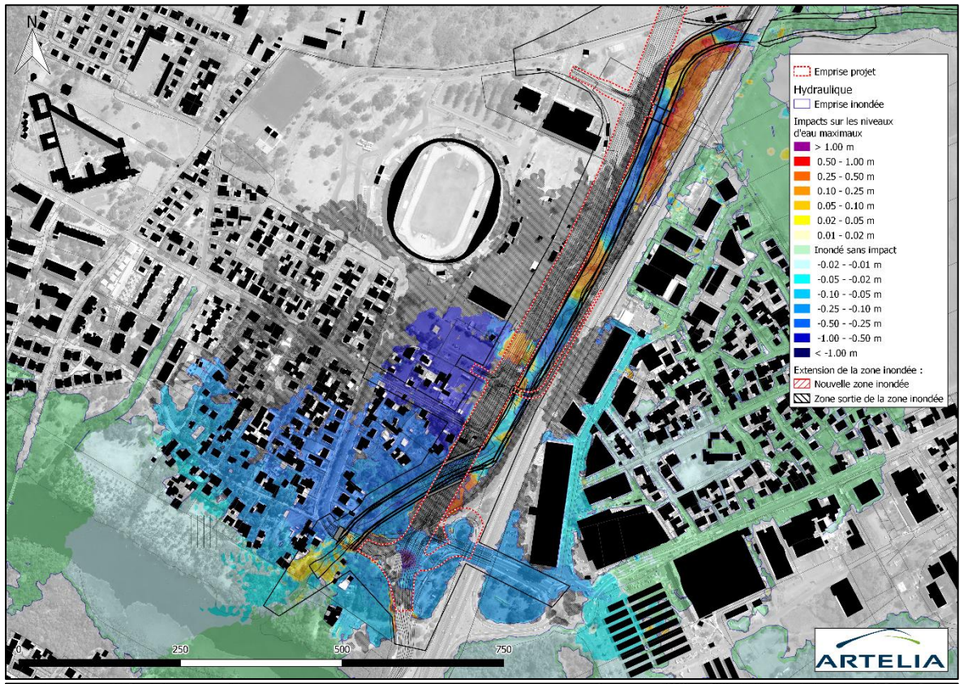


Figure 123 : Cartographie de la crue de période de retour 30 ans Crue de la Ravine La Plaine (Configuration PROJET AVP2)



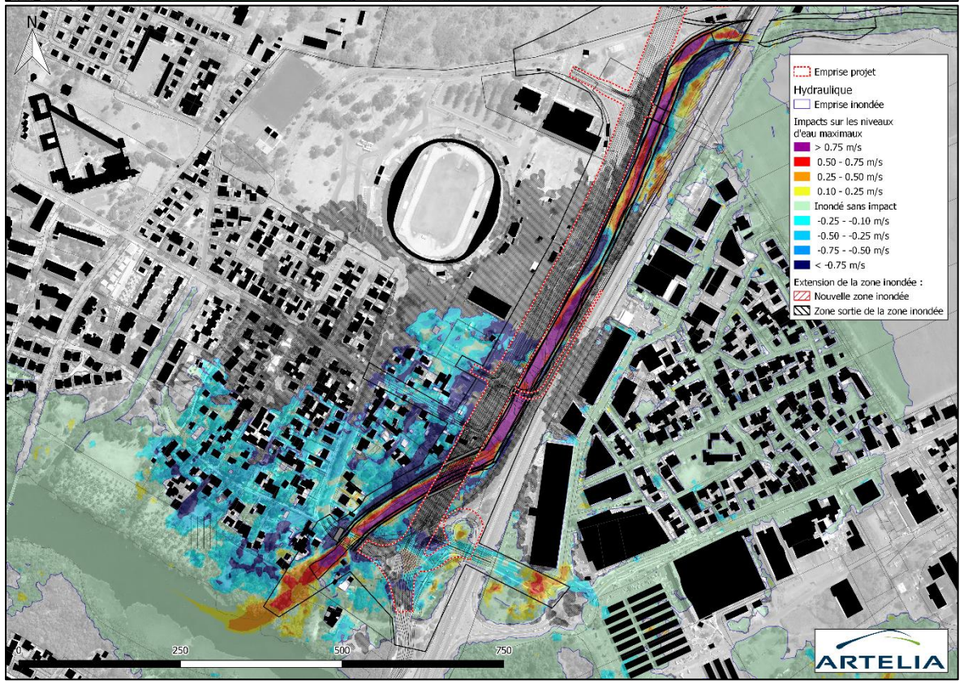
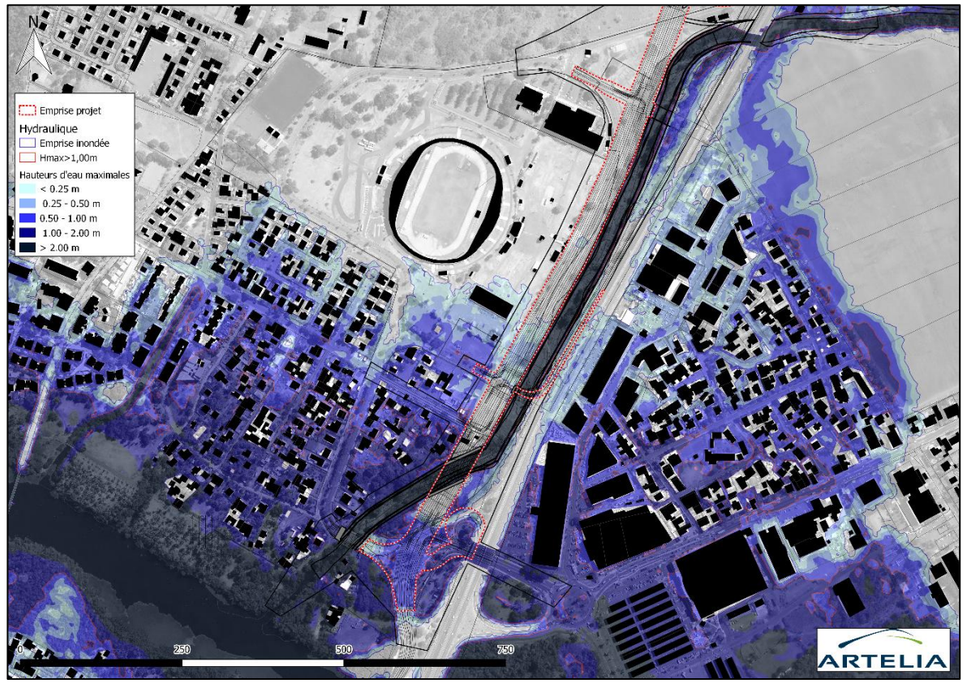


Figure 124 : Cartographie de la crue de période de retour 30 ans Crue de la Ravine La Plaine (Configuration PROJET AVP2)



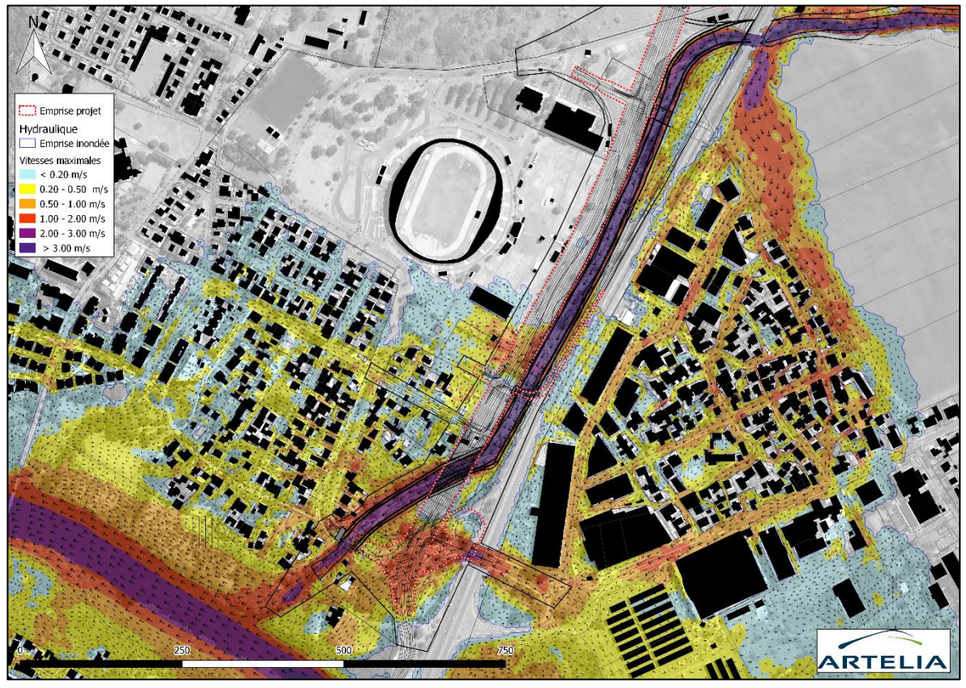
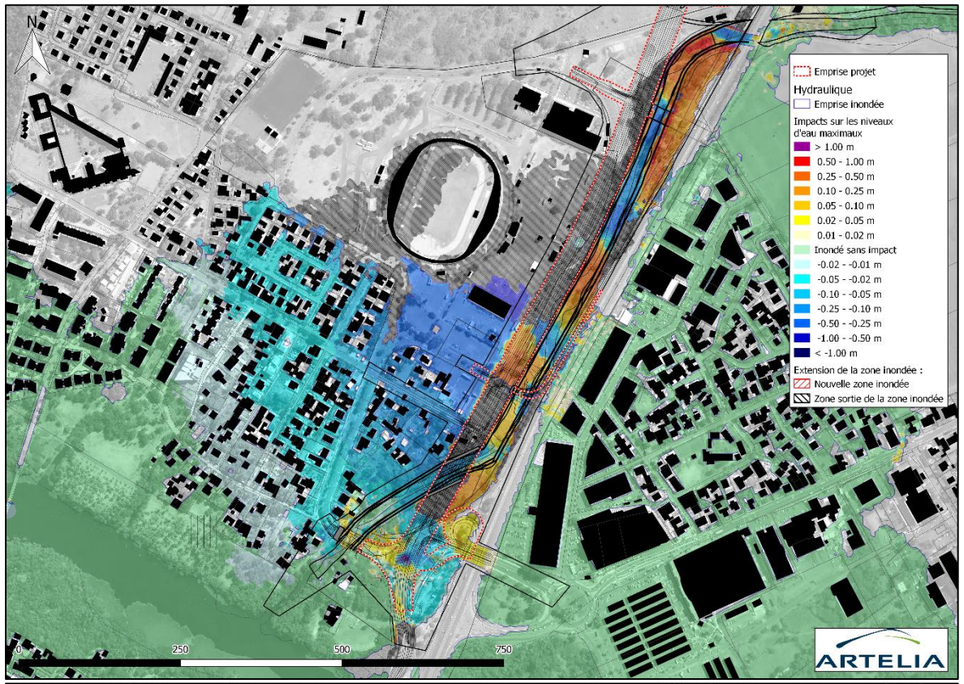


Figure 125 : Cartographie de la crue de période de retour 100 ans Crue de l'Etang Saint-Paul (Configuration PROJET AVP2)



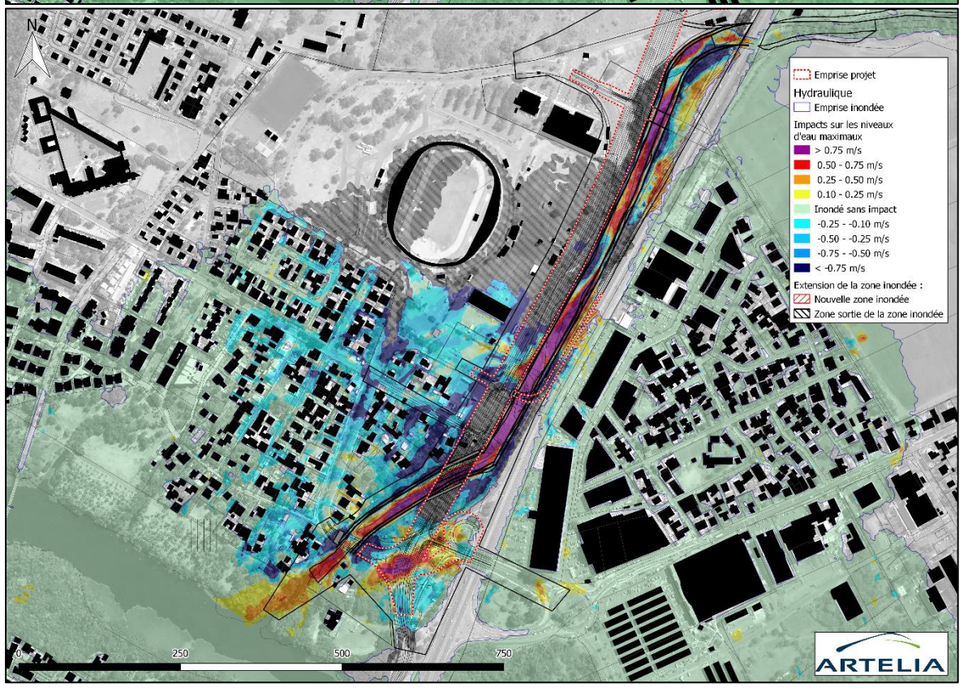
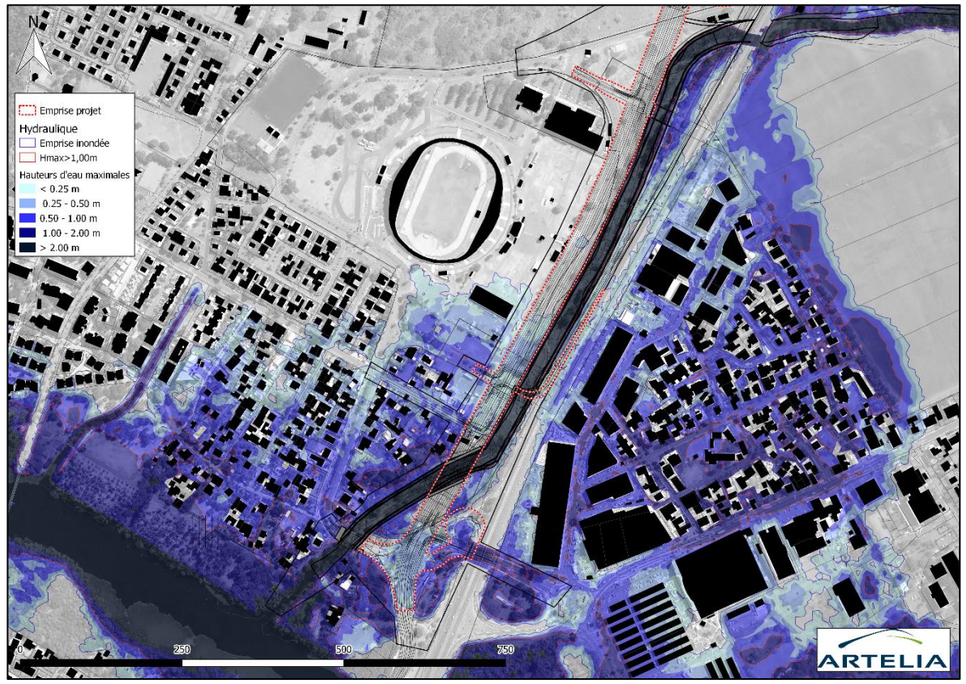


Figure 126 : Cartographie de la crue de période de retour 100 ans Crue de l'Etang Saint-Paul (Configuration PROJET AVP2)



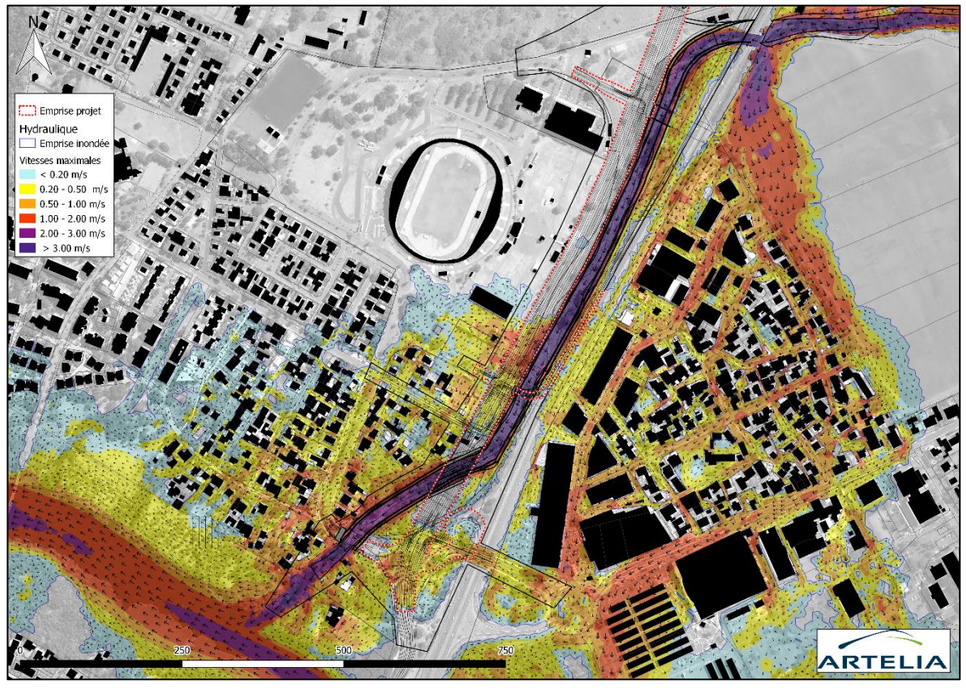
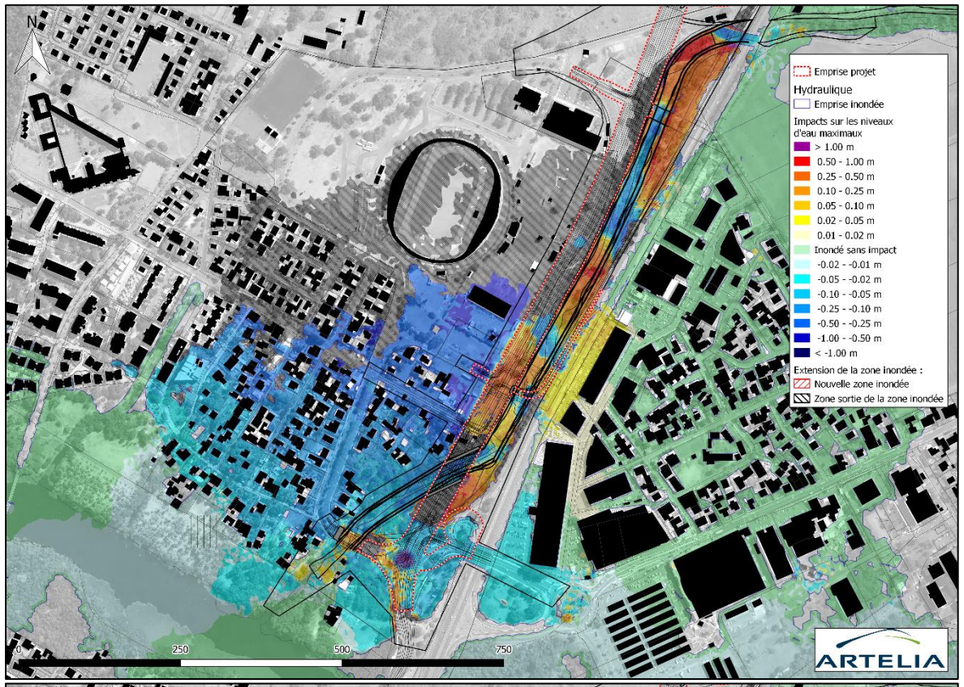


Figure 127 : Cartographie de la crue de période de retour 100 ans Crue de la Ravine La Plaine (Configuration PROJET AVP2)



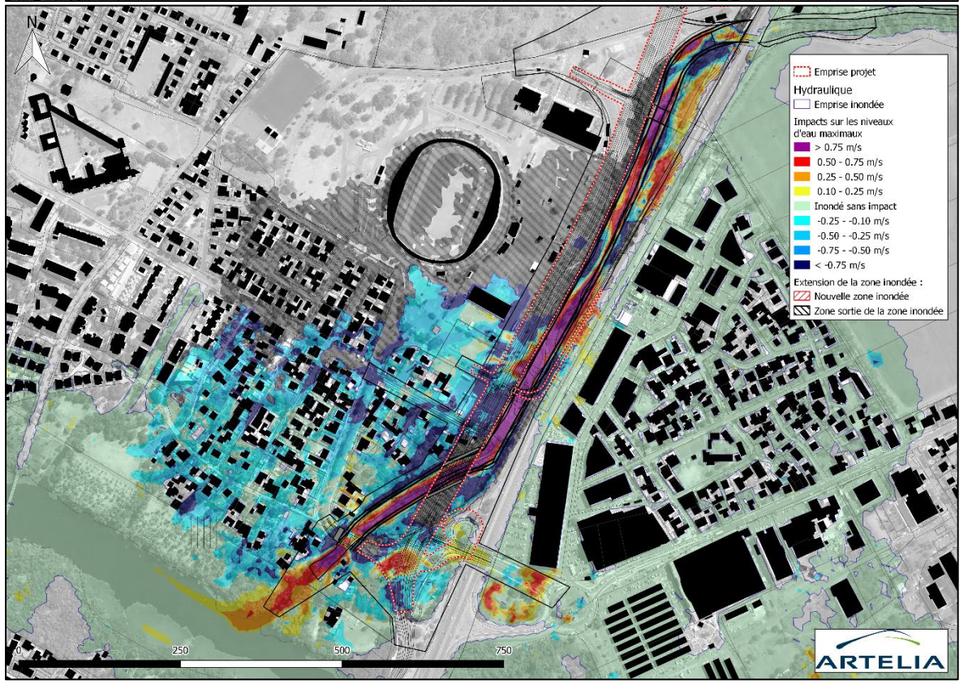


Figure 128 : Cartographie de la crue de période de retour 100 ans Crue de la Ravine La Plaine (Configuration PROJET AVP2)

1.5.2.7.3 Analyse

L'analyse menée et détaillée ici s'attache à identifier l'éventuelle aggravation du risque générée par le projet, de manière à s'assurer du respect de la Loi sur l'Eau quant à l'absence d'impact sur les tiers. La notion d'aggravation des risques est à considérer ici au sens de la doctrine d'interprétation du PPR.

La DEAL 974 a confirmé que sont considérées comme constituant une aggravation des risques, au sens du PPR, les augmentations de hauteur d'eau ou vitesse d'écoulement:

- de nature à rendre les prescriptions du PPR obsolètes ou insuffisantes (par exemple en conduisant à une cote de référence supérieure à celle identifiée par le PPR). Dans le PPRI de la commune, les cotes de seuil ne sont pas définies par un nivellement altimétrique mais par une hauteur par rapport au sol naturel. En pratique, il est retenu une augmentation de plus de 10cm pour considérer une évolution sur la cote de seuil (ce qui correspond à la marge d'incertitude des résultats de modélisation sur ce paramètre hydraulique) ;
- de nature à rendre plus onéreuses les possibilités de construction ou d'aménagement pour les tiers (par exemple avec l'obligation de mettre en œuvre des dispositions constructives supplémentaires ou plus couteuses) ;
- de nature à rendre inconstructibles des parcelles ou terrains initialement constructibles (par exemple en augmentant la vitesse d'écoulement à plus de 1m/s ou la hauteur d'eau à plus de 1m).

Il convient de rappeler ici que les cartographies présentées ici sont les cartographies « brutes » des résultats de modélisation, c'est-à-dire les cartographies non retouchées suite à l'interprétation des résultats obtenus. Celles-ci intègrent donc l'ensemble des hypothèses associées aux outils de modélisation mis en œuvre et exploités.

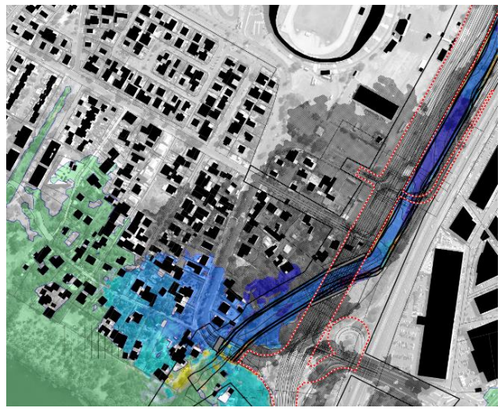
Une attention particulière doit donc être apportée aux analyses faites de ces cartographies, notamment en gardant en mémoire le niveau de précision spatiale et altimétrique des outils exploités.

1.5.2.7.3.1 Crues décennales

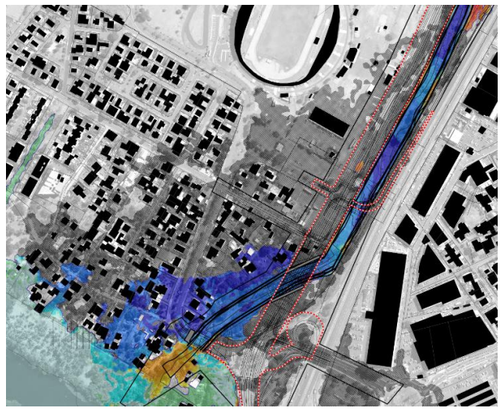
Pour les deux types de crues décennales étudiées (crue générale du bassin versant de l'Etang-Saint-Paul et crue du bassin versant de la ravine La Plaine), les évolutions du comportement hydraulique générées par le projet d'Axe Mixte retenu en AVP v2 sont les suivantes :

- Suppression des débordements observés sur la partie *nord* du quartier Jacquot (rive droite en amont et en aval du radier actuel) et forte diminution des hauteurs d'eau maximales sur la partie *sud* de ce quartier. **Cette évolution constitue un gain très fort en termes de réduction de la vulnérabilité des enjeux : le gain concerne en effet des enjeux forts du territoire (zone d'habitat dense) et fréquemment inondé.**

  ⇨ **Le projet apporte donc une très forte amélioration de la situation actuelle pour les habitants du Quartier Jacquot.**



Impacts sur les niveaux d'eau maximaux - Q10 Etang

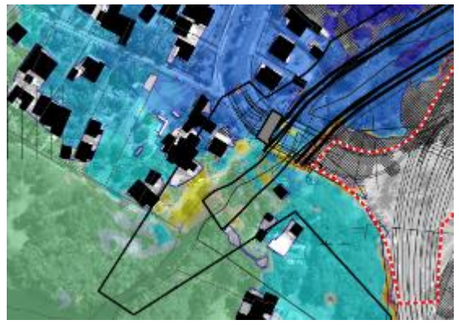


Impacts sur les niveaux d'eau maximaux - Q10 Ravine La Plaine

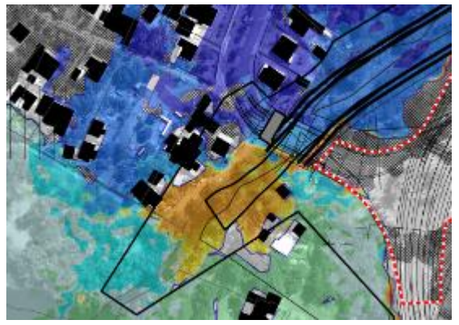
- En aval du franchissement de la passerelle piétonne (secteur non modifié par le projet d'Axe Mixte), du fait de la diminution des débordements générés par la reprise du lit mineur de la ravine, un débit plus important est canalisé dans le lit mineur de la ravine La Plaine au niveau de son débouché dans l'Etang Saint-Paul. Cette augmentation du débit génère don une rehausse des niveaux d'eau maximaux sur ce secteur.
  - **L'emprise des augmentations est limitée uniquement au lit mineur de la ravine pour la crue décennale « Etang ».**
  - Cette emprise « déborde » sur les berges de la ravine pour la crue « Ravine La Plaine ». Pour cet évènement, les impacts maximaux sont de +15cm dans le lit mineur de la Ravine (hauteur d'eau de 2,30m). Ces impacts sont cantonnés aux berges du lit mineur de la ravine. Ils deviennent nuls au niveau des façades des bâtiments les plus proches de la ravine et un abaissement des niveaux d'eau maximaux est observé en arrière de ces bâtiments.

    En réalité, les murs de clôture existants sur ces parcelles font office de seuils et vont créer une barrière physique qui limitera spatialement les effets de la rehausse aux secteurs en amont. Les parcelles situées en arrière des murs seront donc concernées par une diminution des niveaux d'eau maximaux (et donc les bâtiments situés sur ces parcelles).

  ⇨ **Le projet ne crée pas d'aggravation du risque pour les enjeux sur ce secteur.**



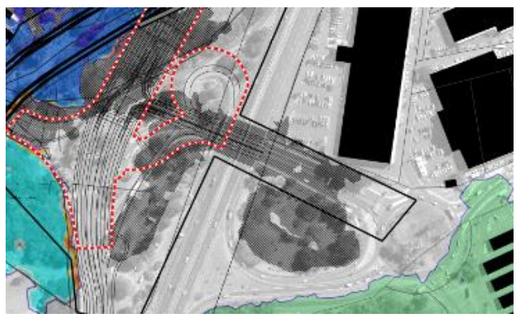
Impacts sur les niveaux d'eau maximaux - Q10 - Etang



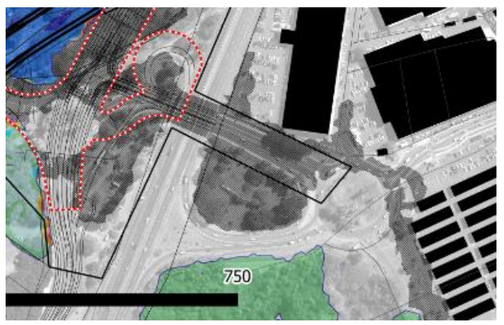
Impacts sur les niveaux d'eau maximaux - Q10 La Plaine

- Pour la configuration actuelle, des débordements sont observées pour les deux types de crues décennales étudiées sur les voiries passant sous la RN1 (entre le Quartier Jacquot et Savanna). Le projet d'Axe Mixte permet de supprimer totalement l'inondation de ces voiries pour les crues fréquentes.

  ⇨ **Le projet permet de proposer une amélioration très forte de la praticabilité des voiries de la zone, ce qui constitue une très forte amélioration de la vulnérabilité globale de la zone.**



Impacts sur les niveaux d'eau maximaux - Q10 - Etang

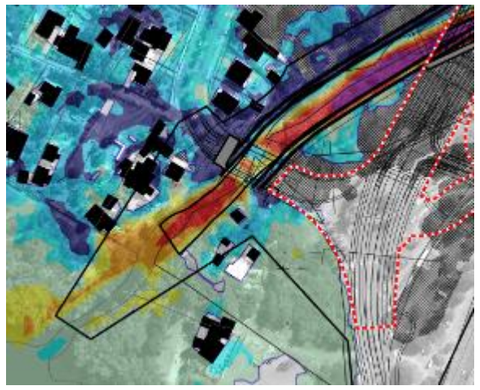


Impacts sur les niveaux d'eau maximaux - Q10 La Plaine

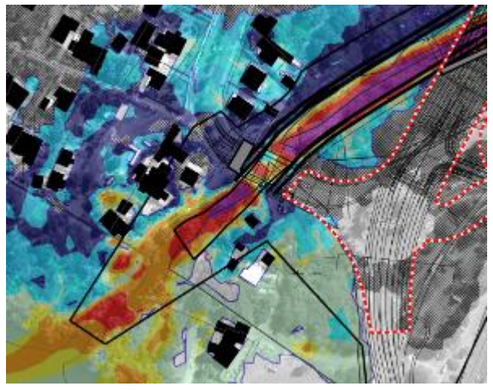
- Le projet se traduit par une augmentation du débit dans le lit mineur de la Ravine La Plaine, et donc par une augmentation des vitesses des écoulements.
  Cette augmentation reste « cantonnée » au lit mineur sur l'ensemble du linéaire, à l'exception de la partie aval de la ravine (non modifiée par le projet), où l'on observe de légères augmentations des vitesses sur les berges de la ravine.

Comme évoqué précédemment, la présence de murs et murets en limite des parcelles va créer une limite de remontée des impacts sur les vitesses.

Aucun bâtiment n'est donc concerné par une augmentation significative des vitesses maximales des écoulements. Des effets d'accélération très localisés, au niveau des « coins » de bâtiments en rive droite sont observés pour la crue de la Ravine La Plaine, sans préjudice sur le niveau de vulnérabilité de ces bâtiments.



Impacts sur les vitesses maximales- Q10 - Etang



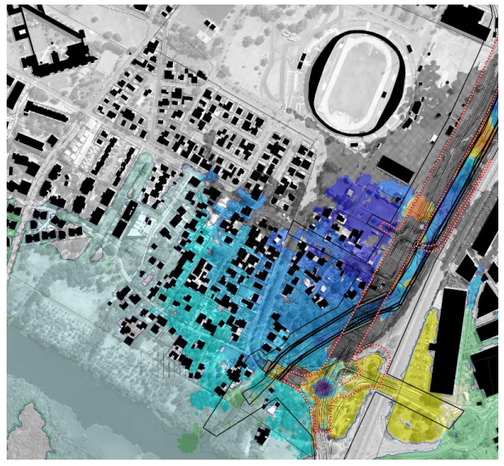
Impacts sur les vitesses maximales - Q10 La Plaine

1.5.2.7.3.2 Crue trentennale

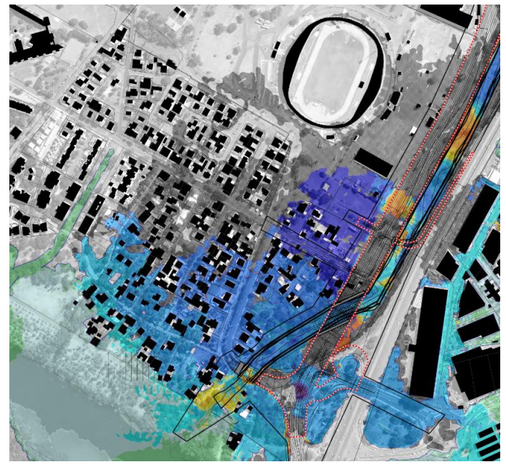
Pour les deux types de crues trentennale étudiées (crue générale du bassin versant de l'Etang-Saint-Paul et crue du bassin versant de la ravine La Plaine), les évolutions du comportement hydraulique généré par le projet d'Axe Mixte retenu en AVP v2 sont les suivantes :

- Le projet permet de mettre hors d'eau les secteurs *nord* du Quartier Jacquot et de réduire les hauteurs d'eau maximales pour les secteurs *sud* de ce quartier. **Cette évolution constitue un gain très fort en termes de réduction de la vulnérabilité des enjeux : le gain concerne en effet des enjeux forts du territoire (zone d'habitat dense) pour des crues « moyennes » (au sens du risque inondation).**

  ⇨ **Le projet apporte donc une très forte amélioration de la situation actuelle pour les habitants du Quartier Jacquot**.



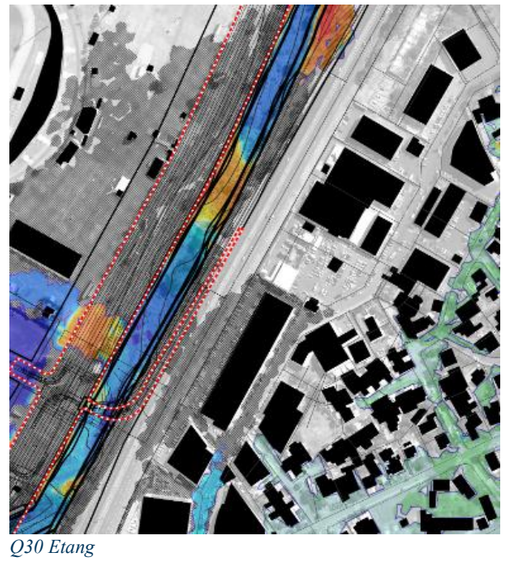
Impacts sur les niveaux d'eau maximaux – Q30 - Etang



Impacts sur les niveaux d'eau maximaux – Q30 La Plaine

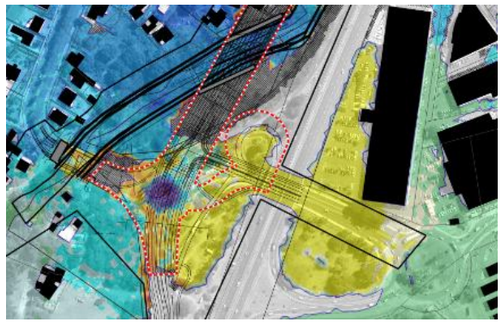
- Dans la configuration actuelle du territoire, la RN1 est surversée pour la crue trentennale du bassin versant de l'Etang de Saint-Paul. Le projet d'Axe Mixte permet de supprimer l'inondation de cet axe de circulation important pour cette crue.

  ⇨ **Le projet apporte donc une très forte amélioration des conditions de praticabilité de la RN1**.

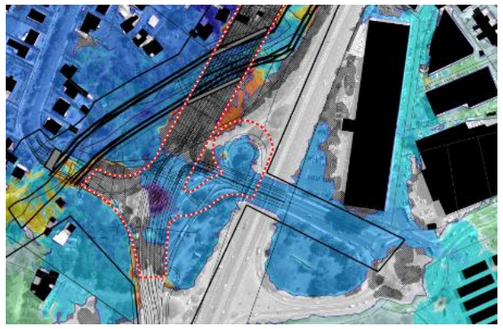


Q30 Etang

- Au niveau de la rive gauche de la Ravine La Plaine, on observe un fonctionnement différencié selon le type de crue étudiée :
  - Pour la crue globale (Etang), le projet génère une augmentation très faible des hauteurs d'eau maximales observées sur le parking *ouest* du bâtiment de Mr Bricolage. Cette augmentation est de +2,5cm pour une hauteur d'inondation sur le parking de près de 25cm.
    Pour cette crue, le point bas au niveau du passage de la voirie sous la RN1 est sujet à une rehausse des niveaux d'eau maximaux de +3,5cm pour une hauteur d'eau maximale de plus de 1,0m sur ce secteur.
  - ⇨ Ces impacts sont du même ordre de grandeur que celui de la précision de l'outil de modélisation.
  - ⇨ Ces impacts ne se traduisent ni par une évolution de l'inondabilité des bâtiments concernés (ils restent non inondés, bien que situés en zone inondable), ni par une modification de la praticabilité des voiries et des parkings.
  - ⇨ **Ces impacts ne génèrent donc pas une aggravation du risque au regard de la nature des enjeux concernés.**
  - ⇨ pour la crue trentennale du bassin versant de la ravine (La Plaine), le projet se traduit par un abaissement des niveaux d'eau maximaux sur cette zone (parking et point bas sous la RN1). **Le projet d'Axe Mixte se traduit par une réduction de la vulnérabilité de ce secteur pour cette crue.**

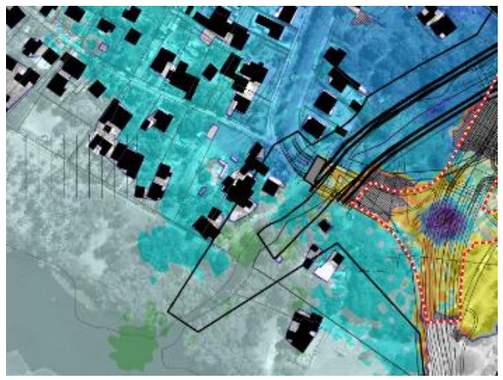


Impacts sur les niveaux *d'eau maximaux – Q30 - Etang*

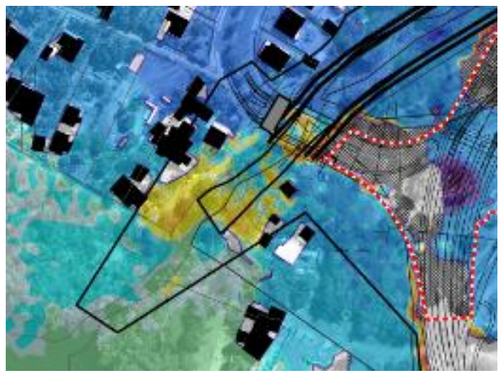


Impacts sur les niveaux d'eau maximaux – Q30 La Plaine

- pour la partie aval de la ravine, aucun impact sur les niveaux d'eau maximaux n'est observé pour la crue trentennale globale (Etang)
- pour la crue de la ravine, on observe de légères augmentation des niveaux d'eau limités au lit mineur de la ravine et à ces berges.
  Pour cette crue, les impacts obtenus sur ce secteur sont moins importants que ceux obtenus pour les crues décennales modélisées (cf. paragraphe précédent).
  - ⇨ **Ainsi, il est acté que pour les crues trentennale, le projet d'Axe Mixte ne crée pas d'aggravation du risque pour les enjeux sur ce secteur.**

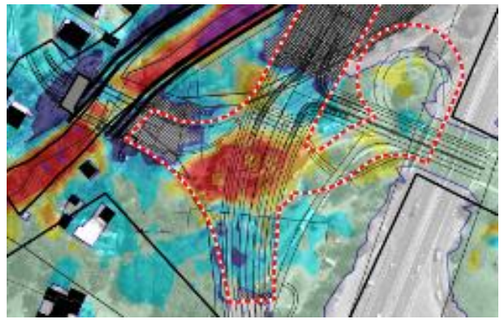


Impacts sur les niveaux *d'eau maximaux – Q30 - Etang*

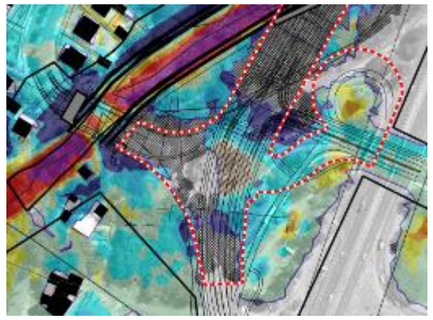


Impacts sur les niveaux d'eau maximaux – Q30 La Plaine

- Le projet génère des impacts sur les vitesses maximales des écoulements
  - Dans le lit mineur de la ravine,
  - Au niveau du secteur du rond-point au niveau du radier actuel pour la crue de l'Etang (et pas pour la crue de la ravine La Plaine). **Cette zone fait partie du projet et ne constitue donc pas une aggravation du risque pour les tiers du projet.**
  - **Les vitesses observées sur cette partie du projet sont inférieures à 1,0m/s, elles ne créent donc pas de risque pour la structure du projet.**



Impacts sur les vitesses maximales – Q30 - Etang



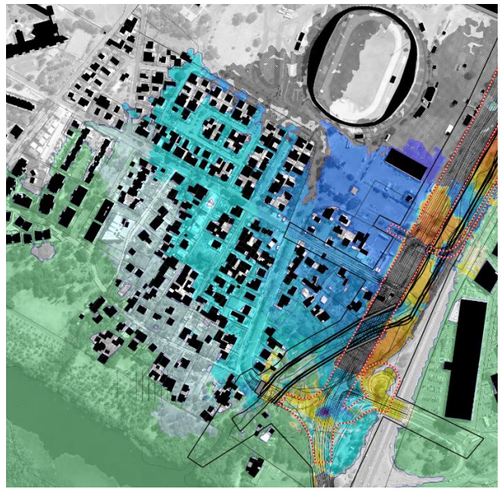
Impacts sur les vitesses maximales – Q30 La Plaine

⇨ **Pour les crues trentennale étudiées, le projet ne génère pas d'aggravation du risque pour les tiers et est conforme à la Loi sur l'Eau sur cette thématique.**

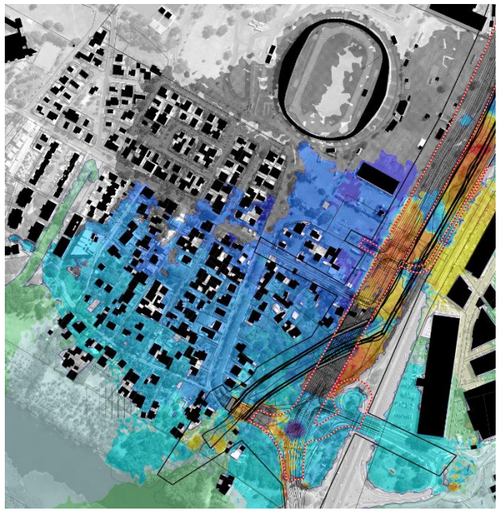
1.5.2.7.3.3 Q100 Etang/Ravine

- Sur le Quartier Jacquot, le projet d'Axe Mixte génère, comme pour les crues plus faibles, une très forte réduction de l'inondation de la zone. Une partie de ce quartier est même sorti de la zone inondée par les aménagements retenus.

  ⇨ **Le projet apporte un gain très fort en termes de réduction de la vulnérabilité des enjeux : le gain concerne en effet des enjeux forts du territoire (zone d'habitat dense) pour des crues « moyennes » (au sens du risque inondation).**



Impacts sur les niveaux d'eau maximaux – Q100 - Etang

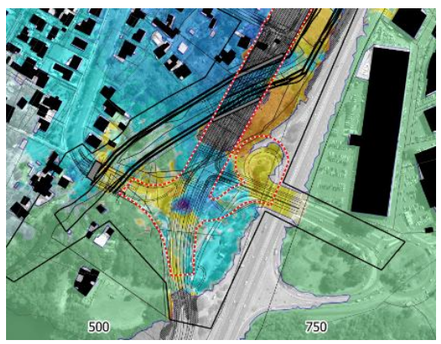


Impacts sur les niveaux d'eau maximaux – Q100 – La Plaine

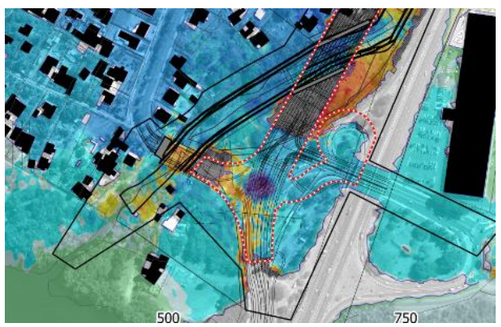
- Concernant la rive gauche de la ravine, pour les crues centennales modélisées, les aménagements du projet retenu se traduisent par des niveaux d'eau maximaux identiques (crue de l'Etang) ou par un abaissement des niveaux d'eau sur les parkings (crue de la Ravine La Plaine) par rapport à la situation actuelle.

- Pour la crue de l'Etang, on observe également quelques zones concernées par des augmentations des niveaux d'eau maximaux d'intensité réduite (de l'ordre de grandeur de la précision de l'outil de modélisation) et d'emprises spatiales très faibles. C'est le cas par exemple pour les parcelles en rive droite en amont du radier. La présence de murets de clôture vient également limiter les emprises des zones réellement impactées sur ces parcelles. **Ainsi, ces impacts peuvent être qualifiés de négligeables et ne traduisent pas une aggravation du risque pour les enjeux du secteur.**

- L'augmentation du niveau d'eau faible (+3cm) observée au niveau du point-bas sous la RN1 (hauteur d'eau maximale de plus de 1,70m) ne modifie pas les conditions de praticabilité de la voirie. **Ces impacts sont donc négligeables et ne constituent pas une aggravation du risque sur ce territoire.**



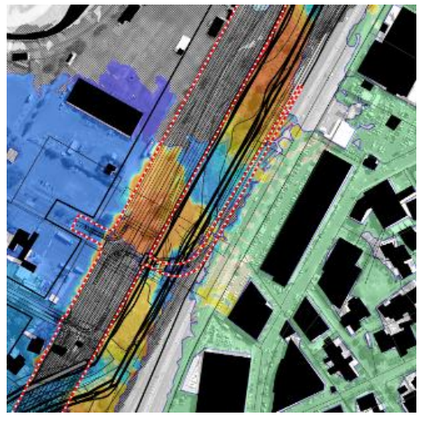
Impacts sur les niveaux d'eau maximaux – Q100 - Etang



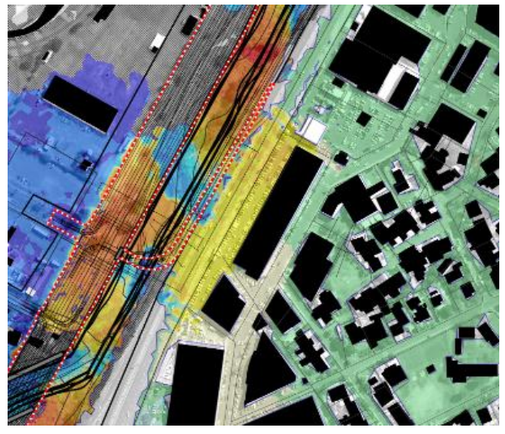
Impacts sur les niveaux d'eau maximaux – Q100 – La Plaine

- En rive gauche, on observe une rehausse faible des niveaux d'eau maximaux (+3cm pour une hauteur d'eau sur le parking de 55cm). Cette rehausse est faible et du même ordre de grandeur que la précision du modèle. Elle n'est obtenue que pour la crue de la Ravine de La Plaine et pas pour la crue de l'Etang.

  ⇨ **Ces impacts sont qualifiés de négligeables et ne constituent pas une aggravation du risque pour les tiers.**



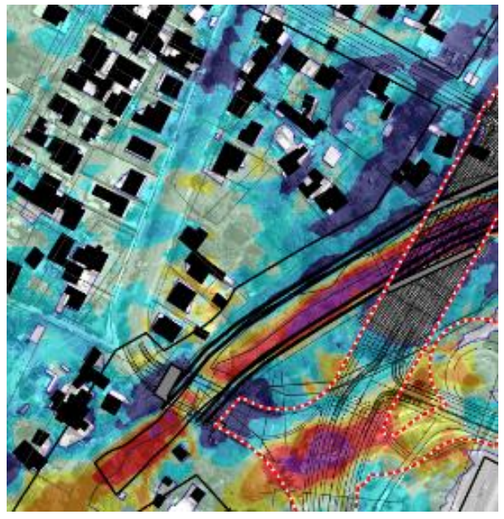
Impacts sur les niveaux d'eau maximaux – Q100 - Etang



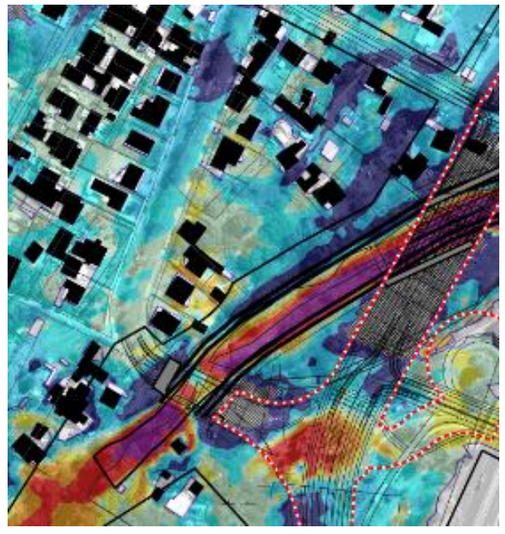
Impacts sur les niveaux d'eau maximaux – Q100 – La Plaine

- Pour les crues centennales modélisées, les impacts obtenus sur les vitesses maximales concernent le lit mineur de la ravine La Plaine. En aval de celle-ci, des évolutions locales sont observées (en augmentation et en diminution). Celles-ci sont essentiellement localisées dans les zones entre les bâtiments**. De manière globale (échelle parcellaire et au-delà) , une tendance très forte à une diminution des vitesses maximales est observée**.

  ⇨ **Du fait de la nature très ponctuelle des impacts calculés (1 maille de calcul), de la faible intensité des impacts modélisés et de la présence de murets, il peut être conclue sur l'impact négligeable du projet sur les vitesses maximales observées au niveau des bâtiments de cette zone.**



Impacts sur les vitesses maximales – Q100 - Etang



Impacts sur les vitesses maximales – Q100 – La Plaine

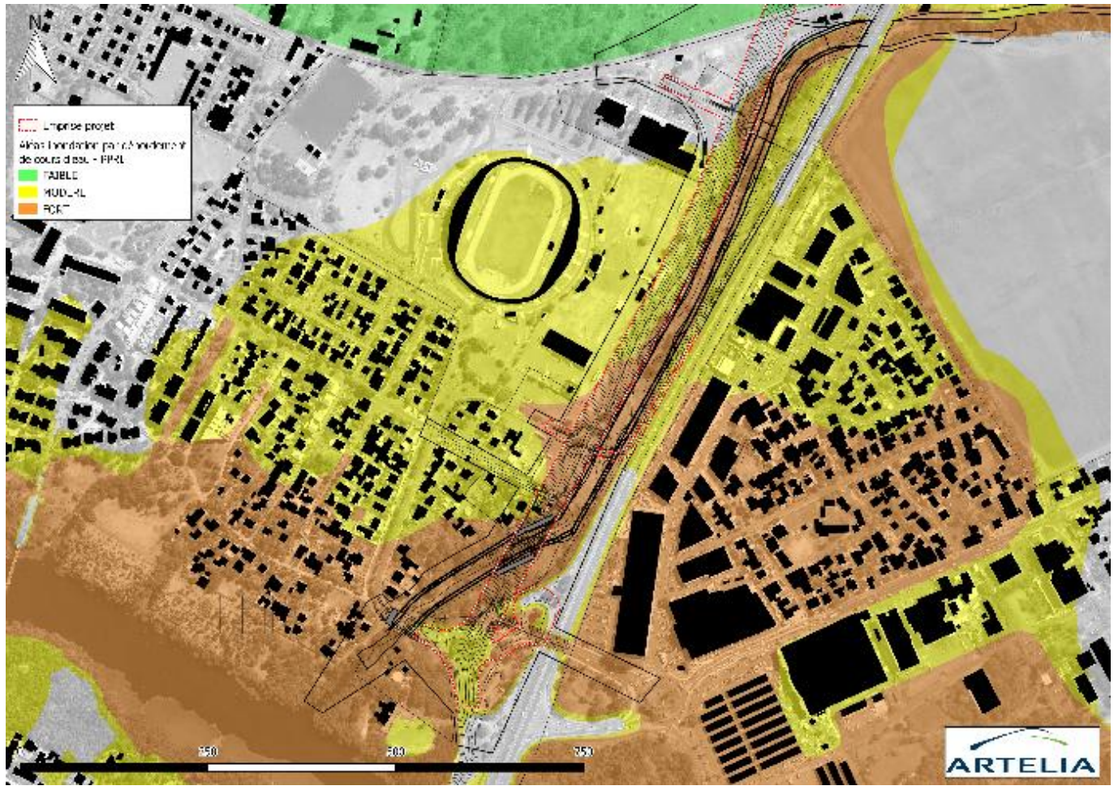
1.5.2.7.4 Synthèse

Les cartes suivantes présentent les aléas inondations par débordement de cours d'eau modélisés en reprenant le tableau de définition retenu par la DEAL de La Réunion pour croiser les hauteurs d'eau maximales et les vitesses maximales.

		vitesses (m/s)		
		v < 0,5	0,5 < v < 1	1 < v
hauteur (m)	0,2 < h < 0,5	faible	moyen	fort
	0,5 < h < 1	moyen	moyen	fort
	1 < h	fort	fort	fort

Ces cartographies présentent les configurations actuelles et aménagées du territoire.

Les aléas définis dans le cadre du PPRI de la commune de Saint-Paul est rappelé ci-dessous.

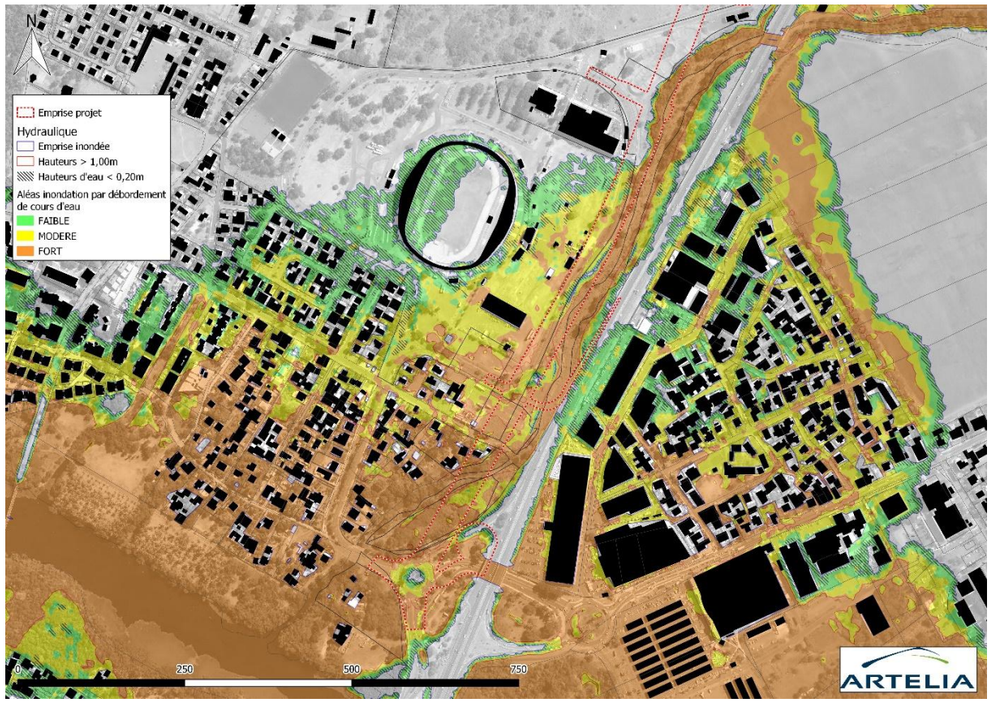


Aléas du PPRI de la commune de Saint-Paul

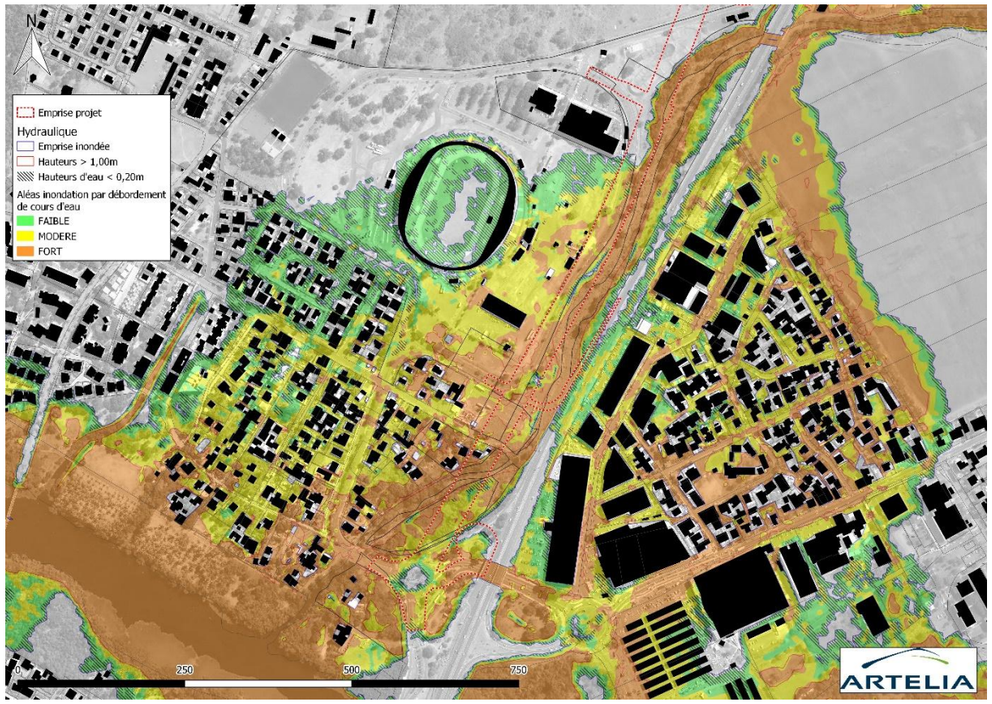
L'analyse de ces cartographies montre que les aménagements du projet se traduisent, soit par des aléas identiques à ceux observés pour la situation actuelle, soit par des aléas réduits, à l'exception de la zone du rond-point actuel (rehaussé) qui devient une zone plus basse dans le projet.

Les secteurs où est identifiée, soit une augmentation de la hauteur d'eau, soit une augmentation des vitesses des écoulements, ne met pas à défaut les dispositions du PPR (maintien dans la même gamme d'intensité d'aléa). **Cette analyse permet de conclure à une absence d'aggravation des risques généré par le projet d'Axe Mixte au sens du PPR.**

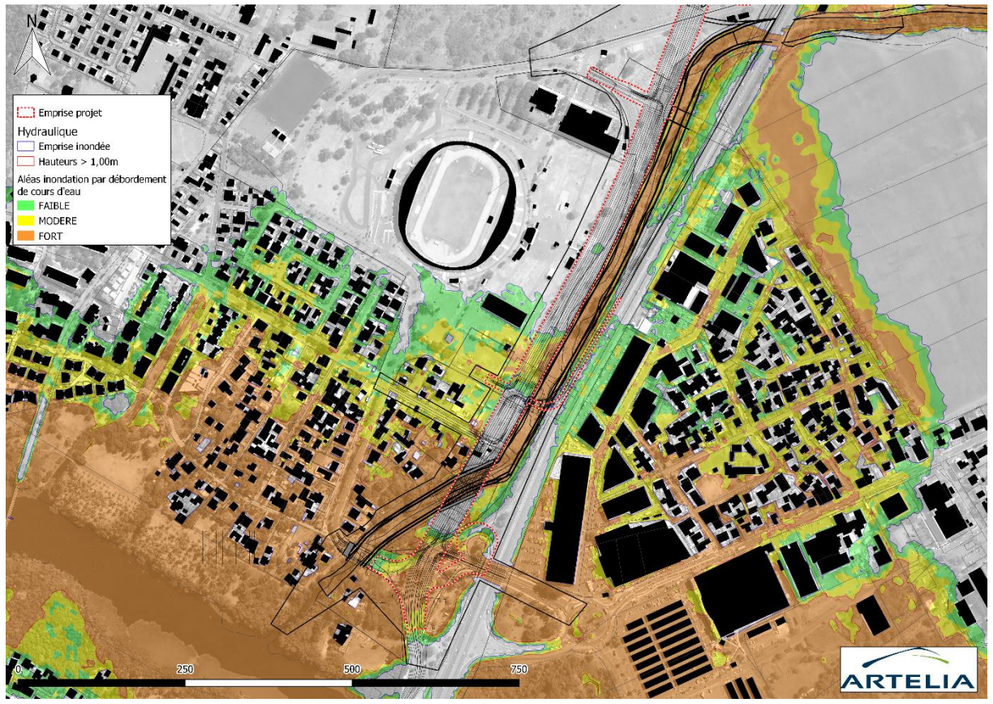
⇨ **Le projet respecte donc bien le principe de non-aggravation du risque pour les tiers, demandé par la Loi sur l'Eau.**



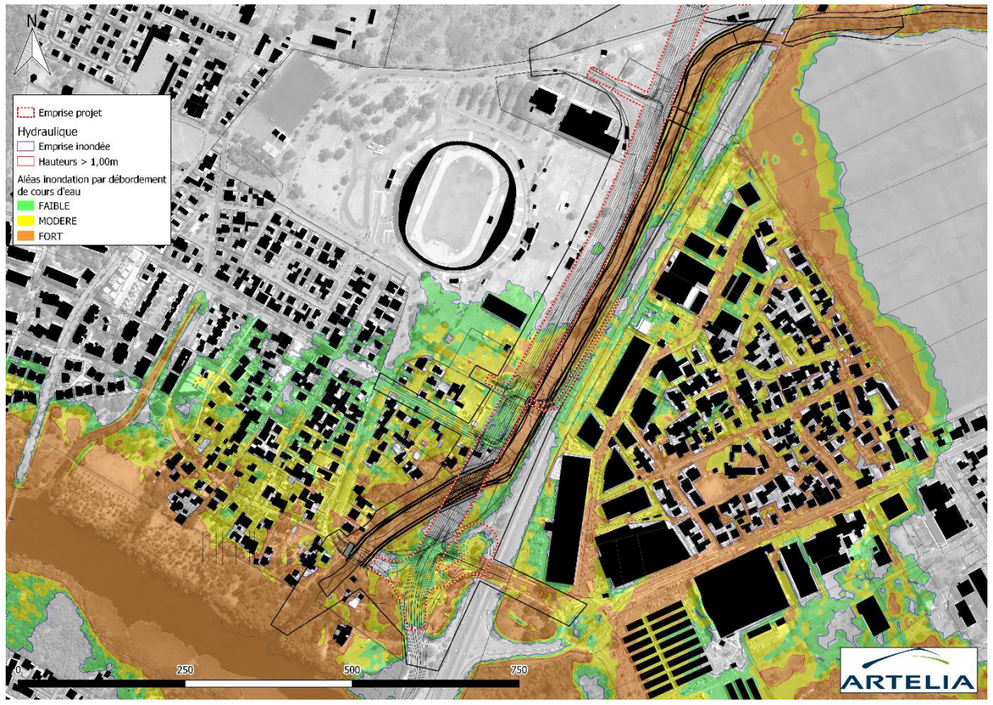
Aléas – Configuration de référence – Q100 Etang



Aléas – Configuration de référence – Q100 La Plaine



Aléas – Configuration AVP v2 – Q100 Etang



Aléas – Configuration AVP v2 – Q100 La Plaine

1.5.3 Description des aménagements

Comme évoqué précédemment, le recalibrage du lit de la Ravine La Plaine débute en aval immédiat du pont de la RN 1 (20 m précisément pour s'affranchir d'une ligne HTB souterraine longeant cette voie) pour s'achever au droit du radier actuel (qui sera remplacé par une passerelle pour piétons/cycles). Le linéaire total atteint 1020 m.

Le lit de la ravine sera ainsi remodelé pour lui permettre d'évacuer une crue de période de retour 10 ans et son axe sera légèrement redressé pour cheminer entre les voies de circulation (RN 1 et futur axe mixte). Les principales caractéristiques du lit seront globalement les suivantes :

- Largeur en fond : 22 m ;
- Hauteur de berge : 2,20 m ;
- Pente de berge : 2H/1V ;
- Largeur en tête : 31 m.

Les berges feront l'objet d'une végétalisation afin de marquer la ravine dans le paysage et d'assurer - à terme - la stabilité des berges contre les risques d'érosion.

Seules les berges situées au droit et aux abords immédiats des 3 futurs ouvrages de franchissement de la ravine (sortie bretelle reliant la RN 1 à l'axe mixte et au quartier Jacquot, axe mixte et passerelle) seront revêtus d'enrochements libres pour contenir les éventuels affouillements et érosions (D50/P50 = 80 cm / 700 kg – 2 couches reposant sur un géotextile). Des enrochements seront également mis en place autour des piles implantées dans le lit mineur.

Le raccordement sur le lit existant (aval radier actuel) s'effectuera à l'aide d'un dispositif de transition constitué de murs dans le prolongement des murs existants (RD et RG sur un linéaire de 15-20 m) sur lesquels s'appuieront les talus de la ravine recalibrée. Ces derniers seront protégés de l'érosion à l'aide d'un parement en enrochements libres.

Une vue en plan de ces aménagements, un profil en long et des coupes transversales ont été établies et sont présentées dans les pièces graphiques.

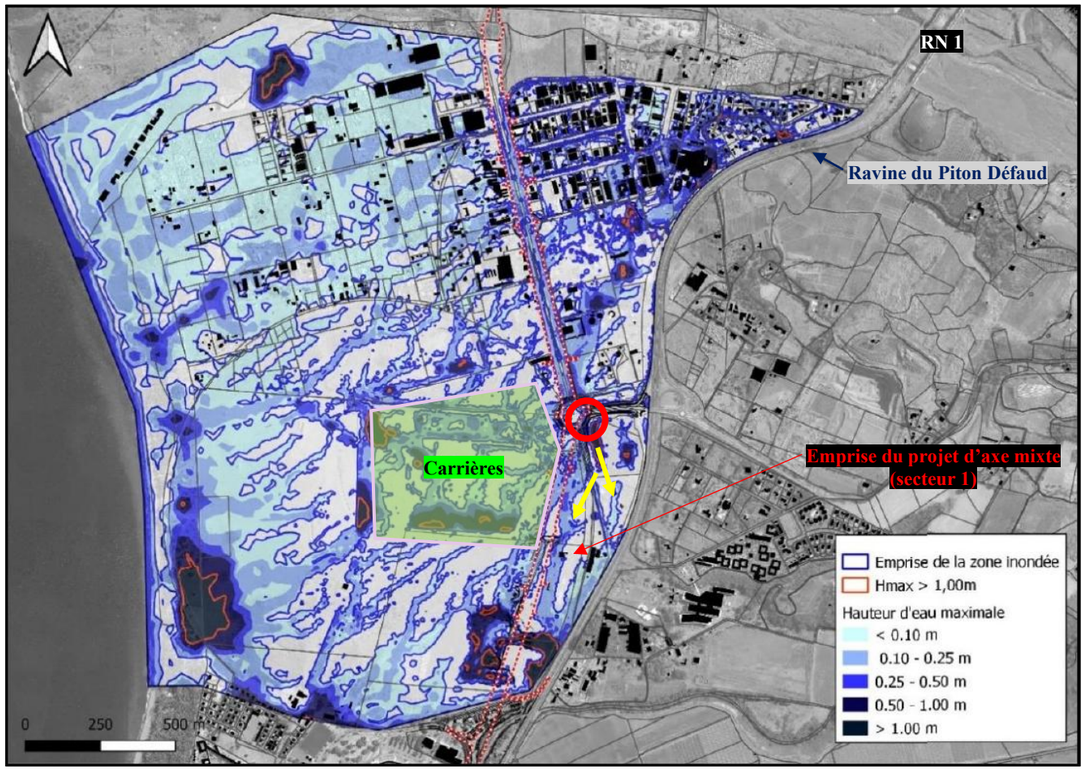
2 DIAGNOSTIC DE LA ZONE DE PROJET

2.1 ETAT INITIAL

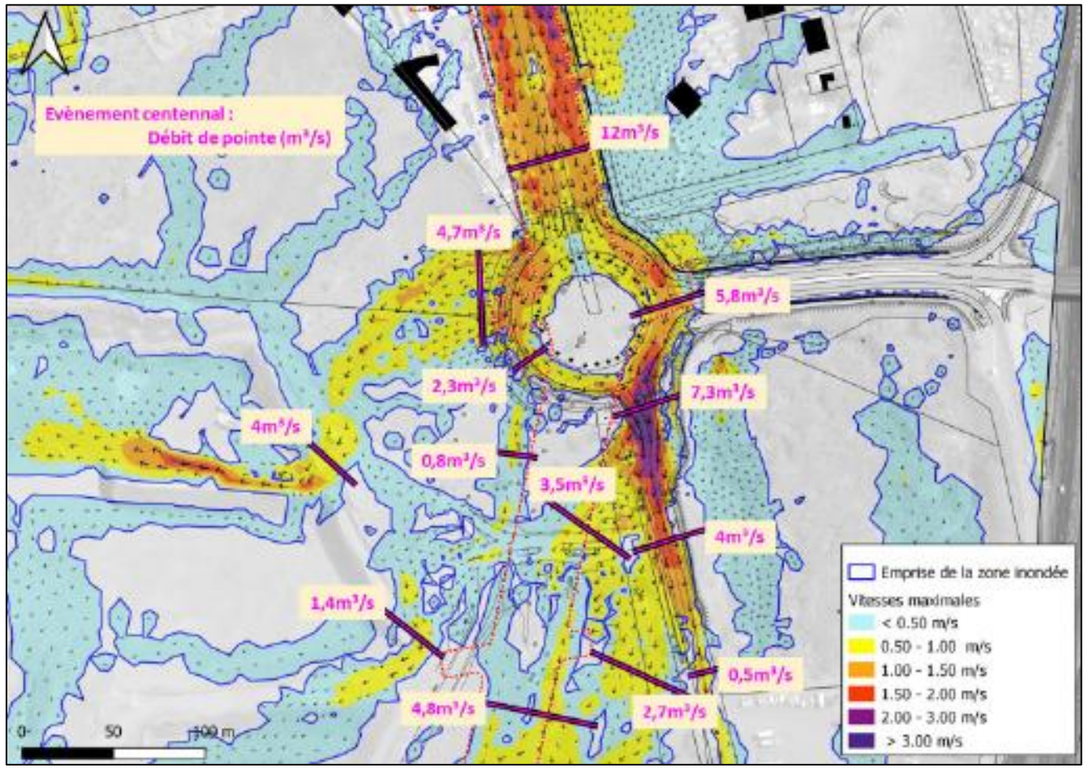
Pour mémoire, le projet d'axe mixte est scindé en deux secteurs :

- Le secteur n°1 qui s'étend globalement du giratoire de Cambaie, implanté sur l'axe mixte existant, à l'ouvrage de franchissement de la Ravine La Plaine par la RN 1 ;
- Le secteur n°2 qui poursuit le tracé du secteur n°1 vers le *sud* jusqu'à son raccordement sur la chaussée royale existante (*nord* de l'étang Saint-Paul).

Le **secteur n°1** s'inscrit dans la Plaine de Cambaie qui constitue l'ancien cône de déjection de la Rivière des Galets. Aucune ravine n'est recensée sur cette zone et les écoulements qui peuvent y être observés sont soit issus d'un ruissellement pluvial de surface, soit issus des débordements de la Ravine du Piton Défaud (cf. chapitre 1.4). Comme décrit dans ce chapitre, les écoulements de cette ravine et des bassins versants de la ZAC de Cambaie ont fait l'objet d'une modélisation spécifique (2D) qui a permis de décrire précisément son fonctionnement et son incidence sur le projet. Pour rappel, la figure suivante synthétise les écoulements et les hauteurs d'eau maximales pour un événement centennal.

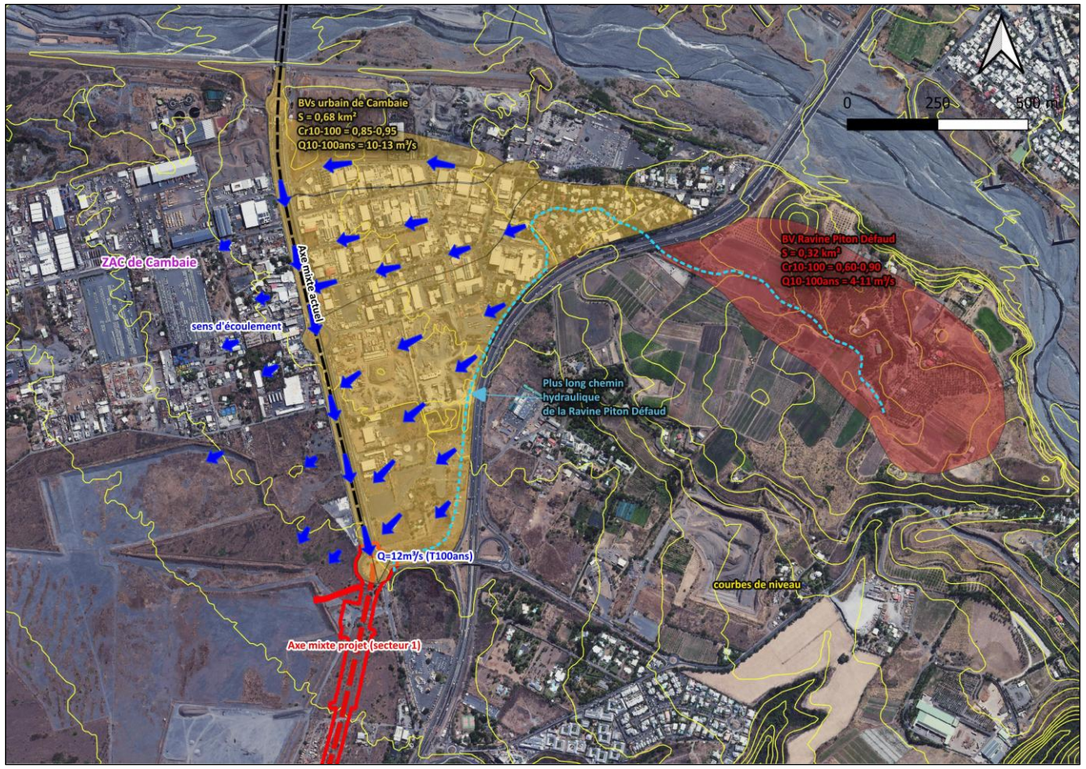


Cette modélisation a mis en évidence qu'une forte proportion des écoulements issus de ces bassins versants était interceptée par l'axe mixte actuel qui fait office de drain. Le surplus franchit cette voie et s'étale dans la plaine en rejoignant de manière diffuse l'océan. Sur l'axe mixte actuel, les eaux sont en partie captées par l'ouvrage pluvial de type cadre qui chemine sous la voie (et se jette dans la Ravine La Plaine) et s'écoulent également directement sur la chaussée en direction du *sud* et du futur secteur 1 du projet de prolongement de l'axe mixte (vers le giratoire de Cambaie – Cf. cercle rouge sur la figure précédente). Le débit drainé par l'axe mixte actuel est évalué à 12 m³/s par la modélisation – Cf. extrait du chapitre 1.4 sur la figure ci-après).



Au-delà de ce giratoire, les écoulements se séparent globalement en deux flux : un premier s'orientant vers l'*ouest* (zone des carrières matérialisée par un polygone vert sur la figure précédente) et un second le long de la voie d'accès au commerce Hyperjardin qui se sépare également en 2 sur les 150 m après le giratoire (cf. flèches jaunes). C'est à partir de ce second flux que le projet d'axe mixte peut être affecté par des écoulements issus de la Ravine du Piton Défaud.

Pour ces écoulements, il existe donc plusieurs exutoires que sont la Ravine La Plaine, l'étang Saint-Paul et l'Océan Indien. La figure fournie page suivante synthétise ce fonctionnement.



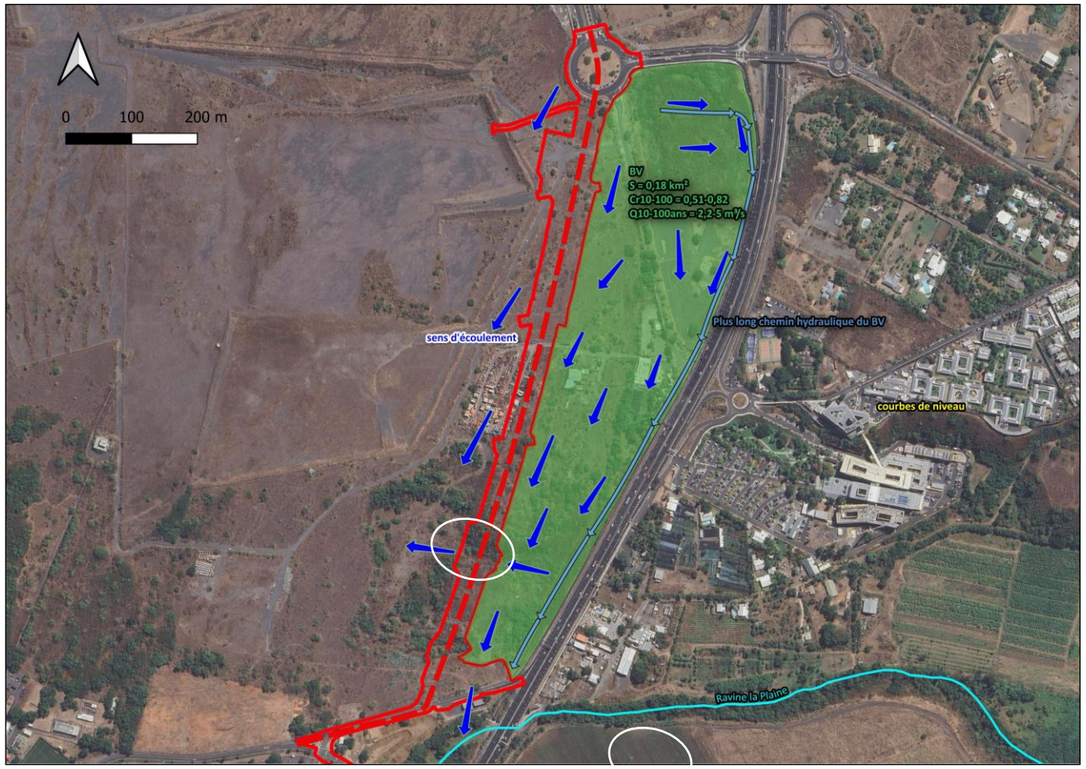
Un second bassin versant intéresse le secteur 1 de l'axe mixte et se situe en amont de ce dernier. Il est délimité au *nord* par la bretelle d'accès Cambaie / RN 1 (en remblai) et à l'*est* par le remblai de la RN 1.

Ce bassin versant est actuellement très peu urbanisé : une seule voie assure la desserte du commerce Hyperjardin et supporte la voie vélo régionale (VVR). Il s'inscrit dans l'emprise de la future ZAC Phaonce.

Aucune ravine ou thalweg ne draine ce bassin versant, les écoulements s'effectuant de façon diffuse et s'orientant naturellement au *sud-ouest* en direction du quartier Jacquot et de la Ravine La Plaine (de façon quasi-parallèle au tracé du futur axe mixte - Cf. courbes de niveaux de la figure suivante).

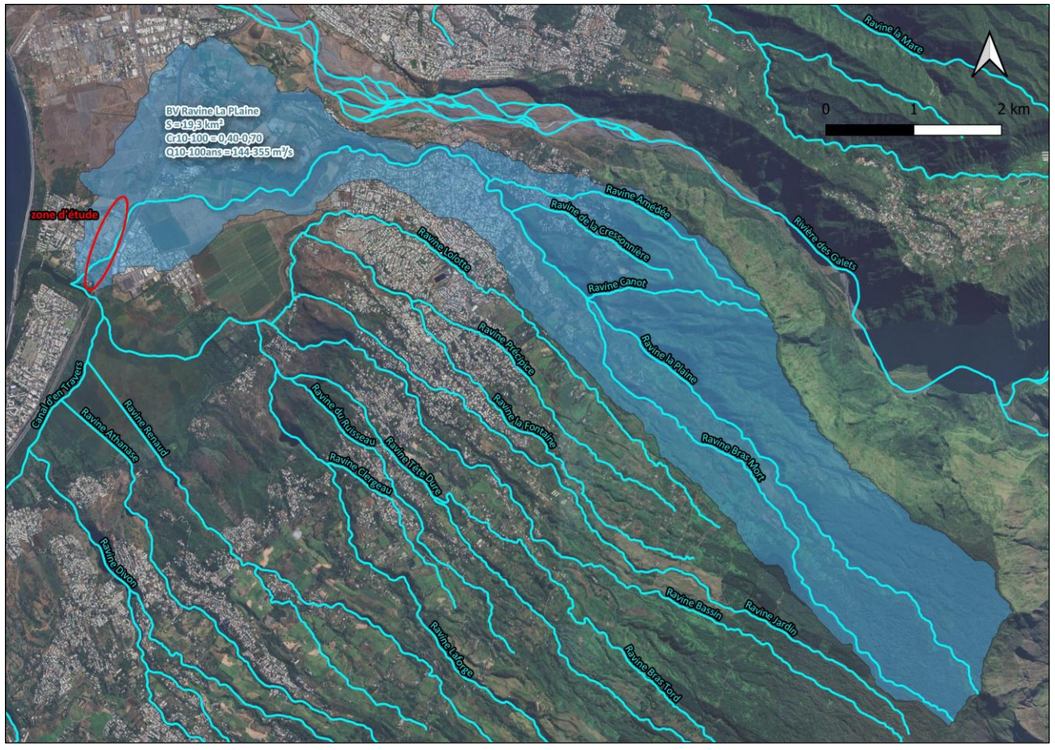
Aujourd'hui, naturellement, l'essentiel des eaux de ce bassin versant est intercepté par une zone topographiquement basse (cf. ellipse blanche sur la figure suivante) qui renvoie les flux vers l'*ouest* et les dépressions topographiques situées en aval. Les eaux ruisselant au *sud* de cette zone rejoignent la Ravine La Plaine.

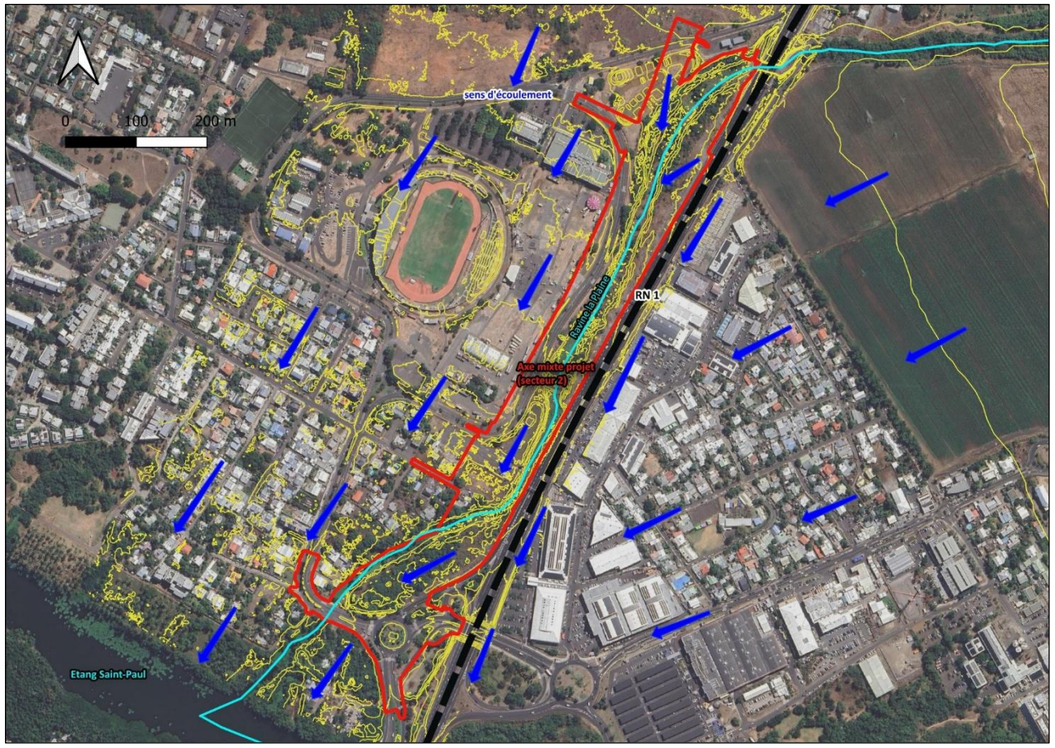
Deux exutoires sont donc identifiés ici : la Ravine La Plaine et l'Etang Saint-Paul.



Le **secteur n°2** du projet d'axe mixte est concerné par le bassin versant de la Ravine La Plaine dont il longe le lit mineur sur le kilomètre précédant son embouchure dans l'étang Saint-Paul (cf. plan du BV sur la figure page suivante). Pour rappel, la ravine franchit la RN 1 (en remblai insubmersible) à l'aide d'un ouvrage d'une capacité limitante. Pour un événement de crue centennale, d'importants débordements ont donc lieu en amont de cet ouvrage et longe la RN 1 en traversant la zone d'activités de Savanna pour finalement rejoindre au sud l'étang de Saint-Paul. Le débit qui franchit la RN 1 n'est toutefois pas totalement contenu dans le lit mineur de la Ravine La Plaine si bien que des débordements ont lieu en rive droite (la rive gauche de la ravine étant occupée par le remblai de la RN 1) en direction du quartier Jacquot et rejoignent naturellement l'étang de Saint-Paul qui constitue l'exutoire de ces eaux.

La figure présentée également page suivante synthétise le fonctionnement actuel.





2.2 ETAT PROJET

A l'état projet, la voirie mise en place suivra globalement le terrain naturel et ne formera donc pas d'obstacles aux écoulements. Comme par ailleurs, son tracé est quasi perpendiculaire aux courbes de niveau, les écoulements longeront la voirie. Par sécurité, un fossé naturel longitudinal au futur axe mixte sera néanmoins mis en œuvre (côté *est*) pour intercepter les eaux pouvant tout de même franchir la voirie et qui seront dès lors transférées vers la dépression existante située au *sud* du secteur. A terme, ce fossé limitrophe à l'axe mixte sera repris dans le cadre des aménagements futurs de la ZAC Phaonce.

Seul le tronçon de voirie franchissant cette dépression sera en remblai mais sera muni de deux canalisations DN800 pour assurer la transparence hydraulique du projet. Sa capacité est évaluée à 1,70 m³/s (avec une pente longitudinale de 0,50 %) ce qui permet de faire transiter le débit de période de retour 5 ans de ce bassin versant (sans mise en charge). Pour un débit de période de retour 30 ans (3,30 m³/s), les canalisations sont mises en charge sur une hauteur de 1,20 m. A titre d'information, le remblai de la future voirie à ce niveau atteint un peu plus de 7,50 m (fond des dépressions à une altitude moyenne de 5,80 m NGR), ce qui laisse une revanche significative par rapport à l'altimétrie de la voirie (prévue entre 13,20 et 14,50 m NGR sur ce tronçon).

Pour assurer une bonne transition des écoulements de part et d'autre de ces canalisations, des ouvrages d'entonnement seront mis en place tandis qu'un dispositif anti-érosion sera disposé en sortie d'ouvrages.

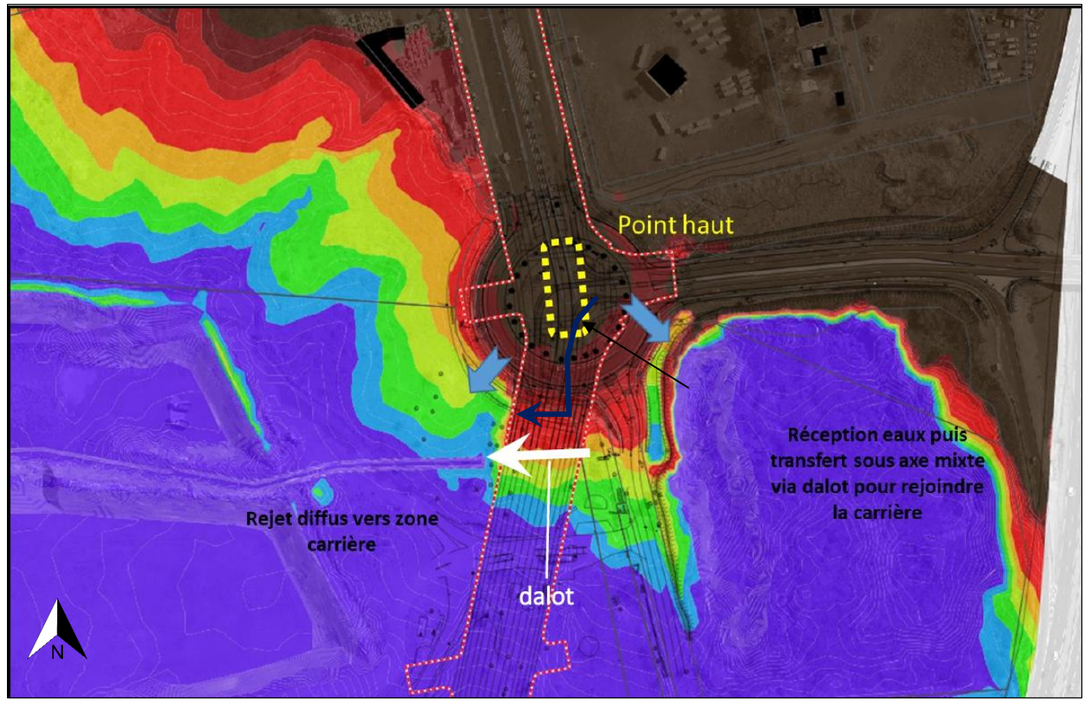
A terme, le projet de ZAC Phaonce aura la charge de gérer les eaux de ce bassin versant et de les rejeter vers un exutoire compatible. A noter que des concertations entre les porteurs des projets d'axe mixte et de ZAC Phaonce (Région et TO) ont d'ores et déjà eu lieu et se poursuivent pour coordonner la réalisation des projets respectifs.

Au final, les écoulements et les exutoires actuels ne seront par conséquent pas modifiés pour l'état projet.

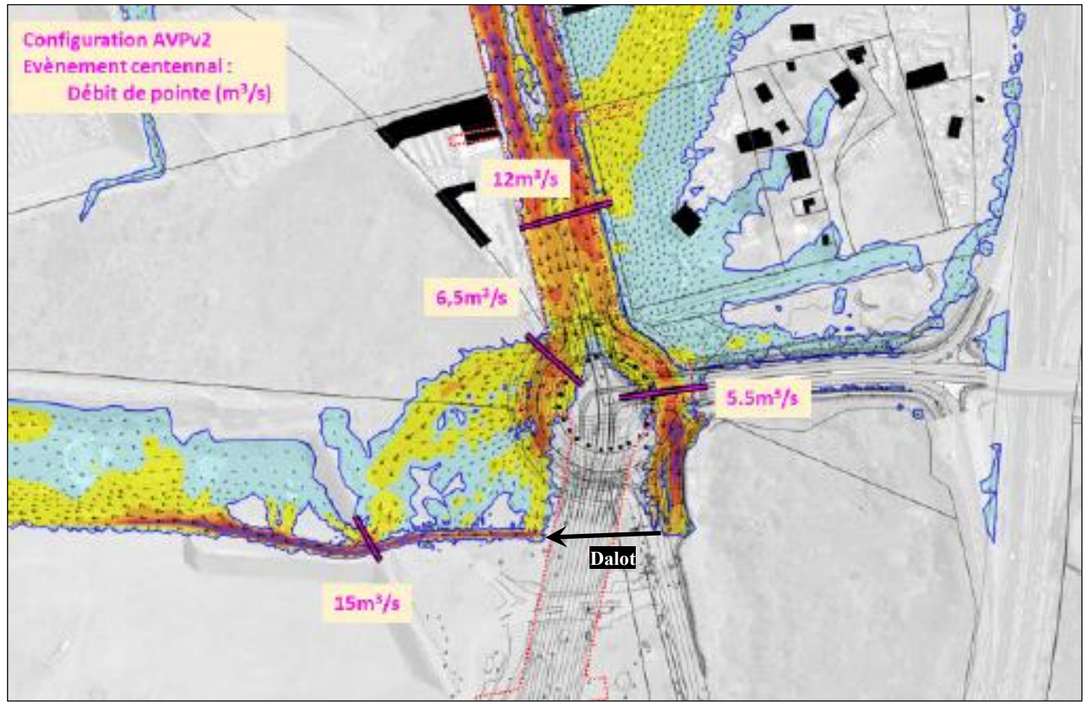
Vis-à-vis des apports d'eau actuels issus des écoulements de la Ravine du Piton Défaud et des bassins versants urbains de Cambaie, il est rappelé que le giratoire de Cambaie (situé à l'extrémité *nord* du secteur 1) fera l'objet d'un aménagement pour éviter l'inondation de la nouvelle voie. Cet aménagement inclut :

- Un rehaussement du centre du giratoire pour orienter les eaux vers l'extérieur de ce dernier ;
- La mise en place de bordures de trottoirs abaissées afin de favoriser l'évacuation des eaux de part et d'autre de l'axe mixte (côté *ouest* et *sud-est* - Cf. flèches bleues sur la figure suivante) ;
- Création d'un canal en U côté *sud-est* du giratoire pour intercepter les eaux avant de les transférer côté mer via un dalot sous l'axe mixte (2,00 x 1,00 m à 1 % de pente).

La figure page suivante illustre le fonctionnement envisagé.

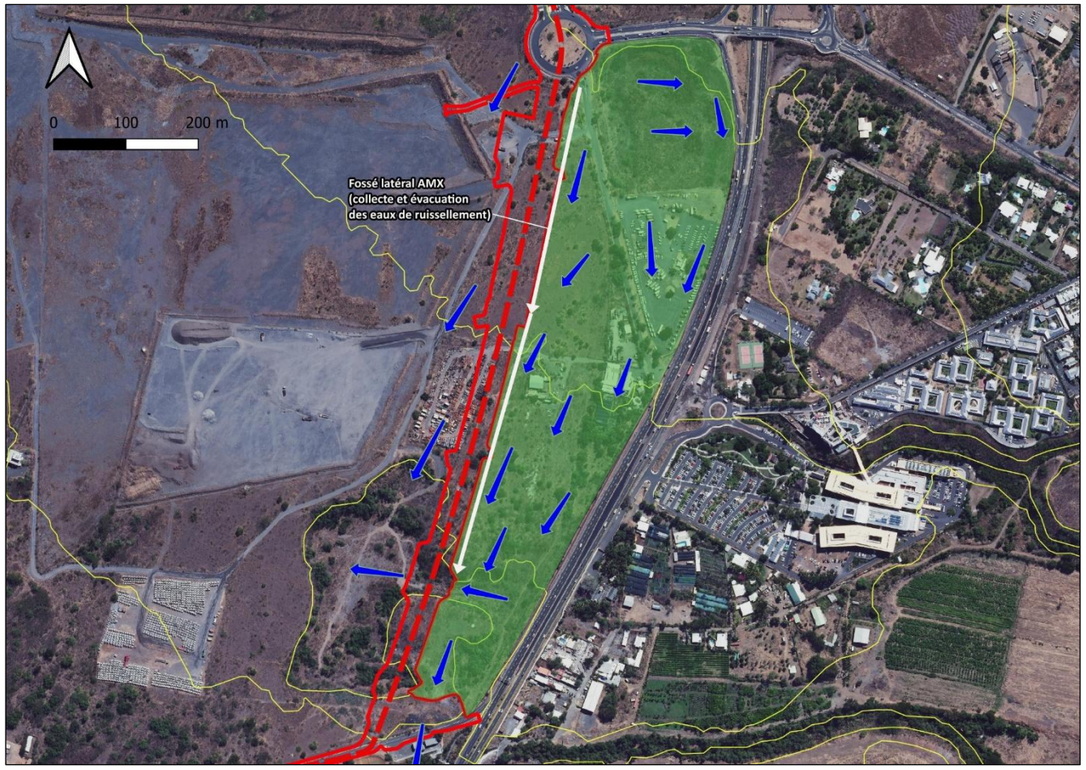


Cette configuration a été intégrée à la modélisation mathématique et les résultats sont retranscrits sur la figure suivante.



Cet aménagement interceptera ainsi les eaux pour les transférer vers la plaine de Cambaie au travers d'un fossé. Pour mémoire, ces eaux rejoignent d'ores et déjà aujourd'hui la plaine de Cambaie mais sensiblement plus au *sud*. En sortie de dalot, un ouvrage d'entonnement ainsi qu'un dispositif anti-érosif seront mis en place.

Au final, cet aménagement permet de résoudre la problématique des apports d'eaux issus de la Ravine du Piton Défaud et des bassins versants urbains de la ZAC de Cambaie.



3 LES RESEAUX D'EAUX PLUVIALES

3.1 RESEAUX EXISTANTS

Actuellement, seul le tronçon d'axe mixte existant, c'est-à-dire le secteur de Cambaie, bénéficie d'un réseau de collecte des eaux pluviales. Ce réseau est constitué d'un dalot en béton de forme carrée (1,5 x 1,5 m) dont les caractéristiques (pente longitudinale et calage altimétrique) ne sont pas connues. Cet ouvrage suit l'axe de la voirie suivant une orientation *nord-sud* et, à hauteur du giratoire existant (sortie bretelle Cambaie), poursuit son cheminement en direction du *sud* le long de la voie d'accès à la pépinière. Arrivé à sa hauteur, l'ouvrage s'oriente alors vers le *sud-ouest* en longeant la RN 1 avant de poursuivre son parcours sous la forme d'un fossé se rejetant 50 m plus en aval dans la Ravine La Plaine (au-delà de son franchissement par cette même RN 1).

Le plan des réseaux existants est joint en annexe du présent rapport.

3.2 RESEAUX PROJETES

3.2.1 Gestion des eaux pluviales

CONTEXTE REGLEMENTAIRE

Sur la commune de Saint-Paul, un Schéma Directeur des Eaux Pluviales, dont l'objectif est de répondre aux dysfonctionnements des ouvrages de collecte des eaux pluviales par une proposition de prescriptions et de travaux, a été finalisé en 2013. Un zonage a notamment été établi et classe la zone d'étude en zone à contrainte forte pour laquelle les mesures suivantes s'imposent à tout nouveau projet d'aménagement :

- **Débit de rejet inférieur ou égal à 80 % du débit initial ;**
- Rédaction d'une note hydraulique ou d'un dossier « Loi sur l'Eau » (déclaration ou autorisation) suivant la superficie du projet ;
- Dimensionnement des réseaux et des ouvrages de rétention conforme à la norme NF EN 752-2 ;
- Mise en œuvre de techniques alternatives de gestion des eaux pluviales et infiltration conseillée (moyennant étude de sol).

Dans le cas de l'axe mixte, **la collecte des eaux pluviales est envisagée à l'aide de 4 noues paysagères** (larges fossés végétalisés) qui longent le projet. Ces noues, tout comme les ouvrages de rétention qui s'avéreront nécessaires, seront **dimensionnés pour une période de retour 30 ans** suivant la norme citée précédemment (au regard de l'urbanisation actuelle et future des quartiers bordant l'axe mixte).

DONNEES DE SITE

Des essais de perméabilité ont été réalisés dans le cadre des investigations géotechniques (GINGER CEBTP – Septembre 2021), permettant de caractériser la capacité d'infiltration des sols. Celle-ci diffère d'un point à l'autre et il peut être retenu les valeurs suivantes selon la zone concernée :

- Nord du secteur 1 : 3,3 et 3,5.10^{-4} m/s – bonne perméabilité – infiltration possible ;
- Sud du secteur 1 et secteur 2 : 1,65 et 3,4.10^{-5} m/s – perméabilité moyenne – infiltration plus difficile.

GENERALITES

Tel qu'envisagées sur les profils en travers type du projet, **les noues bénéficieront d'une largeur en tête de 3 m. L'objectif étant de mettre en œuvre des ouvrages à faible profondeur (0,50 m environ),** les noues présenteront un profil équivalent à celui illustré sur la figure présentée page suivante.

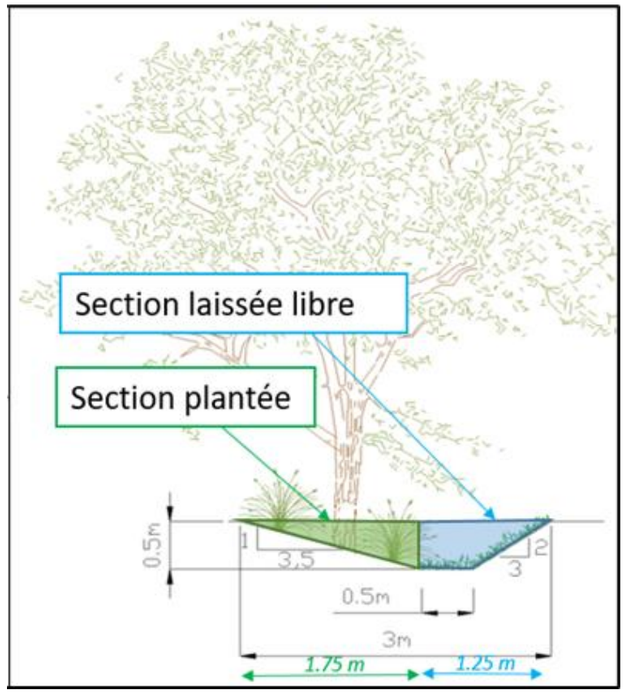


Figure 129 : Coupe-type de la noue recueillant les eaux de ruissellement pluvial

*<u>Remarque</u> : des carrefours étant prévus le long du projet, les noues seront interrompues et par conséquent **prolongées par des ouvrages enterrés (buses ou cadres)**. Des ouvrages d'entonnement, destinés à faciliter la transition entre noue et ouvrage, seront mis en place ;*

Les carrefours de grandes dimensions seront équipés de regards avaloirs afin de recueillir les eaux pluviales qui seront transférées vers les noues.

Pour ralentir les écoulements (par rapport à l'état actuel) et favoriser au maximum l'infiltration (en particulier sur les secteurs où celle-ci est envisageable), la mise en œuvre régulière de cloisons est prévue dans les noues.

Il s'agira a priori d'ouvrages réalisés en maçonnerie de moellons. Une surverse en crête (calée altimétriquement plus bas que la hauteur de la noue) permettra d'évacuer l'eau retenue sur l'aval (au-delà du débit d'infiltration).

Le nombre de cloisons mis en place dépend de la pente longitudinale de la noue, qui sera similaire à celle de l'axe routier qu'elle longe. A titre d'explication, un schéma de principe est proposé ci-après.

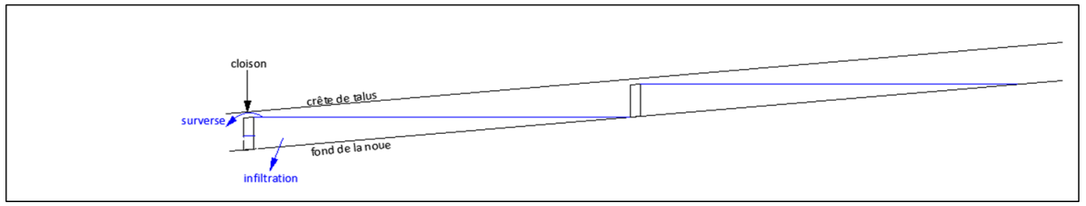


Figure 130 : Profil en long type de la noue

Sur les deux secteurs d'étude, 4 noues sont prévues en parallèle des zones de circulation. Deux configurations d'aménagement de la chaussée sont toutefois à considérer :

- **Configuration n°1, sur le secteur 1 et une partie du secteur 2** (sur 475 m depuis son raccordement sur le secteur 1) : Réalisation d'une 2 x 1 voie pour les véhicules (hors TCSP).

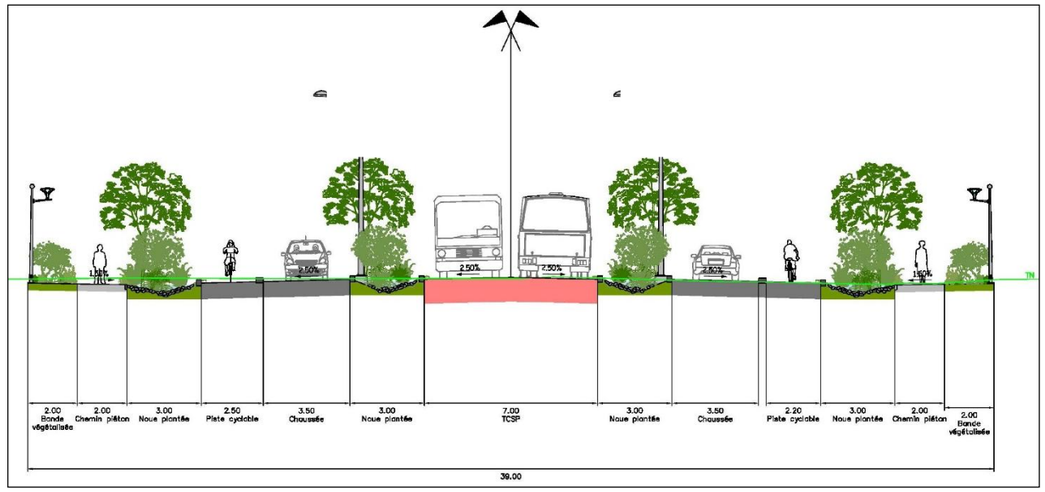


Figure 131 : Profil en travers de l'axe mixte (configuration n°1)

- **Configuration n°2, sur une majeure partie du secteur 2** : Réalisation d'une 2 x 2 voies pour les véhicules (hors TCSP).

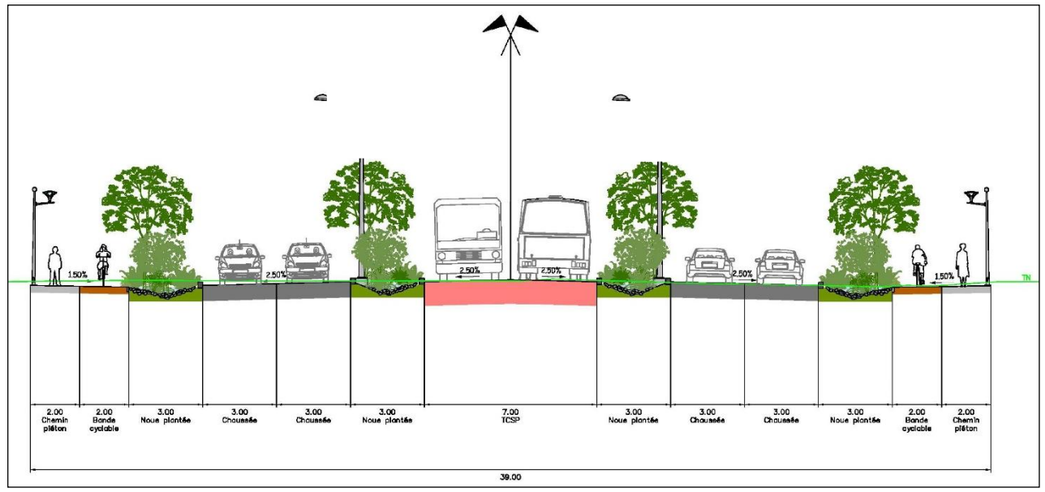


Figure 132 : Profil en travers de l'axe mixte (configuration n°2)

SECTEUR 1

Sur ce secteur, le projet présente une pente longitudinale descendante constante du *nord* vers le *sud* qui varie entre 1,0 et 4,5 % en moyenne. Il a été décomposé en deux bassins versants (cf. implantation sur la figure ci-après) qui tiennent compte de la capacité d'infiltration du sol (bonne sur le BV n°1 et moyenne sur le BV n°2, et donc négligée par la suite sur ce dernier) :

- Un premier bassin versant couvrant un linéaire de 540 m entre le giratoire existant et le 3ème carrefour (en partant du giratoire de Cambaie) ;
- Un second bassin versant d'un linéaire de 380 m partant du carrefour évoqué au point précédent et la bretelle de sortie de la RN 1.

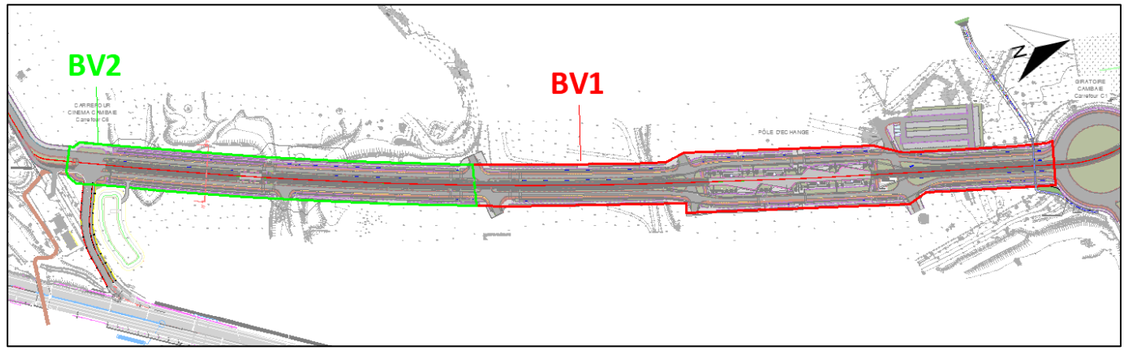


Figure 133 : Bassins versants routiers du secteur n°1

Les débits caractéristiques de ces deux bassins versants (état actuel et état projet) sont synthétisés dans le tableau suivant et ont été déterminés suivant la méthodologie décrite au Guide sur les modalités de gestion des eaux pluviales à La Réunion (DEAL – 2012).

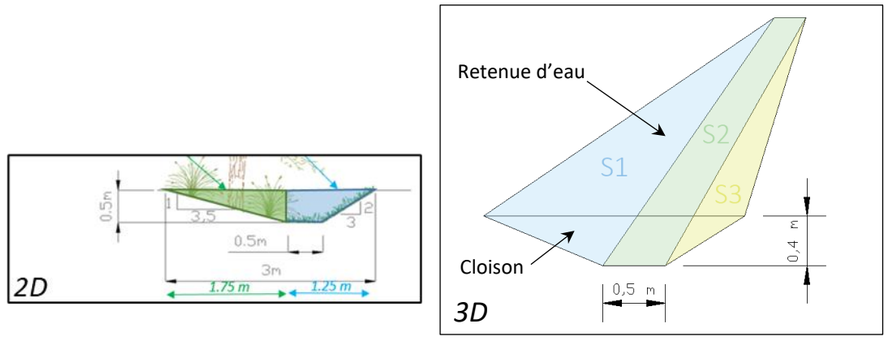
Tableau 3 : Débits caractéristiques sur le secteur n°1

	Q_{2ans} initial (m³/s)	Q_{2ans} futur (m³/s)	Q_{30ans} initial (m³/s)	Q_{30ans} futur (m³/s)
BV1	0,095	0,270	0,365	0,545
BV2	0,085	0,235	0,320	0,475

Sur le bassin versant n°1, correspondant au tronçon de voirie Nord, la pente longitudinale des noues est comprise entre 1,5 et 4,5 % ce qui revient à mettre en place 3,5 à 11 cloisons par 100 ml de noue (suivant la pente considérée). En effet, plus la pente longitudinale de la noue est forte, plus il est nécessaire de mettre en place des cloisons pour que celle-ci joue pleinement son rôle de ralentisseur des écoulements et d'infiltration en maximisant la surface d'échange. Il peut être à ce titre rappelé que ce secteur bénéficie d'une bonne capacité d'infiltration qui permet la gestion des eaux pluviales jusqu'à une pluie de période de retour de 5 ans.

La surface d'échange avec le sous-sol en amont de chacune de ces cloisons (formation d'une petite retenue d'eau – cf. schéma explicatif page suivante) atteint 1 850 m² ce qui, considérant la perméabilité du sol (cf. valeurs citées précédemment) et un colmatage possible de 50 %[3], assure un débit d'infiltration de 310 l/s globalement équivalent au débit projet d'occurrence 5 ans.

[3] Référence guide ASTEE, Association Scientifique et Technique pour l'Eau et l'Assainissement



Pour un épisode pluvieux de période de retour 30 ans, le surplus de débit (235 l/s) serait transféré vers le bassin de rétention situé à l'aval du BV2. Ce débit serait ainsi transféré dans les noues latérales du BV2 dont la capacité permet de contenir cet apport complémentaire[4].Précisons que ce débit résiduel représente 60 % du débit initial Q_{30ans} ce qui est inférieur aux prescriptions du SDEP pour le BV1.

Sur le bassin versant n°2, côté Sud, la capacité d'infiltration étant moins bonne que sur le BV1, elle est négligée et un bassin de rétention est donc envisagé pour réguler les débits (y compris les débits non infiltrés du BV1). A noter que des cloisons seront tout de même mises en œuvre pour ralentir les écoulements. L'ouvrage de rétention est prévu en aval du BV2 à proximité de la Ravine La Plaine où s'effectue le rejet. Son dimensionnement est conforme aux prescriptions du SDEP de St-Paul et il disposera d'un volume minimal de 270 m³.

Les caractéristiques de l'ouvrage de régulation des débits de ce bassin de rétention sont les suivantes :

- Orifice de fuite (calé en fond de bassin à 7,20 m NGR) → L=0,50m x H=0,20m ;
- Surverse (calée à la cote 7,56 m NGR) → L=4,00m x H=0,34m.

Précisons que ce bassin jouera également une fonction de dépollution des eaux pluviales, la Ravine La Plaine et l'étang Saint-Paul étant des milieux à vulnérabilité forte (cf. chapitre 3.2.2).

SECTEUR 2

Compte-tenu du profil en long du secteur 2 de l'axe mixte, présentant plusieurs points hauts et bas, un découpage en 3 bassins versants a été réalisé (cf. plan de situation sur la figure suivante).

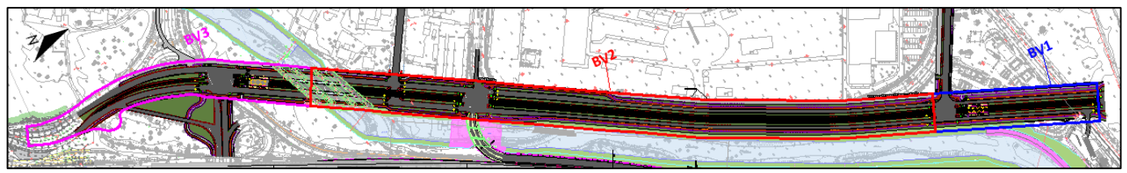


Figure 134 : Bassins versants routiers du secteur n°2

Les débits calculés pour chacun de ces bassins versants (suivant la même méthodologie que précédemment) sont synthétisés dans le tableau suivant :

Tableau 4 : Débits caractéristiques sur le secteur n°2

	Q_{2ans} initial (m³/s)	Q_{2ans} futur (m³/s)	Q_{30ans} initial (m³/s)	Q_{30ans} futur (m³/s)
BV1	0,035	0,097	0,133	0,197
BV2	0,225	0,330	0,555	0,663
BV3	0,075	0,180	0,235	0,346

Comme pour le bassin versant n 2 du secteur 1, la capacité d'infiltration est jugée moyenne si bien que la régulation des débits générés par le projet s'effectuera à l'aide de bassins de rétention. De la même manière, des cloisons seront mises en place pour ralentir les écoulements sur l'ensemble des noues dont la pente excède 1 %.

Les volumes de rétention nécessaires sur chacun des bassins versants ont été définis suivant la méthode des pluies et sont donnés dans le tableau suivant :

Tableau 5 : Volumes de rétention sur le secteur n°2

	Volume de rétention (m³)
BV1	150
BV2	250
BV3	175

Les caractéristiques des ouvrages de régulation des débits de ces 3 bassins de rétention sont les suivantes :

- BV1 :
  - Orifice de fuite (calé en fond de bassin à 5,57 m NGR) → DN125 ;
  - Surverse (calée à la cote 6,37 m NGR) → L=0,65m x H=0,20m
- BV2 :
  - Orifice de fuite (calé en fond de bassin à 2,55 m NGR) → L=0,40m x H=0,20m ;
  - Surverse (calée à la cote 3,35 m NGR) → L=1,65m x H=0,20m
- BV3 :
  - Orifice de fuite (calé en fond de bassin à 1,90 m NGR) → L=0,17m x H=0,15m ;
  - Surverse (calée à la cote 2,75 m NGR) → L=0,75m x H=0,15m

[4] Capacité maximale à plein bord de la noue ≈ 650 l/s – Débit maximal intercepté = 385 l/s (150 + 235)

3.2.2 Traitement des eaux pluviales

3.2.2.1 Traitement de la pollution chronique des eaux pluviales

Les pollutions chroniques liés aux infrastructures routières résultent du lessivage des produits accumulés sur la chaussée, tels que : hydrocarbures, huiles, caoutchouc, métaux lourds, etc., mais également des produits issus de l'usure de la chaussée.

Une grande partie de ces polluants se fixe sur les matières en suspension (MES) véhiculées par les eaux de ruissellement pluvial (évaluée à près de 80 %). Par conséquent, favoriser la décantation des MES, en ralentissant les écoulements participe grandement à diminuer la concentration en polluants des eaux pluviales.

Pour quantifier les charges polluantes générées par une infrastructure routière, la méthodologie décrite dans le guide technique du Service Technique des Routes et Autoroutes (SETRA) intitulé, *« Pollution routière – Conception des ouvrages de traitement des eaux »* (2007), est employée et permet d'estimer les charges polluantes annuelles en fonction du trafic moyen journalier (MES, DCO, zinc, cuivre, cadmium et hydrocarbures). Les valeurs sont définies dans le tableau suivant :

	MES (kg)	DCO (kg)	Zn (kg)	CU (kg)	Cd (g)	Hc totaux (g)	HAP* (g)
Charges unitaires annuelles (Cu) à l'hectare imperméabilisé pour un trafic ≤ 1000 véhicules/jour	40	40	0,4	0,02	2	600	0,08

** : hydrocarbure aromatique polycyclique*

La charge annuelle est donnée par l'expression suivante :

$Ca = Cu \times (T/1000) \times S$

Avec :

- Ca = charge annuelle en kg (ou en g pour Cd et Hc totaux) ;
- Cu = charge unitaire annuelle en kg/ha pour 1 000 v/j ;
- T = trafic global en v/j ;
- S = surface imperméabilisée en ha.

Considérant un trafic global de 10 000 véhicules par jour sur une surface circulable totale de 3,3 ha, les charges polluantes annuelles sont donc les suivantes :

	MES (kg)	DCO (kg)	Zn (kg)	CU (kg)	Cd (g)	Hc totaux (g)	HAP (g)
Charges annuelles (Ca)	1 320	1 320	13	0,66	66	19 800	2,64

CONCENTRATION MOYENNE SUR L'ANNEE DES REJETS D'EAUX PLUVIALES

La concentration moyenne sur l'année est calculée de la manière suivante :

$Cm = Ca \times (1-t) / (9 \times S \times H)$

Avec :

- Cm = concentration moyenne annuelle en mg/l ;
- Ca = charge annuelle en kg ;
- t = taux d'abattement des ouvrages de traitement (0 pour l'état initial) ;
- S = surface imperméabilisée en ha ;
- H = hauteur de pluie moyenne annuelle en m.

La pluviométrie moyenne annuelle sur la zone d'étude est évaluée à 580 mm.

CONCENTRATION MAXIMALE DES REJETS D'EAUX PLUVIALES

Pour les surfaces concernées par une pollution d'origine routière, les mesures issues des sites expérimentaux ont montré que l'événement de pointe est proportionnel à la charge polluante annuelle, et est directement lié à la hauteur de pluie qui génère cet événement de pointe. La relation s'établit de la manière suivante :

Fr = 2,3 x h

Avec

- Fr = fraction maximale de la charge polluante annuelle mobilisable par un événement de pointe ;
- h = hauteur d'eau, en mètres, de l'événement pluvieux de pointe (limité à 0,15 m).

Ainsi, d'après cette formule, un événement de pointe très intense est susceptible d'entraîner en une seule fois un tiers de la pollution annuelle.

La concentration en polluant des eaux rejetées (Ce, en mg/l) est alors calculée selon la formule :

Ce = Fr x Ca x (1-t) / (10 x S x h)

(Ca est exprimé en kg, S en ha et h en m)

Cette formule a été utilisée pour calculer les concentrations rejetées par les surfaces d'évolution des véhicules, mais elle ne s'applique pas aux autres formes de pollution des eaux pluviales.

SYNTHESE DES TAUX DE REJET CALCULES

	MES	DCO	Zn	Cu	Cd	Hc totaux	Hap
Concentrations moyennes annuelles (mg/l)	77	77	0,77	0,038	0,004	1,15	0,00015
Concentrations maximales annuelles (mg/l)	92	92	0,92	0,046	0,005	1,38	0,00018

COMPARAISON PAR RAPPORT AUX OBJECTIFS DE QUALITE EN VIGUEUR

L'arrêté du 25 janvier 2010, relatif aux méthodes et critères d'évaluation de l'état écologique, de l'état chimique et du potentiel écologique des eaux de surface, pris en application des articles R. 212-10, R. 212-11 et R.212-18 du Code de l'Environnement, ne définit pas de seuils spécifiques pour l'ile de La Réunion, en qui concerne les paramètres MES, DCO, Zn, Cu, Cd et hydrocarbures totaux.

En l'absence de seuils définis localement, il est donc proposé de retenir les seuils suivants, usuellement retenus par la DEAL sur des projets routiers équivalents.

PARAMETRES	SEUILS POSSIBLES COURS D'EAU EN MG/L	SEUILS POSSIBLES EAUX BRUTES EN MG/L	
		Moyenne	Maximum
MES	50	25	-
DCO	30	30	-
Zn	-	1	5
Cu	-	1	-
Cd	-	0,001	0,005
Hc totaux	-	0,5	1
HAP	-	-	0,001

A la lecture de ce tableau, on constate que les rejets ne respecteraient pas les seuils vis-à-vis des matières en suspension, de la DCO, du cadmium et des hydrocarbures totaux. Par conséquent, leur traitement avant rejet apparait nécessaire.

DEFINITION DES OUVRAGES DE TRAITEMENT DES EAUX PLUVIALES

Dans le cas présent, le traitement des eaux pluviales issues du ruissellement sur la chaussée s'effectuera pour partie au sein des noues (dont les pentes seront minorées grâce aux cloisons ce qui limitera les vitesses et qui seront en grande partie enherbées) mais aussi et surtout dans les bassins de rétention.

Pour s'assurer d'une qualité de rejet en adéquation avec le milieu récepteur (Ravine La Plaine et Etang de Saint-Paul, milieu à vulnérabilité forte), les bassins de rétention doivent être dimensionnés pour permettre la décantation des eaux drainées en visant l'objectif de 80 % de taux d'abattement des MES.

Pour atteindre cet objectif, la surface du bassin doit respecter la formule suivante (issue du guide SETRA) :

$$S = \left(\frac{(0{,}8 \times Qe) - Qs}{Vs \times ln \frac{0{,}8 \times Qe}{Qs}} \right) \times 3600$$

Avec :

- S = surface du bassin en m² ;
- Qe = débit d'entrée en m³/s ;
- Qs = débit de sortie ;
- Vs = vitesse de sédimentation recherchée en m/h (ici 1,66 m/h au maximum).

Si l'on considère les débits de période de retour 2 ans (entrée et sortie des ouvrages), la superficie des bassins doit donc être a minima de :

- 460 m² pour les bassins versants du secteur 1 ;
- 110 m² pour le bassin versant n°1 du secteur 2 ;
- 475 m² pour le bassin versant n°2 du secteur 2 ;
- 210 m² pour le bassin versant n°3 du secteur 2.

Dans le cas présent, les surfaces moyennes des 4 bassins de rétention sont respectivement de 600, 290, 530 et 290 m² ce qui permet de respecter le taux d'abattement de 80 %.

Conformément au guide du SETRA, les valeurs de rejet seraient ainsi les suivantes :

	MES	DCO	Zn	Cu	Cd	Hc totaux	HAP
Rendement du dispositif de « traitement » (%)	80	70 à 75	75 à 80	75 à 80	75 à 80	60	60
Concentrations moyennes annuelles (mg/l)	15,3	23	0,19	0,01	0,001	0,46	< 0,001
Seuils maximaux	*25 à 50*	*30*	*1*	*1*	*0,001*	*0,5*	-
Concentrations maximales annuelles (mg/l)	18,4	28	0,23	0,012	0,0012	0,55	< 0,001
Seuils maximaux	-	-	*5*	-	*0,005*	*1*	*0,001*

Ce tableau met en évidence que les ouvrages proposés respectent les seuils maximaux pour l'ensemble des paramètres.

Les figures présentées ci-après et pages suivantes illustrent les 4 bassins de rétention/décantation envisagés respectant à la fois le SDEP et la qualité des eaux du milieu récepteur.

Remarque :

Pour assurer leur entretien, tous les bassins seront munis d'une voie de circulation de 3,00 mètres de largeur autour des ouvrages. Ils seront par ailleurs fermés par une clôture pour des raisons de sécurité.

Une rampe de 3 mètres de large permettra d'accéder au fond des bassins pour les futures opérations d'entretien.

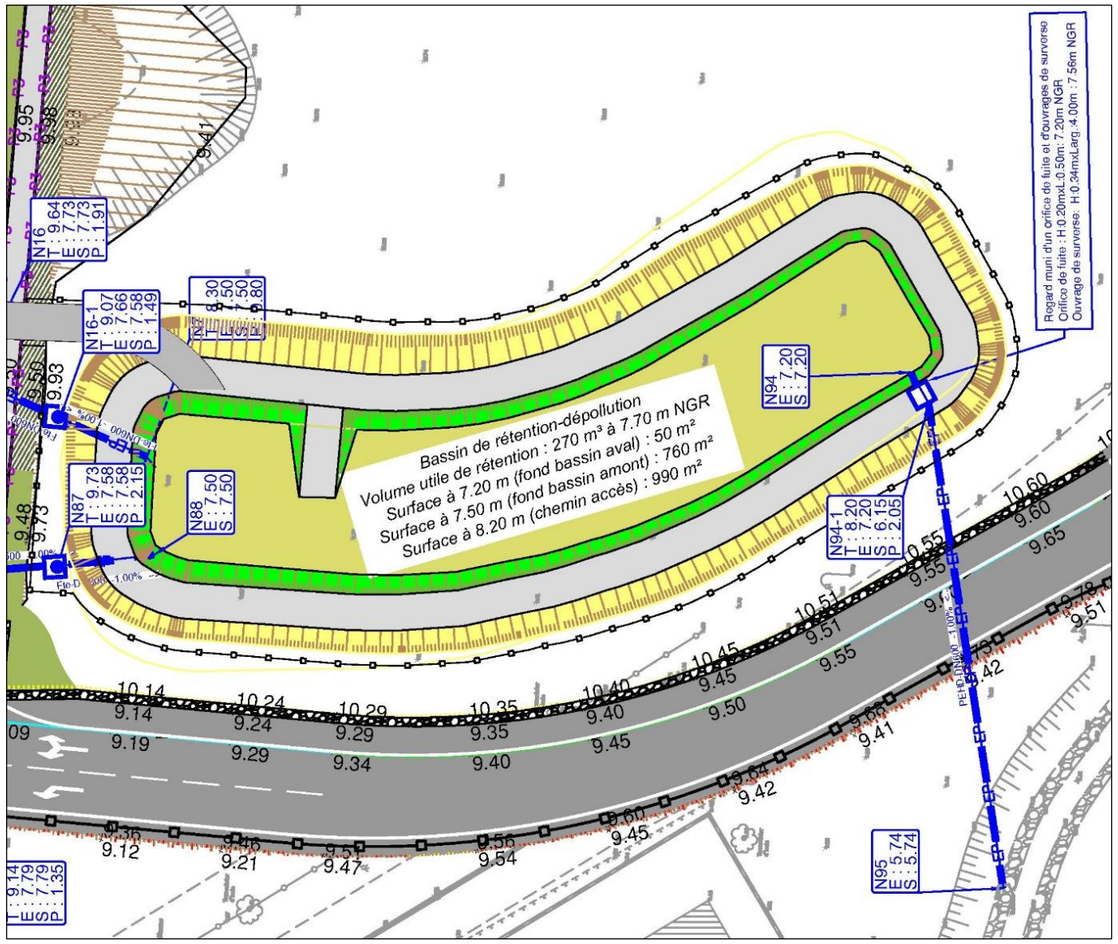


Figure 135 : Implantation du bassin de rétention du secteur 1

A noter qu'un aquatextile sera posé dans le bassin pour retenir les hydrocarbures et stimuler la phytorémédiation.

Ce bassin présente les caractéristiques suivantes :

- Volume de stockage (régulation des EP) de 270 m³ ;
- Surface moyenne de 600 m² ;
- Profondeur maximale du bassin : 1,00 m ;
- Cote de fond de bassin : 7,20 m NGR ;

- Pente des talus : 3H/2V.

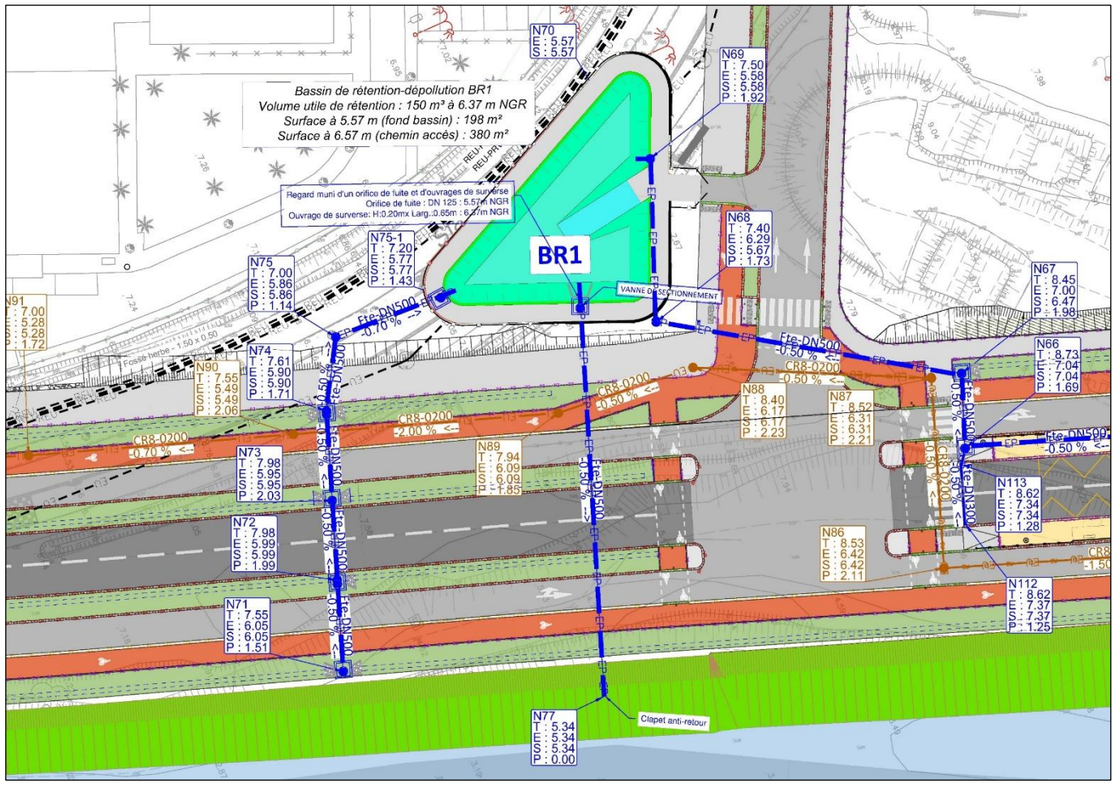


Figure 136 : Implantation du bassin de rétention du BV1 du secteur 2

Ce bassin présente les caractéristiques suivantes :

- Volume de stockage (régulation des EP) de 150 m³ ;
- Surface moyenne de 290 m² ;
- Profondeur maximale du bassin : 1,00 m ;
- Cote de fond de bassin : 5,57 m NGR ;
- Pente des talus : 3H/2V ;

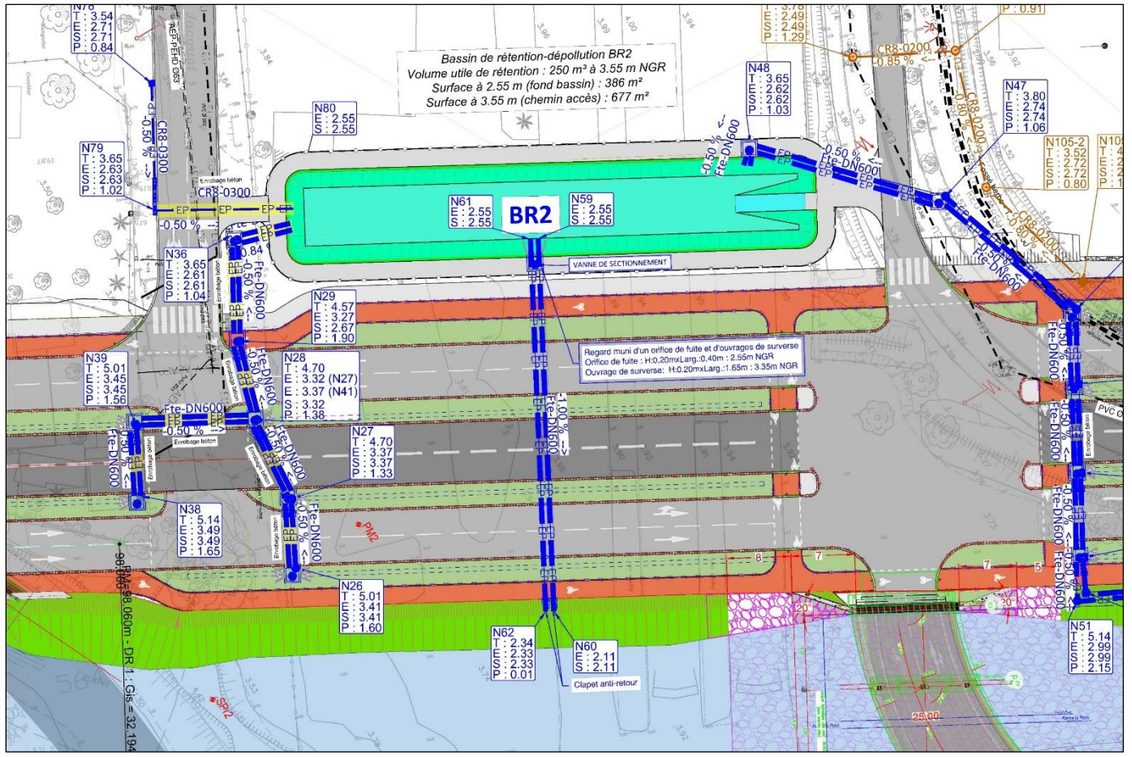


Figure 137 : Implantation du bassin de rétention du BV2 du secteur 2

Ce bassin présente les caractéristiques suivantes :

- Volume de stockage (régulation des EP) de 250m³ ;
- Surface moyenne de 530m² ;
- Profondeur maximale du bassin : 1,00 m ;
- Cote de fond de bassin : 2,55 m NGR ;
- Pente des talus : 3H/2V.

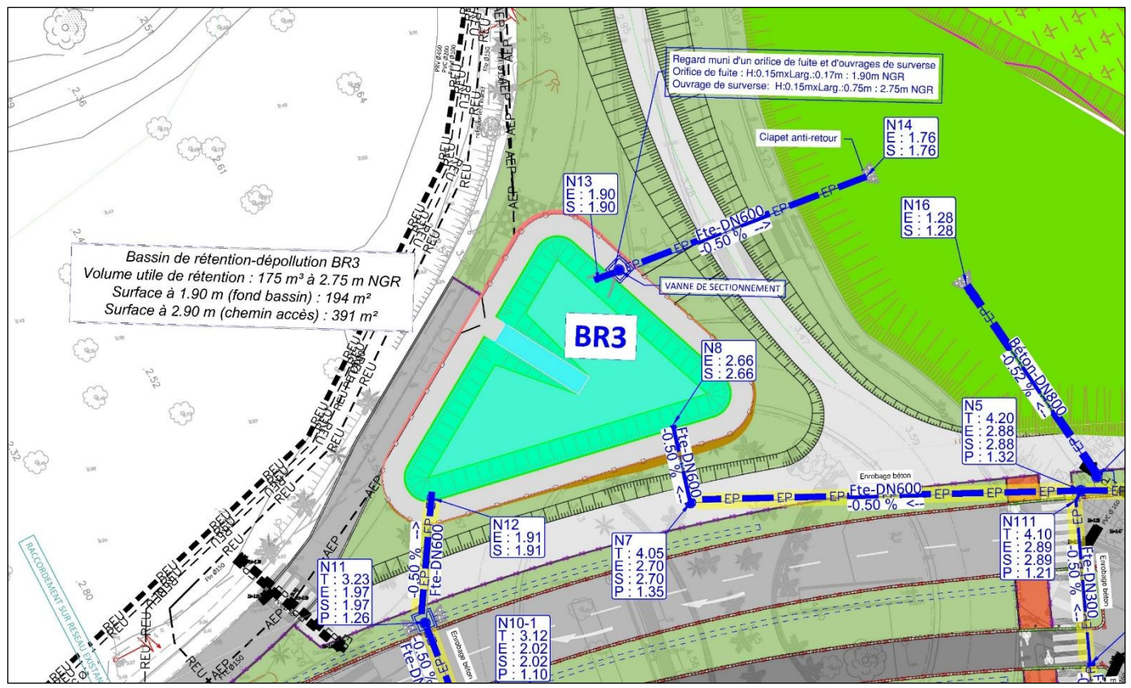


Figure 138 : Implantation du bassin de rétention du BV3 du secteur 2

Ce bassin présente les caractéristiques suivantes :

- Volume de stockage (régulation des EP) de 175 m³ ;
- Surface moyenne de 290 m² ;
- Profondeur maximale du bassin : 1,00 m ;
- Cote de fond de bassin : 1,90 m NGR ;
- Pente des talus : 3H/2V.

CAS DE LA BRETELLE DE SORTIE DE LA RN1

Les eaux de ruissellement pluvial de cette bretelle, qui relie la RN 1 à l'axe mixte et franchit la Ravine La Plaine, ne peuvent être raccordées au réseau de l'axe mixte. Ses eaux devront par conséquent être rejetées directement en ravine. Dans la mesure où ces eaux vont également se charger en polluants, il est proposé de les faire transiter dans un décanteur lamellaire (enterré sous la bretelle) avant rejet.

Ce type de dispositif permet d'intercepter les polluants flottants et décantables et notamment les matières en suspension (jusqu'à 80 % des MES).

La superficie collectée (hors apports éventuels issus de la RN 1) est de 2 650 m². Son débit de dimensionnement est fixé à 18 l/s, ce qui correspond à une pluie de période de retour 2 mois (interception du premier flux le plus pollué).

La figure suivante localise son implantation envisagée.

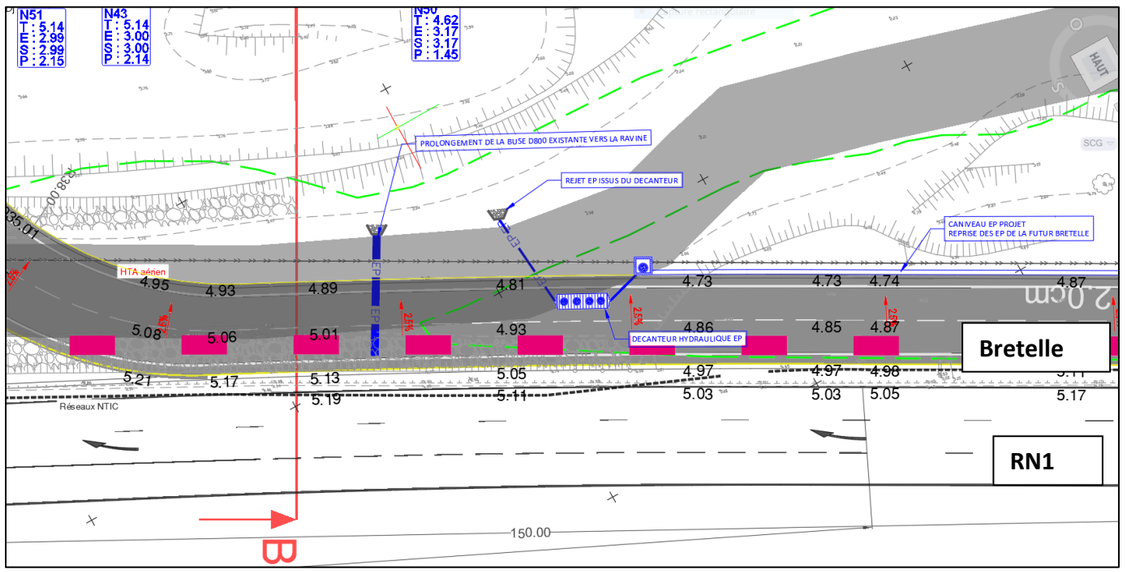


Figure 139 : Implantation du décanteur-lamellaire sur la bretelle de sortie de la RN 1

3.2.2.2 Traitement de la pollution accidentelle des eaux pluviales

Le risque de pollution accidentelle du milieu naturel peut être qualifié en considérant la gravité et l'occurrence d'un accident automobile impliquant un véhicule transportant des matières polluantes sur l'axe mixte, lors d'un épisode pluvieux favorisant le ruissellement de la pollution vers les noues drainantes et le milieu naturel.

Sur le tronçon de voirie étudié, l'axe mixte, ce risque peut être qualifié d'improbable, étant donné l'environnement dans lequel s'insérera la voie (future ZAC Phaonce, à vocation résidentielle, peu ou pas de passage de TMD) mais également en raison des faibles vitesses de circulation attendues (vitesse maximale autorisée de 50 km/h et vraisemblablement plus faible du fait de la présence régulière de carrefours, passages piétons et plateaux surélevés).

Il n'en demeure pas moins que ce risque ne peut être totalement écarté. Par conséquent, il est envisagé la mise en place de vannes de sectionnement manuel à l'extrémité aval de chaque noue (et sur chaque bassin versant) mais également en sortie de chaque bassin de rétention.

En cas d'accident, entrainant le déversement d'un produit polluant, les services de secours devront disposer de la procédure visant à obturer la vanne concernée, tandis que le gestionnaire de voirie s'assurera à la fois de pomper les eaux qui ne se seront pas infiltrées et de décaper le sol pour éliminer et traiter les matériaux souillés.

ANNEXE 2 Volet Naturel de l'Etude d'Impact – Biotope

REGION REUNION
www.regionreunion.com

Volet milieux naturels d'Étude d'impact

Prolongement de l'Axe Mixte de Saint Paul

CRRUN
Avril 2026

biotope

Citation recommandée	Biotope, 2026, Prolongement de l'Axe Mixte de Saint Paul, Volet milieux naturels d'Étude d'impact. 217p. dont Annexes.	
Version/Indice	Version 3 (reprises suite 3eme avis DEAL)	
Date	29/04/2025	
Nom de fichier	CRRUN_VNEI_AXM_2026_V3.docx	
N° de contrat	2020793	
Date de démarrage de la mission	22/06/2020	
Maître d'ouvrage	CRRUN Représenté par M. OGERIT Franck – Arnaud CLAUDE	
Mandataire	ARTELIA	
Interlocuteur	JEZEQUEL Théo	Mail : theo.jezequel@arteliagroup.com Téléphone : 06.92.79.31.12
Biotope, Responsable du projet	Marie BELLAY, Johanna BARTHELEMY et Ludovic BONIN	Mail : oceanindien@biotope.fr Tél : 06 92 15 71 20
Biotope, Contrôleur qualité	Mathieu SOUQUET	msouquet@biotope.fr Tél : 06 92 15 71 20

Sommaire

1 Contexte du projet et aspects méthodologiques 8

1 Description du projet 9

1.1 Contexte de l'étude 9

1.2 Présentation du projet et localisation 12

2 Références règlementaires et objectifs de l'étude 13

2.1 Références réglementaires 13

2.2 Objectifs de l'étude 14

3 Aspects méthodologiques 17

3.1 Terminologie employée 17

3.2 Aires d'études 19

3.3 Équipe de travail 21

3.4 Méthodes d'acquisition des données 21

3.5 Méthodes d'inventaires et difficultés rencontrées 23

3.6 Méthodes de traitement et d'analyse des données 29

2 État initial des milieux naturels, de la flore et de la faune (dit « Scénario de référence ») 34

1 Contexte écologique du projet 35

1.1 Zonages règlementaires du patrimoine naturel 35

1.2 Zonages d'inventaires du patrimoine naturel 41

2 Habitats naturels et flore 45

2.1 Habitats et milieux naturels 45

2.2 Flore 63

3 Faune 83

3.1 Entomofaune 83

3.2 Reptiles et amphibiens 87

3.3 Oiseaux 90

3.4 Chiroptères 101

3.5 Inventaires complémentaires 2025 107

4 Synthèse des enjeux écologiques au sein de l'aire d'étude rapprochée 115

3 Analyse des effets du projet et mesures associées 118

1 Présentation et justification de la solution retenue 119
2 Appréciation des effets prévisibles du projet sur les habitats naturels, la faune et la flore 119
2.1 Présentation des effets génériques de ce type de projet 119
2.2 Synthèse des impacts bruts 125
3 Engagements du maitre d'ouvrage en faveur de l'environnement 128
3.1 Mesures d'évitement et de réduction des impacts 128
3.2 Démarche d'accompagnement et de suivi 159
4 Impacts résiduels du projet 164
4.1 Impacts résiduels sur les habitats naturels 164
4.2 Impacts résiduels sur les espèces végétales 168
4.3 Impacts résiduels sur la faune 171
5 Impacts cumulés du projet avec d'autres projets 175
6 Programme compensatoire 181
6.1 Dimensionnement de la compensation 182
6.2 Présentation des critères d'éligibilité 186
6.3 Proposition de la mesure compensatoire 188
6.4 Proposition de mesures d'accompagnement de la mesure compensatoire 195

4 Bibliographie 197

1 Bibliographie relative au site 198
2 Bibliographie relative aux habitats naturels 198
3 Bibliographie relative à la flore 199
4 Bibliographie relative aux insectes 200
5 Bibliographie relative aux poissons, crustacés et mollusques 201
6 Bibliographie relative aux reptiles et aux amphibiens 201
7 Bibliographie relative aux oiseaux 202
8 Bibliographie relative aux chiroptères 203

Liste des tableaux

Tableau 1 : Équipe projet (Source : Biotope, 2025-2026) 21

Tableau 2. Dates de réalisation des inventaires de terrain (Biotope : 2025-2026) 22

Tableau 3. ZNIEFF décrites à proximité de la zone d'étude 41

Tableau 4 : Bio évaluation des habitats recensés sur la zone d'étude (Source ; Biotope 2021, CBNM 2014 et DEAL 2010) 53

Tableau 5: Liste des habitats inventoriés dans les trois zones prospectées (Source : Biotope, 2025) 59

Tableau 6 : Liste des espèces exotiques présentant un caractère envahissant ou un risque fort d'invasion (CBNM 2020) 71

Tableau 7 : Statuts et enjeux écologiques des espèces végétales patrimoniales issus de la bibliographie et présentes dans l'aire d'étude rapprochée (Source SINP 2022) 73

Tableau 8 : Statuts et enjeux écologiques des espèces végétales patrimoniales présentes dans l'aire d'étude rapprochée 76

Tableau 9 *:* Liste des espèces floristiques patrimoniales et/ou protégées observées en 2025 (Source : Biotope, 2025) 79

Tableau 10 - Espèces patrimoniales d'insectes présentes sur la zone d'étude rapprochée (Source : Biotope 2021) 85

Tableau 11. Espèces patrimoniales de reptiles sur la zone d'étude (Biotope 2021) 88

Tableau 12. Espèces patrimoniales d'oiseaux sur la zone d'étude (Biotope 2021) 99

Tableau 13. Espèces patrimoniales de chiroptères sur la zone d'étude (Biotope 2021) 104

Tableau 14 : Espèces d'insectes observées, statuts et enjeux (Source : Biotope, 2025) 107

Tableau 15*:* Espèces de reptiles et d'amphibiens observées, statuts et enjeux (Source : Biotope, 2025) 109

Tableau 16 Espèces de mammifères observées, statuts et enjeux (Source : Biotope, 2025) 110

Tableau 17 : Espèces d'oiseaux observées, statuts et enjeux (Source : Biotope, 2025) 111

Tableau 18. Surface impactés par le projet concernant les habitats et les habitats d'espèces (Biotope, 2026) 125

Tableau 19. Surface impactés par le projet concernant les espèces floristiques (Biotope, 2026) 125

Tableau 20. Synthèse des impacts bruts du prolongement de l'Axe Mixte sur la faune et la flore et les habitats (Biotope, 2023 - 2026) 127

Tableau 21 : Liste des mesures d'évitement et de réduction (Biotope, 2023-2026) 129

Tableau 22 : Liste des mesures d'accompagnement et de suivi (Biotope, 2023-2026) 159

Tableau 23 : Impacts résiduels du projet sur les habitats naturels (Biotope, 2023-2026) 164

Tableau 24 : Impacts résiduels du projet sur les espèces végétales (Biotope, 2023-2026) 168

Tableau 25. Impacts résiduels du projet sur la faune (Biotope, 2023-2026) 171

Tableau 26 : Synthèse des principaux impacts cumulés possibles avec d'autres projets (Biotope, 2023) 176

Tableau 27 : Méthode d'évaluation du coefficient de compensation 183

Tableau 28 : Outils de protection réglementaire des espèces et habitats (Source ; Biotope) 205

Tableau 29 : Outils de bio évaluation des espèces et habitats : référentiels utilisés (Source ; Biotope) 206

Tableau 30 : Liste complète des espèces végétales recensées (Biotope, 2021-2026) 208

Tableaux 31 : Rappel des espèces végétales recensées lors du complément 2025 (Biotope-2026) 216

Liste des illustrations

Figure 1 : Schéma de la démarche ERC : « Éviter puis Réduire puis Compenser » (Biotope) 16

Figure 2. Ourlet hélophytique à Fimbristylis cymosa (Biotope, 2021) 47

Figure 3. Végétation marécageuse de basse altitude (Réunion) (Biotope, 2021) 48

Figure 4. Végétations hélophytique à Typha domingensis (CBNM, 2021) 48

Figure 5. Prairie marécageuse à Setaria geminata (CBNM, 2021) 49

Figure 6. Savane herbacée à gauche et tonsure à Zornia gibbosa à droite (Biotope, 2021) 50

Figure 7. Fourrés secondaires de diverses espèces exotiques à tendance semi-xérophile (Biotope, 2021) 51

Figure 8. Végétation aquatique flottante héliophile à Eichhornia crassipes et Pistia stratiotes (CBNM, 2021) 51

Figure 9 Cartographie des 3 zones prospectées en 2025 (Source : Biotope, 2025) 56

Figure 10 Cartographie des habitats avec un focus sur 3 zones prospectées en 2025 dans le cadre du recalibrage de l'axe mixte de Saint-Paul (Source : Biotope, 2025) 58

Figure 11. Diagramme de représentativité des espèces végétales recensées dans la zone d'étude (Biotope, 2021) 64

Figure 12. Fiche d'identification de *Zornia gibbosa* (Biotope, 2021). 67

Figure 13. Habitat secondaire du Zornia gibbosa présentant les plus fortes densités du site d'étude : ancienne décharge de Cambaie située au Nord-Est présentant des zones pionnières (secteurs érodés – Biotope, 2021). 67

Figure 14. Habitat primaire du Zornia gibbosa : tonsures de savanes herbacées à Heteropogon contortus et Aristida spp. (Biotope, 2021). 68

Figure 15. Habitat anthropique du *Zornia gibbosa* : bordures des trottoirs et massifs ornementaux. (Biotope, 2021). 68

Figure 16*:* Synthèse des enjeux floristiques sur les zones prospectées lors des inventaires de 2025 (note : tous les individus d'espèces patrimoniales et/ou protégées à fort enjeu n'ont pas nécessairement été inventoriés du fait de leur densité mais leur répartition est indiquée) (Source : Biotope, 2025) 81

Figure 17 : station de Phragmites *mauritianus* observée sur la partie Sud de la Ravine La Plaine (Biotope, 2025) 82

Figure 18 : Caméléon panthère femelle (©Marie BELLAY, 2020) 87

Figure 19. Occurrence spécifique (présence/absence) lors des points d'écoute (n=7, 2 saisons) (Biotope, 2021) 90

Figure 20. Part d'observations d'individus par espèce sur l'ensemble des points d'écoute (n=7, 2 saisons) (Biotope, 2021) 91

Figure 21. Proportion d'individus observés en termes de statut d'origine (Biotope, 2021) 91

Figure 22 *:* Faune remarquable observée en 2025 et enjeux écologiques associés (Source : Biotope, 2025) 114

1

Contexte du projet et aspects méthodologiques

Propriété de Biotope
Ne peut être diffusée sans autorisation préalable de Biotope

1 Description du projet

1.1 Contexte de l'étude

« L'Ecocité insulaire et tropicale de La Réunion », a été labellisée en 2009 par le Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement Durable et de l'Aménagement. La labellisation ÉcoCité du Coeur d'agglomération du TCO s'est traduite par l'élaboration d'un plan-guide approuvé en 2015 et mis à jour en 2020. Celui-ci fixe les orientations d'aménagement et de développement sur un périmètre de 5 000 ha qui s'étend de la route du littoral au cap la Houssaye et du front de mer aux mi-pentes, sur les trois communes de Saint-Paul, le Port et la Possession. Il fixe les orientations et les ambitions du développement urbain du cœur d'agglomération selon 6 axes stratégiques :

- Faire la ville jardin ;
- Faire la ville des proximités ;
- Faire la ville ludique et attractive ;
- Faire la ville motrice du développement économique local ;
- Faire une ville résiliente et économe ;
- Faire la ville mobile et accessible.

A l'échelle des trois communes, il s'agit de développer un potentiel d'environ 35 000 logements qui représenteraient 62 000 habitants supplémentaires sur le cœur d'agglomération, ainsi que des activités et services. Ce développement doit s'accompagner de la création de nouvelles infrastructures pour desservir ce nouveau bassin de vie.

La démarche Ecocité de la Réunion a donné lieu à la signature d'un Projet partenarial d'aménagement (PPA) fin 2020 entre le TCO, les communes de Saint-Paul, la Possession, le Port, la Région, l'Etat et le Département. Le PPA fixe les orientations et les priorités d'intervention des partenaires sur la période 2020-2030 sur le cœur d'agglomération.

La plaine de Cambaie qui s'étend sur environ 500 ha entre la rivière des Galets et le quartier Jacquot, et entre la RN1 et le littoral, constitue un espace stratégique majeur de l'Ecocité justifié par sa situation privilégiée vis-à-vis des axes de transport, sa proximité avec le Grand Port, le CHOR et les équipements commerciaux, son potentiel et sa maîtrise foncière publique ainsi que son insertion dans le tissu urbain constitué du Coeur d'agglomération. Le secteur de Cambaie Oméga, objet de la présente étude, intègre la plaine Chabrier, la ZAE Henri Cornu, la Plaine de Loisirs et la zone de Savanna, porté par le T.C.O. et répertorié dans les documents de planification (Schéma d'Aménagement Régional et Schéma de Cohérence Territoriale) comme une zone

d'urbanisation prioritaire. La ZAC Cambaie-Omega est identifiée parmi les 14 opérations d'aménagement prioritaires pour le développement de l'Ecocité.

L'opération publique d'aménagement Cambaie Oméga est une des premières opérations d'aménagement de la Plaine de Cambaie. Elle s'inscrit autour du tissu existant de la Plaine de Loisirs, tout en s'articulant autour du projet de prolongement de l'axe mixte depuis le rondpoint de Cambaie.

Concernant les projets de transports en commun, à ce jour, la Région a validé, en concertation avec l'ensemble des acteurs publics de transport, le tracé de référence du RRTG (Réseau Régional de Transport Guidé), les stations ainsi que le mode préférentiel. D'une manière générale, le RRTG a vocation à être préfiguré en mode routier dans l'attente d'une évolution en mode ferré sur certains secteurs.

Le secteur Ouest, depuis le futur pôle d'échange multimodal de Bertin jusqu'à l'échangeur de l'Eperon, est identifié comme l'un des secteurs prioritaires pour la réalisation des premières tranches du RRTG, considérant les congestions routières grandissantes en entrée Ouest de Saint-Denis et en traversée de l'Ouest de l'île.

Aussi, dans le cadre des études de tracé du RRTG menées par la Région et achevées en 2016, il a été acté un tracé de référence basé sur la traversée du cœur d'agglomération du TCO et du secteur Cambaie Oméga via l'Axe mixte et son prolongement. Les études menées dans le cadre du schéma directeur des mobilités de l'Écocité ont conclu à la pertinence d'une ligne forte reliant les centres-villes de La Possession, du Port et de Saint-Paul.

Suite au constat partagé du caractère prioritaire que revêt le prolongement de l'axe mixte, le TCO, la Région, le Département et la Commune de Saint-Paul ont signé en mai 2017 une convention de co-maitrise d'ouvrage pour la réalisation des études préliminaires de ce prolongement et de ses infrastructures connexes.

L'objectif de ce montage et de cette étude était d'assurer, au stade des études préliminaires, une compatibilité technique et fonctionnelle du prolongement de l'axe mixte et diverses autres infrastructures.

Ces études préliminaires portaient donc sur :

- La requalification de l'axe mixte existant ;
- Le prolongement de l'axe mixte entre Cambaie et Savanna ;
- Le réaménagement de l'échangeur de Cambaie ;
- Le réaménagement de l'échangeur de Savanna ;
- La réalisation d'un ouvrage de franchissement de la RN1 au droit du Centre Hospitalier Ouest Réunion (Ex-PSO) ;

1 Contexte du projet et aspects méthodologiques

- La réalisation d'un ouvrage de franchissement de la RN1 au niveau de Savanna ;
- L'aménagement hydraulique de la Ravine La Plaine ;
- La reprise du pont de l'Etang Saint-Paul.

Les études préliminaires du prolongement de l'axe mixte et ses infrastructures connexes constituent l'entrant principal et fondamental du présent marché de maîtrise d'œuvre.

Dans le cadre de ce projet global porté par le TCO, la tranche 1 d'aménagement la Plaine de Cambaie (ZAC Cambaie Oméga) constitue la première opération publique d'aménagement réalisée sur le secteur stratégique de l'Écocité « Plaine de Cambaie » et sur le périmètre de la réserve foncière Cambaie Omega.

Suite à la réalisation des études préliminaires du prolongement de l'axe mixte et ses infrastructure connexes, la Commission Permanente de la Région réunie en séance du 30 octobre 2018 a décidé :

- De prendre acte des conclusions de ces études préliminaires ;
- De valider le positionnement de la Région Réunion en tant que maître d'ouvrage du prolongement de l'axe mixte ;
- De valider le positionnement de la Région Réunion en tant que maître d'ouvrage du traitement hydraulique aval de la Ravine La Plaine* ;
- De valider le lancement des études de maîtrise d'œuvre correspondantes.

En application de cette délibération et de cette convention, la Région Réunion assure donc la maîtrise d'ouvrage du prolongement de l'axe mixte entre Cambaie et Savanna et du traitement hydraulique aval de la Ravine La Plaine, objet du présent document. Cette opération est nommée par suite « Prolongement de l'axe mixte ».

Cette opération vise à :

- Doter la Plaine de Cambaie de son axe structurant et support des premières phases d'urbanisation ;
- Réaliser un axe TCSP structurant, à vocation urbaine et interurbaine, et évolutif vers un mode guidé ;
- Réaliser un pôle d'échange dit « Pôle d'Échange Multimodal de Cambaie » ;
- Développer le réseau routier régional ;
- Participer au maillage du réseau viaire secondaire et alternatif à la RN1 ;
- Assurer le traitement hydraulique aval de la Ravine La Plaine.

Par écart vis à vis des études préliminaires précitées, cette opération n'inclut pas en réalisation :

- Le réaménagement de l'échangeur de Cambaie ;
- La création d'un ouvrage de franchissement de la RN1 au droit du Centre Hospitalier Ouest Réunion (Ex-PSO) ;
- La création d'un ouvrage de franchissement de la RN1 au niveau de Savanna ;
- L'aménagement hydraulique amont de la Ravine La Plaine ;
- La reprise du pont de l'Etang Saint-Paul.

Dans le cadre de la mission de maitrise d'œuvre du projet, un Dossier d'Autorisation environnementale avec Evaluation environnementale doit être constitué. C'est dans ce cadre qu'intervient la présente étude. La présente étude fait office d'état initial de l'environnement dans le cadre du Volet Naturel d'Etude d'Impact pour le projet de prolongement de l'Axe mixte. Elle a fait l'objet d'expertises écologiques qui y sont présentées.

1.2 Présentation du projet et localisation

Le projet s'implante au niveau de la Plaine Chabrier, sur un linéaire partant du lieu-dit Savannah au Sud et allant jusqu'à la Rivière des Galets au Nord.

Le périmètre d'étude est représenté ci-dessous. Celui-ci est divisé en 2 sections :

Section 1 dite Cambaie : depuis le futur Parc Oméga au futur ouvrage de surverse de la ravine La Plaine. Horizon 2028 pour la mise en service de ce secteur avec raccordement sur la bretelle de l'étang/rue du Stade. Coût estimatif : 13 millions d'euros HT.

Section 2 dite Savanna : futur ouvrage de surverse de la ravine La Plaine à l'échangeur de Savanna. Horizon 2029 pour la mise en service de ce secteur. Coût estimatif : 13 millions d'euros HT.

2 Références règlementaires et objectifs de l'étude

2.1 Références réglementaires

2.1.1 Volet « faune-flore » de l'étude d'impact

Articles L. 122-1 et suivants puis R. 122-1 et suivants du Code de l'environnement.

Le contenu de l'étude d'impact est détaillé à l'article R. 122-5 du Code de l'Environnement.

2.1.2 Statuts réglementaires des espèces

Une espèce protégée est une espèce pour laquelle s'applique une réglementation contraignante particulière. La protection des espèces s'appuie sur des listes d'espèces protégées sur un territoire donné.

Droit international

La France est signataire de nombreux traités internationaux visant à protéger les espèces sauvages, parmi lesquels :

La Convention de Washington (CITES, 1973) sur le commerce international des espèces sauvages menacées d'extinction ;

La Convention de Paris (1950) sur la protection des oiseaux.

Droit français

En droit français, la protection des espèces est régie par le code de l'Environnement (article L411-1) :

● *Cf. Annexe 1 Outils de protection réglementaire des espèces et habitats*

« I. - Lorsqu'un intérêt scientifique particulier ou que les nécessités de la préservation du patrimoine naturel justifient la conservation […] d'habitats naturels, d'espèces animales non domestiques ou végétales non cultivées et de leurs habitats, sont interdits :

1° La destruction ou l'enlèvement des œufs ou des nids, la mutilation, la destruction, la capture ou l'enlèvement, la perturbation intentionnelle, la naturalisation d'animaux de ces espèces ou, qu'ils soient vivants ou morts, leur transport, leur colportage, leur utilisation, leur détention, leur mise en vente, leur vente ou leur achat ;

2° La destruction, la coupe, la mutilation, l'arrachage, la cueillette ou l'enlèvement de végétaux de ces espèces, de leurs fructifications ou de toute autre forme prise par ces espèces au cours de leur cycle biologique, leur transport, leur colportage, leur utilisation, leur mise en vente, leur vente ou leur achat, la détention de spécimens prélevés dans le milieu naturel ;

3° La destruction, l'altération ou la dégradation de ces habitats naturels ou de ces habitats d'espèces ;

[…]. »

Ces prescriptions générales sont ensuite précisées pour chaque groupe par un arrêté ministériel fixant la liste des espèces protégées, le territoire d'application de cette protection et les modalités précises de celle-ci (article R. 411-1 du code de l'Environnement : liste des espèces floristiques protégées de la Réunion : arrêté ministériel du 27 octobre 2017 ; liste des espèces faunistiques protégées de la Réunion : arrêté ministériel du 12 février 1989 ; liste des insectes protégés de la Réunion : arrêté ministériel 19 novembre 2007 en vigueur au 14 février 2008).

Un régime de dérogation à la réglementation sur les espèces protégées est possible dans certains cas listés à l'article R. 411-2 du code de l'Environnement. L'arrêté ministériel du 19 février 2007 modifié (NOR : DEVN0700160A) en précise les conditions de demande et d'instruction. Article L. 411-1 du Code de l'environnement qui régit la protection des espèces.

2.1.3 Statut de rareté/menace des espèces

Les listes de protection ne sont pas nécessairement indicatrices du statut de rareté / menace des espèces. Si pour la flore, ces statuts réglementaires sont assez bien corrélés à la rareté des espèces, aucune considération de rareté n'intervient dans la définition des listes d'espèces animales protégées.

Cette situation nous amène à utiliser d'autres outils, établis par des spécialistes, pour évaluer la rareté et/ou le statut de menace des espèces présentes : listes rouges, synthèses régionales ou départementales, littérature naturaliste (cf. annexe 2) Ils rendent compte de l'état des populations d'espèces dans le secteur géographique auquel ils se réfèrent.

2.2 Objectifs de l'étude

2.2.1 Objectifs du volet faune-flore de l'étude d'impact

Les objectifs du volet faune, flore, milieux naturels de l'étude l'impact sont :

D'apprécier les potentialités d'accueil du site de projet vis-à-vis des espèces ou des groupes biologiques susceptibles d'être concernés par les effets du projet ;

D'identifier les aspects réglementaires liés aux milieux naturels et susceptibles de contraindre le projet ;

De caractériser les enjeux écologiques à prendre en compte dans la réalisation du projet ;

D'évaluer le rôle des éléments du paysage concernés par le projet dans le fonctionnement écologique local ;

D'apprécier les effets prévisibles, positifs et négatifs, directs et indirects, temporaires et permanents, du projet sur la faune, la flore, les habitats naturels et le fonctionnement écologique de l'aire d'étude ;

D'apprécier les impacts cumulés du projet avec d'autres projets ;

De définir, en concertation avec le maître d'ouvrage, les mesures d'insertion écologique du projet dans son environnement :

- Mesures d'évitement des effets dommageables prévisibles ;
- Mesures de réduction des effets négatifs qui n'ont pu être évités ;
- Mesures de compensation des effets résiduels notables (= insuffisamment réduits) ;
- Autres mesures d'accompagnement du projet et de suivi écologique.

La démarche appliquée à la réalisation de cette étude s'inscrit dans la logique « Éviter puis Réduire puis Compenser » (ERC) illustrée par la figure page suivante.

1 Contexte du projet et aspects méthodologiques

Figure 1 : Schéma de la démarche ERC : « Éviter puis Réduire puis Compenser » (Biotope)

3 Aspects méthodologiques

3.1 Terminologie employée

Afin d'alléger la lecture, le nom scientifique de chaque espèce est cité uniquement lors de la première mention de l'espèce dans le texte. Le nom vernaculaire est ensuite utilisé.

Il est important, pour une compréhension facilitée et partagée de cette étude, de s'entendre sur la définition des principaux termes techniques utilisés dans ce rapport.

Effet : Conséquence générique d'un type de projet sur l'environnement, indépendamment du territoire qui sera affecté. Un effet peut être positif ou négatif, direct ou indirect, permanent ou temporaire. Un projet peut présenter plusieurs effets (d'après MEEDDEM, 2010).

Enjeu écologique : Valeur attribuée à une espèce, un groupe biologique ou un cortège d'espèces, un habitat d'espèce, une végétation, un habitat naturel ou encore un cumul de ces différents éléments. Il s'agit d'une donnée objective, évaluée sans préjuger des effets d'un projet, définie d'après plusieurs critères tels que les statuts de rareté/menace de l'élément écologique considéré à différentes échelles géographiques. Pour une espèce, sont également pris en compte d'autres critères : l'utilisation du site d'étude, la représentativité de la population utilisant le site d'étude à différentes échelles géographiques, la viabilité de cette population, la permanence de l'utilisation du site d'étude par l'espèce ou la population de l'espèce, le degré d'artificialisation du site d'étude… Pour une végétation ou un habitat, l'état de conservation est également un critère important à prendre en compte. Ce qualificatif est indépendant du niveau de protection de l'élément écologique considéré. En termes de biodiversité, il possède une connotation positive.

Équilibres biologiques : équilibres naturels qui s'établissent à la fois au niveau des interactions entre les organismes qui peuplent un milieu et entre les organismes et ce milieu. La conservation des équilibres biologiques est indispensable au maintien de la stabilité des écosystèmes.

Impact : contextualisation des effets en fonction des caractéristiques du projet étudié, des enjeux écologiques identifiés dans le cadre de l'état initial et de leur sensibilité. Un impact peut être positif ou négatif, direct ou indirect, réversible ou irréversible. Son niveau varie en fonction des mesures mises en œuvre pour éviter ou réduire les effets du projet.

Impact résiduel : impact d'un projet qui persiste après application des mesures d'évitement et de réduction d'impact.

Implication réglementaire : conséquence pour le projet de la présence d'un élément écologique (espèce, habitat) soumis à une législation particulière (protection, règlementation) qui peut être établie à différents niveaux géographiques.

Incidence : synonyme d'impact. Par convention, nous utiliserons le terme « impact » pour les études d'impacts et le terme « incidence » les dossiers d'autorisation ou de déclaration au titre de la Loi sur l'eau.

Notable : terme utilisé dans les études d'impact (codé à l'article R. 122-5 du Code de l'environnement) pour qualifier tout impact qui doit être pris en compte dans l'étude. Dans la présente étude, nous considèrerons comme « notable » tout impact résiduel dont le niveau n'est ni faible ni négligeable à l'échelle de l'aire d'étude (impacts supérieurs ou égaux à moyens) et donc généralement de nature à déclencher une action de compensation.

Patrimonial (espèce, habitat) : le terme « patrimonial » renvoie à des espèces ou habitats qui nécessitent une attention particulière, du fait de leur statut de rareté et/ou de leur niveau de menace. Ceci peut notamment se traduire par l'inscription de ces espèces ou habitats sur les listes rouges (UICN). Ce qualificatif est indépendant du statut de protection de l'élément écologique considéré.

Protégé (espèce, habitat) : protégée : dans le cadre du présent dossier d'évaluation environnementale, une espèce protégée est une espèce réglementée qui relève d'un statut de protection stricte au titre du code de l'environnement et vis-à-vis de laquelle un certain nombre d'activités humaines sont fortement contraintes voire interdites.

Remarquable (espèce, habitat) : éléments à prendre en compte dans le cadre du projet et de nature à engendrer des adaptations de ce dernier. Habitats ou espèces qui nécessitent une attention particulière, du fait de leur niveau de protection, de rareté, de menace à une échelle donnée, de leurs caractéristiques originales au sein de l'aire d'étude (population particulièrement importante, utilisation de l'aire d'étude inhabituelle pour l'espèce, viabilité incertaine de la population…) ou de leur caractère envahissant. Cette notion n'a pas de connotation positive ou négative, mais englobe « ce qui doit être pris en considération ».

Risque : Niveau d'exposition d'un élément écologique à une perturbation. Ce niveau d'exposition dépend à la fois de la sensibilité de l'élément écologique et de la probabilité d'occurrence de la perturbation.

Sensibilité : Aptitude d'un élément écologique à répondre aux effets d'un projet.

3.2 Aires d'études

Le périmètre retenu pour la réalisation de l'étude a été ajusté en fonction des différents compartiments biologiques à analyser au regard des caractéristiques du projet afin de permettre une analyse exhaustive des enjeux sur les milieux naturels.

Pour l'étude du milieu naturel, **l'aire d'étude rapprochée** est l'aire géographique susceptible d'être influencée par le projet. Elle est représentée par un rectangle d'environ 3 km de long et 1 km de large. Elle s'étend sur un secteur plus large que les seules emprises d'aménagement, comprenant toutes les zones susceptibles d'être concernées directement par le projet. Elle permet d'intégrer les notions de continuité et de fonctionnalité écologique locales.

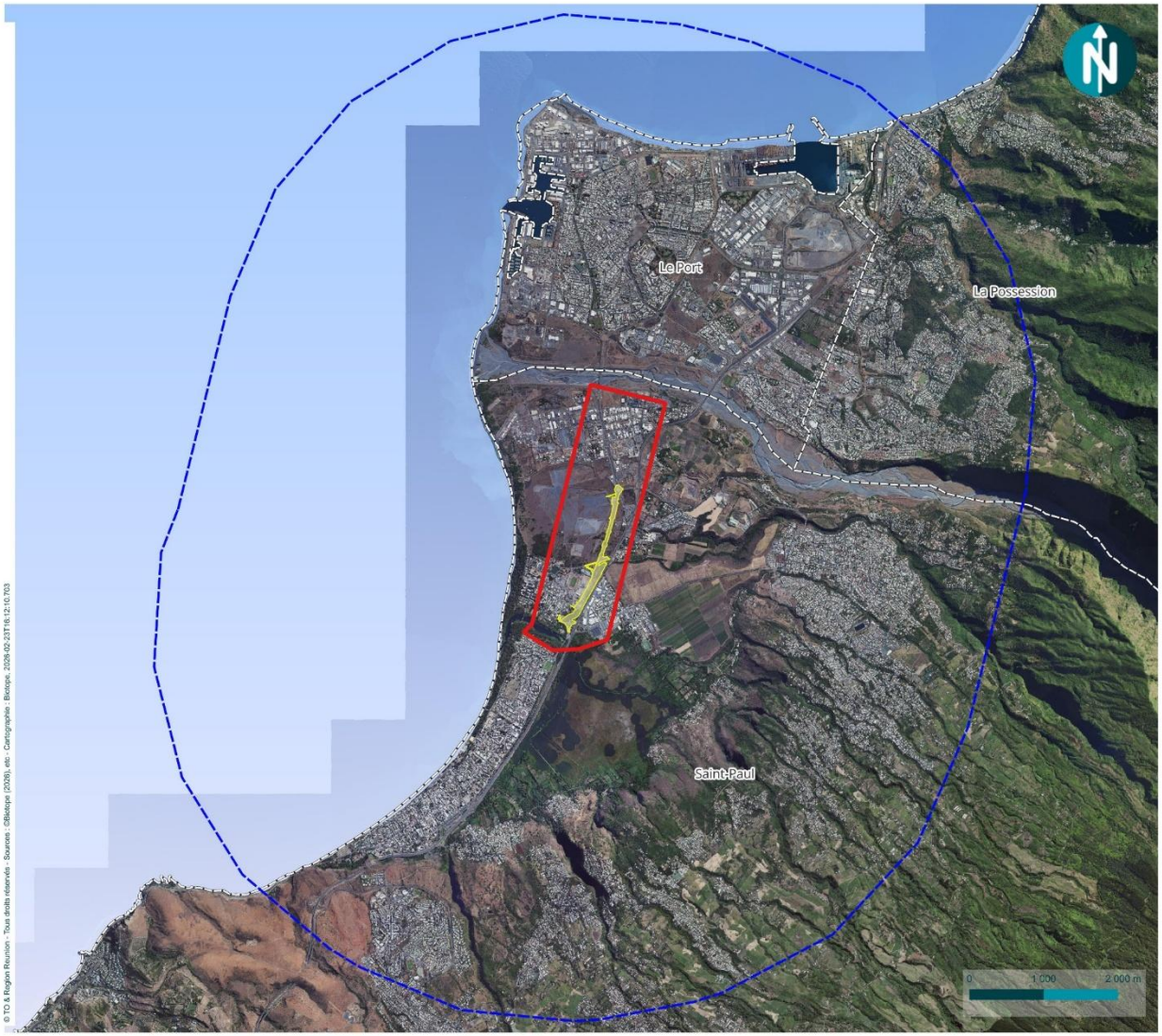
Elle s'insère dans un contexte urbanisé de plaine littorale (0-100 mètres de dénivelé) avec notamment :

- L'agglomération de Saint Paul en périphérie sud ;
- La Zone industrielle Cambaie au nord ;
- La nationale N1 à l'est ;
- Les carrières Cambaie-Oméga à l'ouest.

Une **zone d'étude élargie** est considérée en vue d'appréhender les différents zonages et éléments écologiques pouvant interagir avec cette zone d'étude. Elle intègre notamment toute la plaine de Saint-Paul, du littoral jusqu'aux contreforts de Bellemène. Celle-ci n'est pas représenté sur les cartographies suivantes.

Deux éléments écologiques majeurs se trouvent en périphérie de la zone d'étude :

- L'étang Saint-Paul au Sud ;
- La Rivière des Galets au Nord.



Cartographie des aires d'étude

Recalibrage de l'axe mixte de Saint-Paul

- Emprise du projet
- Aire d'étude rapprochée
- Aire d'étude réloignée

Propriété de Biotope
Ne peut être diffusée sans autorisation préalable de Biotope

3.3 Équipe de travail

La constitution d'une équipe pluridisciplinaire a été nécessaire dans le cadre de cette étude (cf. Tableau suivant).

Tableau 1 : Équipe projet (Source : Biotope, 2025-2026)

Domaines d'intervention	Intervenants de BIOTOPE	Qualité et qualification
Expertise de la flore et de la végétation	Augustin SOULARD Iris MULLER	Chargée d'étude – botaniste Chargée d'étude - botaniste
Expertise des insectes, reptiles, oiseaux, chiroptères	Gabriel CAUCANAS Quentin D'ORCHYMONT	Chef de projet - Ecologue expert fauniste Expert faune
Coordination et rédaction de l'étude faune-flore	Marie BELLAY Gabriel CAUCANAS Johanna BARTHELEMY Ludovic BONIN	Chef de projet – Ecologue Chef de projet - Ecologue expert fauniste Chef de projet – Environnementaliste Chef de projet – Ecologue expert restauration écologique
Contrôle Qualité	Ludovic BONIN Mathieu SOUQUET	Chef de projet – Ecologue expert botaniste Directeur d'études- Ecologue sénior

3.4 Méthodes d'acquisition des données

3.4.1 Acteurs ressources consultés et bibliographie

Les références bibliographiques utilisées dans le cadre de cette étude ont été extraites du Système d'information de l'Inventaire du Patrimoine Naturel dans le but d'obtenir le plus de données faunistiques et floristiques sur l'aire d'étude rapprochée du projet. Les dernières données extraites datent de l'année 2022 afin de mettre à jour les inventaires de terrain réalisés initialement en 2021 (Cf. partie §3.4.2).

3.4.2 Prospections de terrain

Effort d'inventaire

Conformément à l'article R. 122-5 du Code de l'environnement portant réforme des études d'impact des projets de travaux, d'ouvrages et d'aménagement, le contenu de l'étude d'impact, et donc les prospections de terrain, sont « **proportionnés à la**

sensibilité environnementale de la zone susceptible d'être affectée par le projet, à l'importance de la nature des travaux, ouvrages et aménagements projetés et à leurs incidences prévisibles sur l'environnement ou la santé humaine ».

Ainsi, les prospections ont concerné les groupes de faune et la flore les plus représentatifs de la biodiversité de l'aire d'étude rapprochée. Le nombre et les périodes de passage ont été adaptés au contexte anthropisé de l'aire d'étude rapprochée et aux enjeux écologiques pressentis.

Le tableau et la figure suivants indiquent les dates de réalisation et les groupes visés par les inventaires de la faune et de la flore sur le terrain dans le cadre du projet.

À chaque passage, les observations opportunistes concernant des groupes non ciblés initialement sont notées pour être intégrées dans la synthèse des données.

Tableau 2. Dates de réalisation des inventaires de terrain (Biotope : 2025-2026)

Dates des inventaires	Nature de la prospection et conditions météo associés
Habitats naturels et flore (5 passages dédiés)	
28/04/2021	Expertise flore/habitats estivale* flore / végétation
06/05/2021	Expertise flore estivale* : focus sur *Zornia gibbosa* (transects), espèces végétales protégées bien représentée sur site et bien visible à cette époque de l'année (mais complétement « invisible » en hiver austral)
02/07/2021	Expertise flore hivernale, finalisation de la cartographie des habitats et focus sur les habitats humides (et espèces associées).
22/05/2025	Expertises complémentaires flore / végétation – focus sur zone Sud suite retour DEAL
28/05/2025 02/04/2026	Expertises spécifiques *Phragmites mauritianus*
Expertise faune diurne : oiseaux, reptiles, insectes (6 passages dédiés)	
05/03/2021	Visite diurne des emprises et observations opportunistes Conditions météorologiques favorables – températures élevées
23/03/2021	Expertise ciblée sur les insectes et les reptiles : réalisation de transects en journée Conditions météorologiques favorables – températures élevées
25/03/2021	Expertise ciblée sur les oiseaux : réalisation de 5 points d'écoute en matinée Conditions météorologiques favorables
07/04/2021	Expertise de l'ensemble des groupes au sein et aux alentours des carrières : réalisation de 2 points d'écoute et de transects Conditions météorologiques favorables – températures élevées
15/09/2021	Expertise de l'ensemble des groupes en matinée : réalisation de 7 points d'écoute et de transects Recherche nocturne (ciblée sur le caméléon) à vue Conditions météorologiques favorables
22/05/2025	Expertises complémentaires faune multi groupes – focus sur zone Sud suite retour DEAL Conditions météorologiques favorables

● ***Bien que légèrement « en dehors » de la saison estivale, les dates indiquées ont toutefois permis de réaliser un inventaire « exhaustif » de la végétation présente compte tenu des fortes précipitations enregistrées à La Réunion en avril/mai 2021 : toutes les espèces végétales (dont Zornia gibbosa) étaient encore bien « visibles » à cette période. Le complément 2025 a permis de confirmer les observations sur les secteurs recoupés à cet effet***

Dates des inventaires	Nature de la prospection et conditions météo associés
Expertise chiroptères (2 passages dédiés)	
06/04/2021	Pose de 2 enregistreurs sur une nuit entière, une expertise en sortie de gîte et quelques observations opportunistes nocturnes à l'aide d'un appareil à ultrasons portable Conditions météorologiques favorables
15/09/2021	Expertise en sortie de gîte Conditions météorologiques favorables

3.5 Méthodes d'inventaires et difficultés rencontrées

3.5.1 Inventaire de la flore et des habitats

Les prospections ont été réalisées dans l'objectif de dresser une cartographie précise et fonctionnelle des habitats naturels d'une part, et de faire l'inventaire des espèces végétales présentes dans la zone d'étude d'autre part.

Les inventaires de terrain ont notamment axé sur la recherche d'espèces rares, remarquables et/ou protégées, dont *Zornia gibbosa*, espèce protégée particulièrement bien implantée sur le secteur. Cette espèce n'étant visible que durant l'été austral (de décembre à mai suivant les années), un effort particulier de prospection a été réalisé fin avril – début mai, période où l'espèce était particulièrement bien visible (en floraison). Des transects ont ainsi été réalisés le 06/05/2021 sur les secteurs favorables (tonsures savanes à Hétéropogon mais également milieux rudéraux xérophiles – bord de trottoir, massifs plantés, friches, etc.) afin de préciser la chorologie de l'espèce sur site et les effectifs des populations concernées.

Prospection de Zornia gibossa

Recalibrage de l'axe mixte de Saint-Paul

- Emprise du projet
- Aire d'étude rapprochée
- Parcours de l'expert botaniste pour le répérage de Zornia gibossa

© TO & Region Reunion - Tous droits réservés - Sources : ©Biotope (2026), etc - Cartographie : Biotope, 2026-02-23T16:21:28.399

Propriété de Biotope
Ne peut être diffusée sans autorisation préalable de Biotope

En ce qui concerne les habitats, la nomenclature utilisée est la Typologie des Milieux Naturels de la Réunion (TDHR, v Oct.2014), ou Corine Biotope (v2012.1) pour les habitats non pris en compte dans le TDHR.

La nomenclature des plantes à fleurs et des fougères utilisée est celle de l'Index commenté de la flore vasculaire de la Réunion (Trachéophytes) du Conservatoire Botanique National de Mascarin (CBNM, v2018.2).

3.5.2 Inventaire de la faune

Entomofaune

Pour les lépidoptères, les recherches se sont portées sur les rhopalocères diurnes (papillons de jour) avec la recherche des différents indices de présence des espèces (adultes en vol, plantes hôtes, chenilles, chrysalides…).

Pour les odonates, les recherches se sont portées sur toutes les espèces susceptibles d'être présentes aux abords des zones humides. Tous les indices de présence ont été relevés (larves, adultes en vol…).

Herpétofaune

Les expertises sur l'herpétofaune ont été menées sur l'ensemble de l'aire d'étude immédiate. Elles ont concerné principalement la recherche d'une espèce de reptile protégée : le Caméléon panthère ou endormi (*Furcifer pardalis*).

Méthode

Transects linéaires et observation opportuniste

Descriptif

Les transects ont été choisis dans des milieux propices aux reptiles et en particulier le Caméléon panthère. L'objectif est d'échantillonner des milieux favorables et de recenser les individus.

Indicateurs

La présence/absence de l'espèce détermine l'existence d'une population.

Contexte particulier à La Réunion et aux espèces étudiées

Seules trois espèces indigènes de reptiles continentaux existent à La Réunion. Les populations de Gecko vert de Manapany *Phelsuma inexpectata,* de Gecko vert des hauts *P. bourbonica* (Sanchez & Cacéres 2011) et de Scinque de Bouton *Cryptoblepharus boutonii* (Probst 1999) sont trop éloignées de la zone d'étude pour y être observé. Seul le Caméléon panthère, reptile exotique mais protégé, et les autres espèces exotiques (Agames et Gecko malgaches notamment) ont donc été inventoriés dans le cadre de cette étude.

Limites du protocole

La taille des populations ne peut pas être établie de façon certaine, mais basée sur une estimation.

Avifaune terrestre

Cette phase a pour but d'inventorier les espèces à enjeux et d'évaluer d'un point de vue qualitatif et quantitatif l'avifaune sur le site étudié. L'inventaire des oiseaux se sont déroulés sur l'été et l'hiver austral afin de couvrir l'ensemble du cycle biologique de l'avifaune.

Différentes techniques de prospection ont été utilisées. En ce qui concerne les passereaux, nous avons utilisé la technique des Indices Ponctuels d'Abondance (I.P.A., BLONDEL, FERRY & FROCHOT, 1970). Cette méthode de dénombrement quantitatif permet d'apprécier le nombre de couples d'oiseaux nicheurs sur une surface donnée (la sphère auditive et visuelle de l'observateur) à partir d'un point fixe. En outre, une observation visuelle des oiseaux en vol à partir de focales d'observations a également été réalisée. Cette méthode s'applique pour les rapaces comme le Busard de Maillard (*Circus maillardi*). Ainsi, l'expertise a été réalisée via 7 Indices Ponctuels d'Abondance (IPA) et deux focales fixes dans des milieux différents et sur l'ensemble de la zone d'étude immédiate et à proximité, afin de caractériser les cortèges et les espèces présentes, par zone et habitats. Ces différentes méthodes ont été appliquées afin d'optimiser le contact avec l'ensemble des espèces remarquables.

Limites

Les observations des passereaux forestiers restent fortement dépendantes des conditions météorologiques notamment de la couverture nuageuse, de la pluie et du vent. Les points de vue dégagée du site d'étude ont permis d'observer l'ensemble de la zone d'étude rapprochée avec des focales surélevées.

Mammifères (chiroptères)

Les inventaires réalisés ont porté exclusivement sur les chauves-souris, seul groupe d'espèces de mammifères indigènes à La Réunion. Ces inventaires ont été réalisés à la fin de l'été austral (avril 2021) et en hiver (septembre 2021).

Pour connaître la fonctionnalité du gîte, il convient de procéder à minima à deux comptages, l'un en hiver austral et l'autre en été austral. La période de septembre-octobre semble constituer une phase d'activité importante (reproduction, naissance et élevage des jeunes également possible à cette période de l'année) pour le Petit Molosse suivant les secteurs étudiés (HOARAU C., inédit).

1 Contexte du projet et aspects méthodologiques

Les inventaires ont été réalisés en avril 2021 pour l'été austral et en septembre 2021 pour l'hiver austral.

Ainsi, les modalités d'expertise se sont traduites par une recherche des gîtes potentiels pour la reproduction en milieu naturel et artificiel, et par un monitoring acoustique (poses d'enregistreurs acoustiques) permettant d'identifier précisément les espèces et leur niveau d'activité.

1 Contexte du projet et aspects méthodologiques

© TO & Region Reunion - Tous droits réservés - Sources : ©Biotope (2026), etc - Cartographie : Biotope, 2026-02-23T16:32:58.830

Méthodologie d'étude de la faune et la flore

Recalibrage de l'axe mixte de Saint-Paul

- Emprise du projet
- Aire d'étude rapprochée
- Déplacements (experts)

Protocoles spécifiques

- Points d'écoute
- Pose d'enregistreurs
- Sortie de gîte

Propriété de Biotope
Ne peut être diffusée sans autorisation préalable de Biotope

3.6 Méthodes de traitement et d'analyse des données

3.6.1 Méthode d'évaluation des enjeux écologiques

Critères d'évaluation d'un enjeu écologique

Pour rappel, un enjeu écologique est la valeur attribuée à une espèce, un groupe biologique ou un cortège d'espèces, un habitat d'espèce, une végétation, un habitat naturel ou encore un cumul de ces différents éléments. Il s'agit d'une donnée objective, évaluée sans préjuger des effets d'un projet, définie d'après plusieurs critères tels que les statuts de rareté/menace de l'élément écologique considéré à différentes échelles géographiques. Pour une espèce, sont également pris en compte d'autres critères : l'utilisation du site d'étude, la représentativité de la population utilisant le site d'étude à différentes échelles géographiques, la viabilité de cette population, la permanence de l'utilisation du site d'étude par l'espèce ou la population de l'espèce, le degré d'artificialisation du site d'étude… Pour une végétation ou un habitat, l'état de conservation est également un critère important à prendre en compte.

● ***Cf.*** *Erreur ! Source du r envoi introuvable.* ***Outils de bio évaluation des espèces et habitats : référentiels utilisés***

Les listes de protection ne sont ainsi pas nécessairement indicatrices du statut de rareté / menace des éléments écologiques et le niveau d'enjeu écologique est indépendant du niveau de protection de l'élément écologique considéré.

Cette situation amène à utiliser d'autres outils, établis par des spécialistes, pour évaluer la rareté et/ou le statut de menace des espèces présentes : listes rouges, synthèses régionales ou départementales, littérature naturaliste... Elles rendent compte de l'état des populations d'espèces dans le secteur géographique auquel elles se réfèrent.

Ces documents de référence pour l'expertise n'ont pas de valeur juridique ou normative mais seront pris en compte dans la présente expertise.

Méthode d'évaluation des enjeux

Dans le cadre de cette étude réglementaire, une évaluation des enjeux écologiques sur l'aire d'étude rapprochée a été réalisée.

Elle s'est appuyée sur les données recueillies sur le terrain, sur l'expérience des spécialistes en charge des inventaires et sur les connaissances les plus récentes. Dans un souci de robustesse et d'objectivité, ces informations ont ensuite été mises en perspective au moyen de références scientifiques et techniques (listes rouges, atlas de répartition, publications…) et de la consultation, quand cela s'est avéré nécessaire, de personnes ressources.

Pour chacun des habitats naturels ou des espèces observés, le niveau d'enjeu a été évalué selon les critères suivants :

Statuts patrimoniaux de l'habitat naturel/ taxon considéré, à différentes échelles géographiques ;

1 Contexte du projet et aspects méthodologiques

Superficie / recouvrement / typicité de l'habitat naturel sur l'aire d'étude ;

Utilisation de l'aire d'étude par l'espèce (reproduction possible, probable ou certaine, alimentation, stationnement, repos…) ;

Représentativité à différentes échelles géographiques de l'habitat naturel / la population d'espèce sur l'aire d'étude ;

Viabilité ou permanence de cet habitat naturel / cette population sur l'aire d'étude ;

Rôle fonctionnel écologique supposé (zone inondable, zone humide, élément structurant du paysage…) ;

Contexte écologique et degré d'artificialisation / de naturalité de l'aire d'étude.

Aucune considération de statut réglementaire n'entre dans cette évaluation.

Chaque niveau d'enjeu écologique est associé à une portée géographique indiquant le poids de l'aire d'étude, ou d'un secteur de celle-ci, en termes de préservation de l'élément considéré (espèce, habitat, habitat d'espèce, groupe biologique ou cortège).

L'échelle suivante a été retenue :

Niveau TRES FORT
Niveau FORT
Niveau MOYEN
Niveau FAIBLE
Niveau NEGLIGEABLE
Niveau NUL

Dans le cas d'une espèce ou d'un groupe/cortège largement distribué(e) sur l'aire d'étude, le niveau d'enjeu peut varier en fonction des secteurs et de l'utilisation de ces secteurs par cette espèce ou ce groupe/cortège.

Par défaut, les espèces dont le niveau d'enjeu est considéré comme « négligeable » n'apparaissent pas dans les tableaux de synthèse des espèces constituant un enjeu écologique.

Note importante : Les enjeux écologiques sont présentés dans l'état initial sous la forme de tableaux synthétiques. Conformément à la réglementation, l'approche est proportionnée avec un développement plus important des espèces constituant un enjeu écologique.

Représentation cartographique des enjeux

Pour chaque groupe ou pour l'ensemble des groupes, une cartographie de synthèse des enjeux écologiques est réalisée. La représentation cartographique est le prolongement naturel de l'analyse des enjeux dans l'étude, et inversement.

Ces cartographies s'appuient à la fois sur les résultats des inventaires menés dans le cadre de l'étude et sur les potentialités d'accueil des différents habitats pour la faune et la flore.

Ainsi, chaque parcelle ou unité d'habitat se voit attribuer le niveau d'enjeu écologique défini pour chaque espèce dont elle constitue l'habitat. Il est ainsi possible de passer d'un niveau d'enjeu par espèce (dans le tableau de synthèse des espèces constituant un enjeu écologique à chaque période du cycle de vie) à une représentation cartographique des enjeux au sein de l'aire d'étude rapprochée.

Lorsque plusieurs espèces utilisent la même parcelle ou la même unité d'habitat, le niveau correspondant à l'espèce qui constitue l'enjeu le plus fort est retenu.

3.6.2 Méthodes d'évaluation des impacts

Dans le cadre de cette étude réglementaire, une caractérisation des impacts du projet sur le patrimoine naturel de l'aire d'étude a été réalisée.

Nous nous concentrons ici sur les effets négatifs du projet.

Sur la base d'une typologie des effets prévisibles du projet et d'une quantification simple de ceux-ci, les niveaux d'impact ont été évalués selon les critères suivants :

Caractéristiques propres à l'effet considéré :

- Grand type d'effet (effet direct ou indirect : destruction, dégradation, perturbation…) ;
- Période d'occurrence (pendant, ou hors, période de vulnérabilité des espèces / en phase de travaux ou d'exploitation) et durée de l'effet (effet temporaire/permanent) ;
- Portée de l'effet (court, moyen ou long terme) ;
- Intensité de l'effet (pollution diffuse, destruction totale…).

Niveau d'enjeu écologique de l'élément concerné par l'effet ;

Autres caractéristiques propres à l'élément concerné par l'effet :

- Nature précise de l'élément (habitat d'espèce, individus…) ;
- Surface / longueur relative concernée ;
- Effectif relatif concerné ;
- Sensibilité immédiate de l'élément impacté à l'effet ;

- Capacité d'auto-régénérassions (résilience) de l'élément impacté après l'effet, sur l'aire d'étude.

Aléa contextuel / environnemental (éléments de nature à réduire ou à augmenter localement la probabilité d'occurrence de l'effet) ;

Performance vis-à-vis de l'effet des mesures d'évitement et de réduction intégrées au projet.

Les impacts considérés ici intègrent les mesures d'évitement et de réduction des effets ; il s'agit donc d'impacts résiduels.

Dans le prolongement logique de l'évaluation des enjeux, chaque niveau d'impact résiduel est associé à une portée géographique.

L'échelle suivante a été retenue :

Impact TRES FORT
Impact FORT
Impact MOYEN (= MODERE)
Impact FAIBLE
Impact NEGLIGEABLE
Impact NUL

Le terme de « notable », codé à l'article R. 122-5 du Code de l'environnement, est utilisé dans les études d'impact pour qualifier tout impact qui doit être pris en compte.

Dans la présente étude, nous considèrerons comme « notable » tout impact résiduel dont le niveau n'est ni faible ni négligeable à l'échelle de l'aire d'étude (impacts supérieurs ou égaux à moyens) et donc généralement de nature à déclencher une action de compensation.

3.6.3 Méthode d'évaluation des impacts cumulés

Une analyse des impacts cumulés du projet avec d'autres projets connus a été menée. Ils correspondent aux impacts globaux de l'ensemble des projets d'aménagement situés dans l'aire d'étude élargie et dont les impacts peuvent s'ajouter les uns aux autres (interactions possibles). Les projets à prendre en compte sont ceux, ayant fait l'objet, à la date du dépôt de la présente étude d'impact :

D'un document d'incidence pour demande d'autorisation au titre de la loi sur l'eau et d'une enquête publique (article R. 214-6 du Code de l'environnement) ;

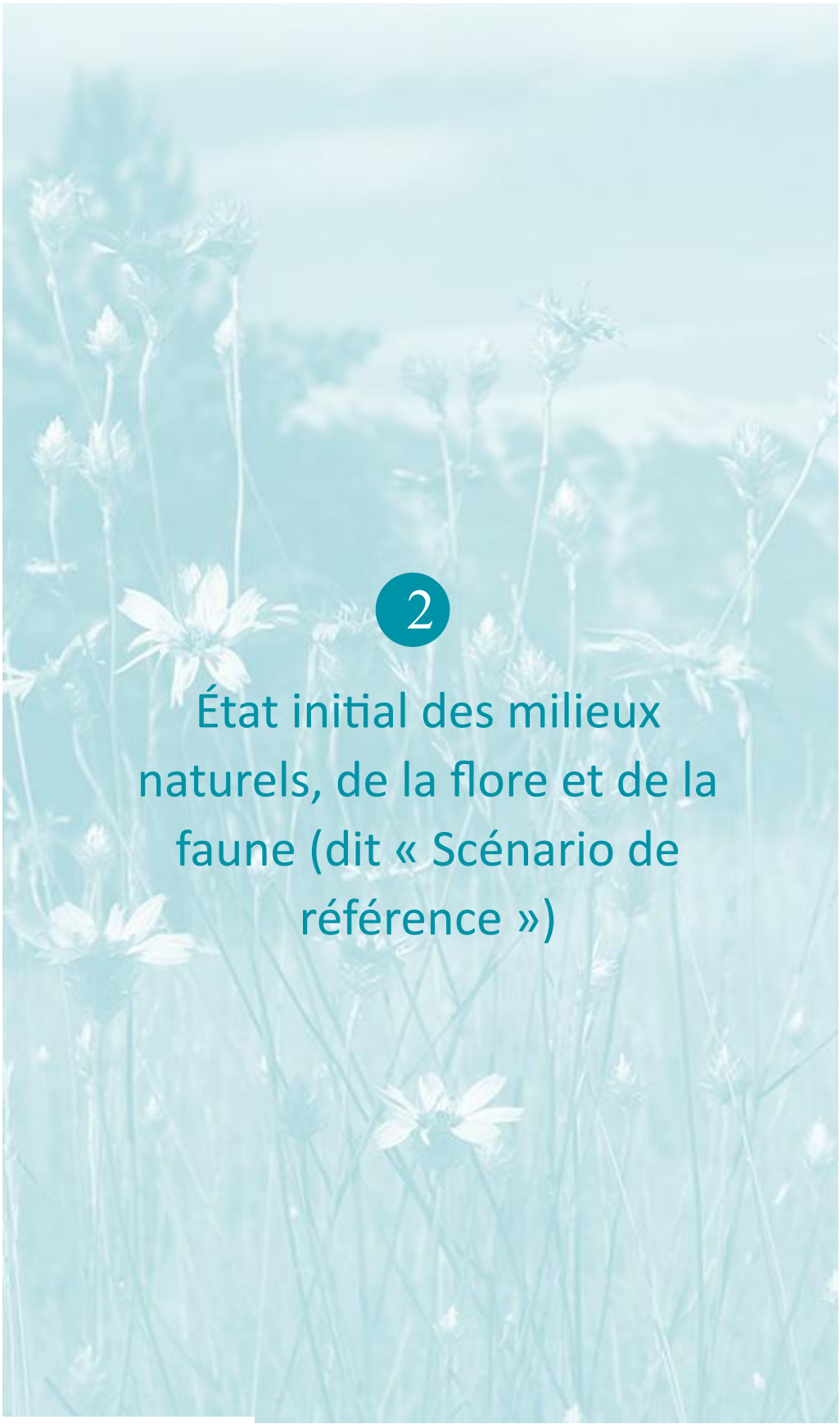
Et/ou d'une étude d'impact, et pour lesquels un avis de l'autorité environnementale a été rendu public.

Une recherche des projets susceptibles d'avoir des impacts cumulés avec le projet du prolongement de l'axe mixte a été réalisée par Biotope au sein de l'aire d'étude élargie.

1 Contexte du projet et aspects méthodologiques

La liste des projets étudiés concerne les projets dont les avis datent de moins de trois ans.

Cette méthode trouve ses limites dans le fait que les informations disponibles sont peu ou partiellement accessibles et très hétérogènes.



2

État initial des milieux naturels, de la flore et de la faune (dit « Scénario de référence »)

2 État initial des milieux naturels, de la flore et de la faune (dit « Scénario de référence »)

1 Contexte écologique du projet

L'état initial des milieux naturels, de la flore et de la faune correspond à l'état actuel de l'environnement, également dénommé « scénario de référence » dans l'article R. 122-5 du Code de l'environnement).

Un inventaire des zonages du patrimoine naturel s'appliquant sur l'aire d'étude élargie a été effectué en intégrant les différents porters à connaissance du patrimoine naturel connus et exploitables. Les données concernant les milieux naturels, le patrimoine écologique, la faune et la flore sont principalement de deux types :

- Les zonages réglementaires du patrimoine naturel qui correspondent à des sites au titre de la législation ou de la réglementation en vigueur dans lesquels les interventions dans le milieu naturel peuvent être contraintes. Ce sont les parcs nationaux (cœur de parc), les arrêtés préfectoraux de protection de biotope, les réserves naturelles nationales et régionales, etc.
- Les zonages d'inventaires du patrimoine naturel, élaborés à titre d'avertissement pour les aménageurs et qui n'ont pas de valeur d'opposabilité. Ce sont notamment les Zones Importantes pour la Conservation des Oiseaux (ZICO), les Zones Naturelles d'Intérêt Écologique, Faunistique et Floristique (ZNIEFF de type II, grands ensembles écologiquement cohérents et ZNIEFF de type I, secteurs de plus faible surface au patrimoine naturel remarquable).

D'autres types de zonages existent, correspondant par exemple à des territoires d'expérimentation du développement durable ou à des secteurs gérés en faveur de la biodiversité (Espaces Naturels Sensibles, sites des Conservatoires des Espaces Naturels, sites du Conservatoire du Littoral et des Rivages Lacustres…).

1.1 Zonages règlementaires du patrimoine naturel

1.1.1 Le Parc National de La Réunion

Seule la rivière des galets située hors de la zone d'étude au Nord est en aire d'adhésion du Parc National de La Réunion.

Le décret de création du Parc National de la Réunion (n°2007-296) fixe la limite maximale (aire d'adhésion) des territoires des communes ayant vocation à adhérer à la charte du Parc National.

À l'intérieur de cette limite, chaque commune peut adhérer à la Charte. Le Parc National a ainsi vocation à réunir des territoires naturels et ruraux des « Hauts » autour

d'une charte de libre adhésion définissant un projet commun d'aménagement et de développement durables autour du cœur.

Par ailleurs, en zone d'adhésion, tout projet doit faire l'objet d'un avis simple du Parc.

Le projet n'est donc pas concerné par les différents zonages liés au Parc National.

1.1.2 Le Conservatoire du Littoral

Le Conservatoire du Littoral (CL) de La Réunion est un établissement public administratif de l'Etat, géré de façon autonome, qui a pour mission principale de « mener, après avis des conseils municipaux intéressés et en partenariat avec les collectivités territoriales, une politique foncière de sauvegarde de l'espace littoral et de respect des sites naturels et de l'équilibre écologique ». Trois moyens d'acquisition sont à la disposition du CL : à l'amiable, par préemption (Art. L.142-3 du code de l'urbanisme) et par expropriation. Il peut aussi se voir affecter, confier ou remettre en gestion, à titre gratuit, le domaine public ou privé de l'Etat et notamment le Domaine Public Maritime (DPM).

Toute aliénation de son domaine propre est soumise à autorisation par décret en Conseil d'Etat. Le CL, une fois le terrain acquis, en confie la gestion à une collectivité territoriale (communes, intercommunalités ou départements, en priorité) ou à un établissement public, une association, une fondation et exceptionnellement à des agriculteurs.

L'aire d'étude rapprochée du projet n'est pas concernée par les espaces sous maîtrise actuelle ou prospective du CL. Les terrains les plus proches sont situés au Sud de l'aire d'étude à l'Etang de Saint-Paul.

1.1.3 Les Espaces Naturels Remarquables à préserver au SAR/SMVM 2010

D'après le Schéma d'Aménagement Régional et Schéma de Mise en Valeur de la Mer (2011), la zone d'implantation du projet est située dans sa plus grande majorité en zone d'urbanisation prioritaire. Seule l'exutoire du cours d'eau Sud à l'approche de l'Etang de Saint-Paul est caractérisé comme un corridor écologique.

Le site n'est que très partiellement concerné par les espaces naturels identifiés dans ces documents (espaces naturels de protection forte et espaces remarquables du littoral notamment – cf. cartographies ci-après).

2 État initial des milieux naturels, de la flore et de la faune (dit « Scénario de référence »)

1.1.4 SCOT TCO et PLU de Saint-Paul

Le SCOT Ouest a été approuvé par le Conseil de la Communauté en séance du 21 décembre 2016. Le document détermine les orientations d'aménagement sur 10 ans à l'échelle intercommunale. D'après celui-ci, la zone d'étude est en partie considérée en tant que zone à urbanisée et le projet d'écocité de Cambaie est mentionné dans les futurs aménagements prévus.

Au PLU de Saint-Paul, approuvé en 2012, le site d'étude est majoritairement classé en zone urbanisée (U) ou à urbaniser (AU). A noter toutefois que la ravine La Plaine, traversant le site d'étude, est classé en zone Naturelle (N) au PLU. Aucun Espace Boisé Classé (EBC) n'est présent. Le reste des parcelles (à l'Est de la route des Tamarins) est classé en zone agricole (A).

1.1.5 La réserve naturelle régionale de l'Etang de Saint-Paul

Cette réserve naturelle (RN) s'étend sur 447 ha. Elle est séparée en deux zones de protection, intégrale et modérée. Elle est classée Ramsar, ce qui traduit son importance au niveau mondial.

Le projet s'inscrit en périphérie de cette zone humide. L'aire d'étude rapprochée intercepte la zone de protection modérée de la RN à l'extrémité Nord. Il est également important de noter que la ravine de La Plaine est connectée à l'étang de Saint-Paul à son exutoire.

1.1.6 Les servitudes forestières

La servitude forestière, instituée par le décret n° 79-430 du 31 mai 1979 (article L.363-12 du Code forestier), consiste en l'interdiction de défricher, d'exploiter et de faire paître sur les versants des rivières, bras ou ravines et de leurs affluents.

Aux termes de l'article R. 363-7 du Code forestier, les dispositions de l'article L. 363-12 s'appliquent :

Aux versants des rivières, bras ou ravines et de leurs affluents, aux pentes supérieures ou égales à 30 grades ;

Aux abords des rivières, bras ou ravines et de leurs affluents sur une largeur de 10 mètres de chaque côté, à partir du niveau atteint par les plus hautes eaux.

Le Code forestier empêche notamment tout défrichement aux abords des ravines, rivières, affluents, ou des bras, ainsi que l'inexploitation de ces zones, des dérogations peuvent être accordées.

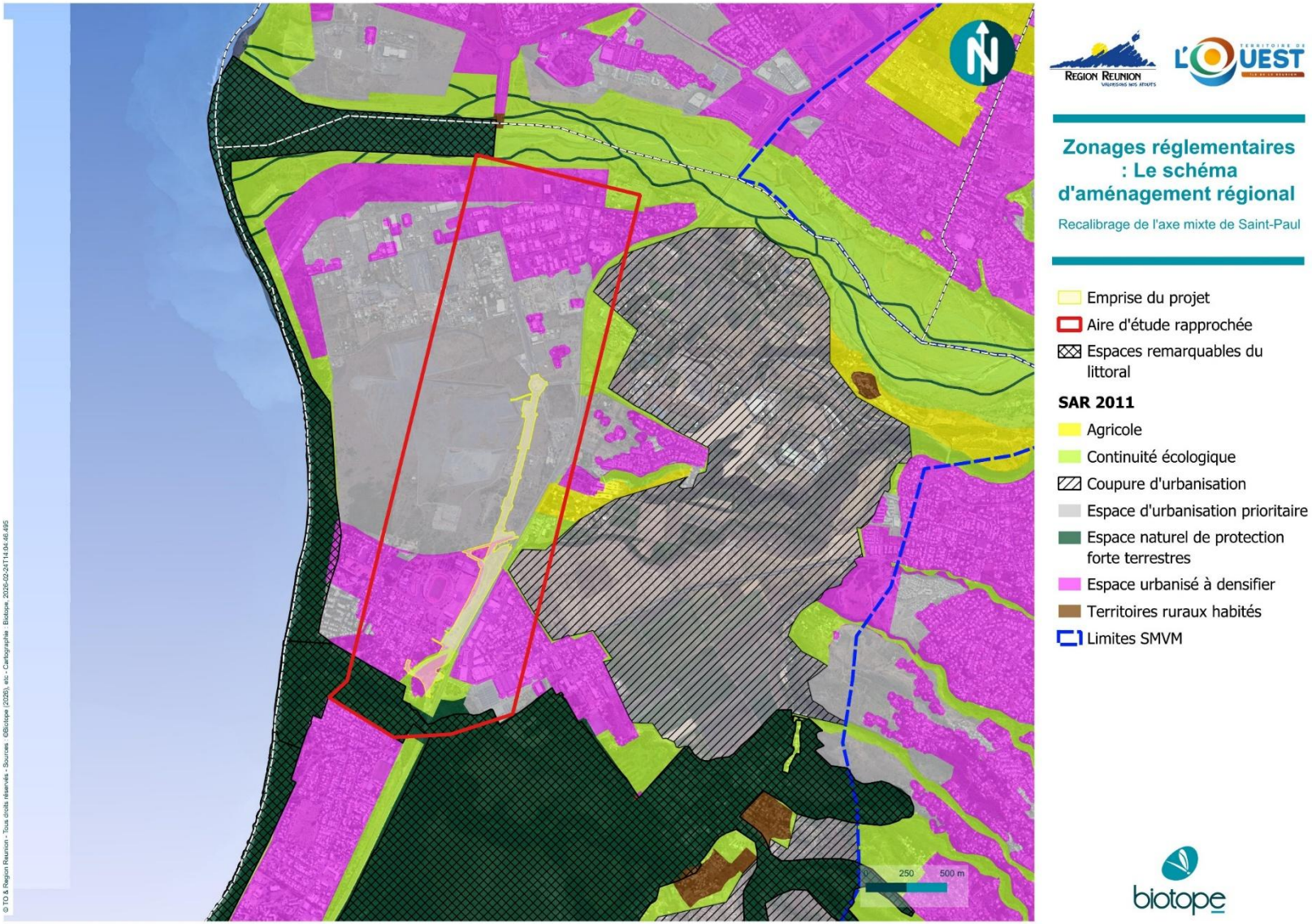
L'emprise directe du projet n'est concernée par aucun zonage réglementaire du patrimoine naturel.

État initial des milieux naturels, de la flore et de la faune (dit « Scénario de référence »)

2

Propriété de Biotope
Ne peut être diffusée sans autorisation préalable de Biotope

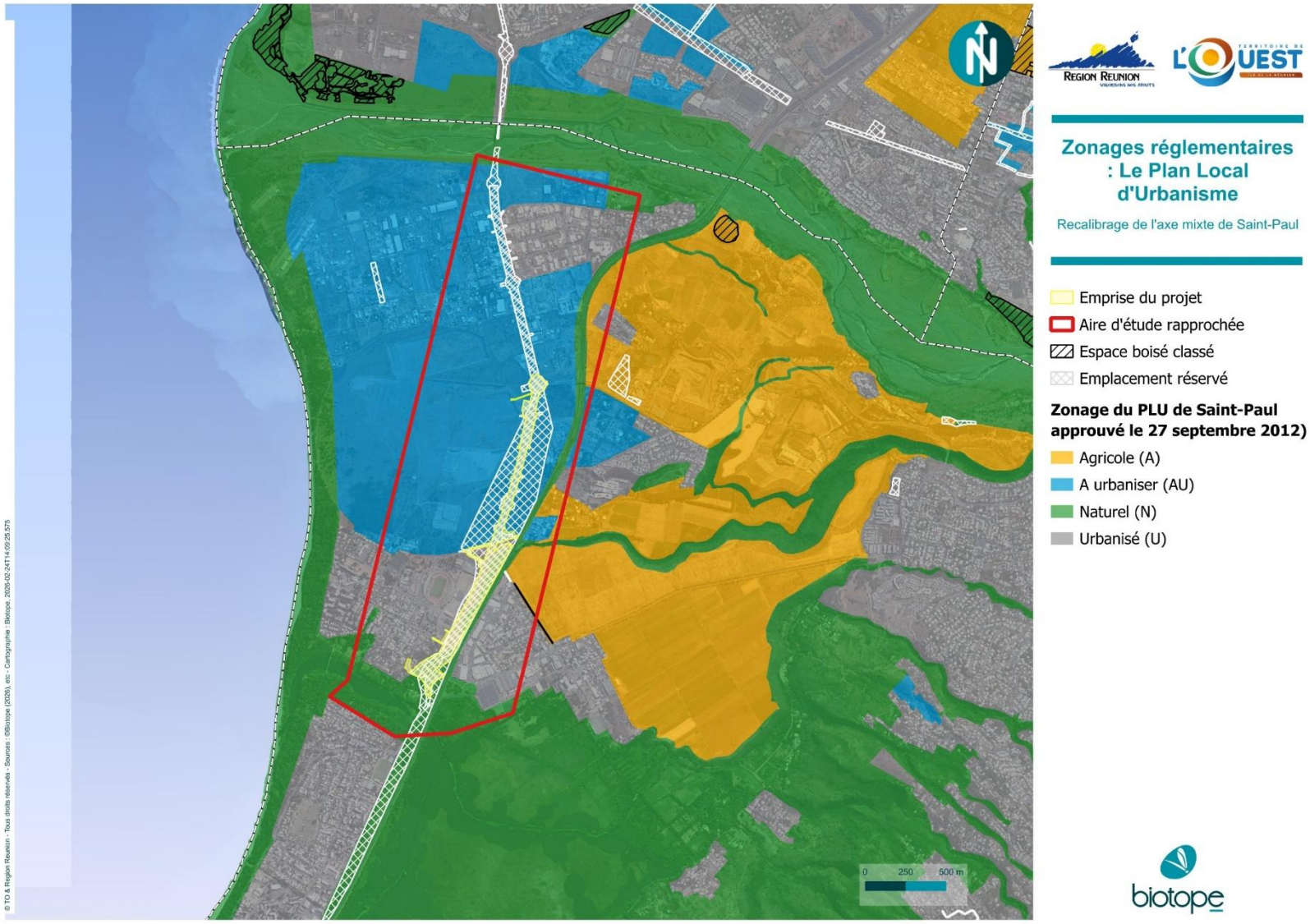
2 État initial des milieux naturels, de la flore et de la faune (dit « Scénario de référence »)



© TO & Region Reunion - Tous droits réservés - Sources : ©Biotope (2026), etc - Cartographie : Biotope - 2026-02-24T14:04:46.495

opriété de Biotope
e peut être diffusée sans
utorisation préalable de Biotope

2 État initial des milieux naturels, de la flore et de la faune (dit « Scénario de référence »)



iété de Biotope
Ne peut être diffusée sans autorisation préalable de Biotope

1.2 Zonages d'inventaires du patrimoine naturel

1.2.1 Les inventaires ZNIEFF

Les ZNIEFF ont pour objectif d'identifier et de décrire des secteurs du territoire particulièrement intéressants sur le plan écologique, participant au maintien des grands équilibres naturels ou constituant le milieu de vie d'espèces animales et végétales rares, caractéristiques du patrimoine naturel régional. C'est l'inventaire de référence du patrimoine naturel sur le territoire national. A la Réunion, la première génération d'inventaire ZNIEFF a été réalisée par la SREPEN (notamment Mr. J.Dupont). Le chantier démarré en 1995 a été finalisé en 2001 pour être validé en 2002.

Ces zonages d'inventaire n'ont pas de valeur juridique directe. Ils doivent cependant être pris en compte dans les projets d'aménagement.

Les ZNIEFF sont de deux types :

Les ZNIEFF de type II, qui correspondent à de grands ensembles naturels riches ou assez peu modifiés qui offrent des potentialités écologiques importantes ;

Les ZNIEFF de type I, qui correspondent généralement à des secteurs de plus faible surface caractérisés par un patrimoine naturel remarquable.

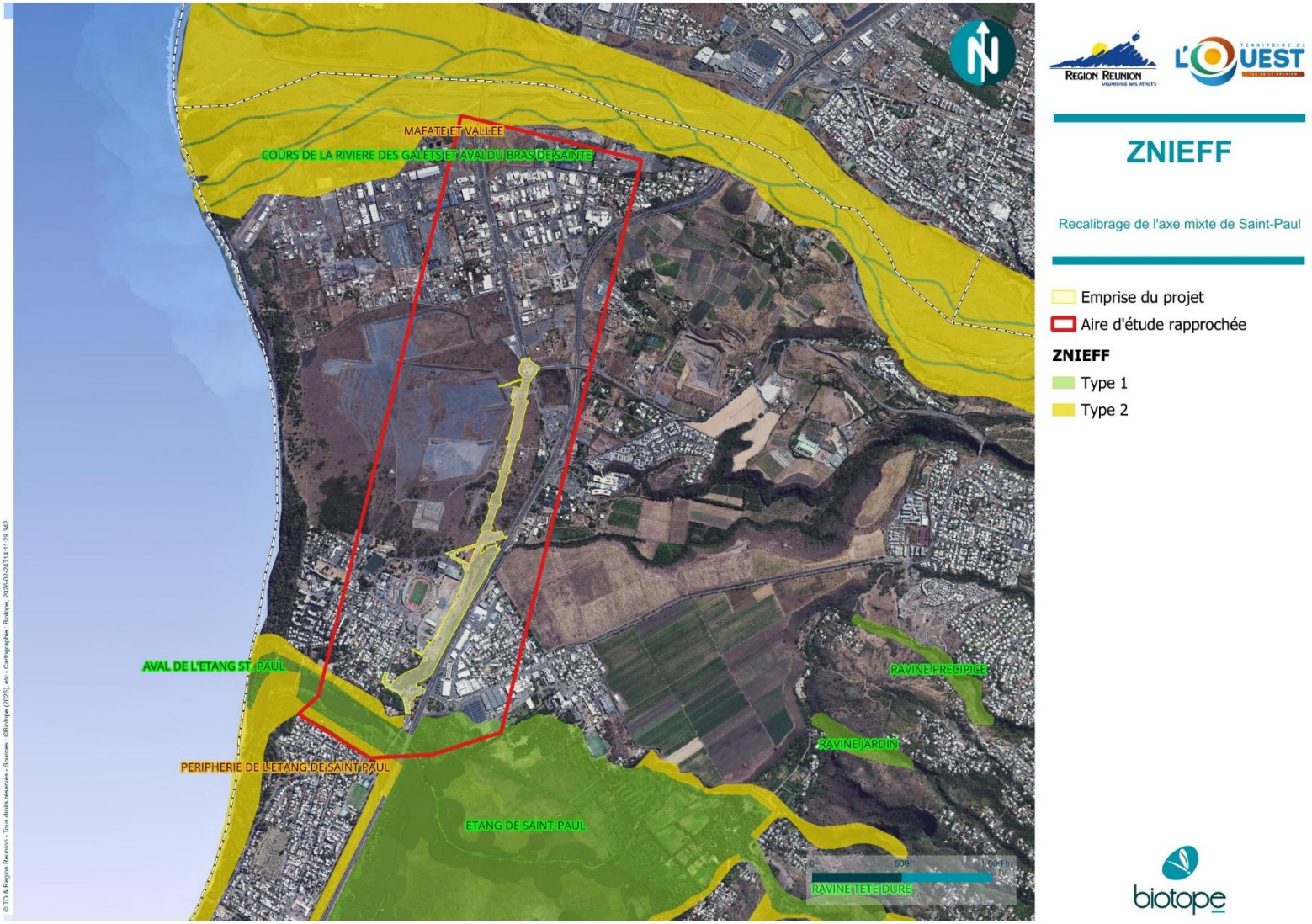
Trois ZNIEFF de type I, et deux ZNIEFF de type II se trouvent à proximité plus ou moins immédiate du projet (Cf. carte suivante).

Tableau 3. ZNIEFF décrites à proximité de la zone d'étude

Code régional de la ZNIEFF	Nom de la ZNIEFF
ZNIEFF de type II	
N° régional : n.c	Périphérie de l'étang de Saint-Paul
N° régional : n.c	Cours de la Rivière des galets
ZNIEFF de type I	
040030117	Aval de l'étang de Saint-Paul
N° régional : n.c	Etang de Saint-Paul
N° régional : n.c	Mafate et vallée

L'emprise du projet n'est pas concernée directement par ces ZNIEFF. Seule l'aire d'étude rapprochée est concernée.

2 État initial des milieux naturels, de la flore et de la faune (dit « Scénario de référence »)



1.2.2 Les zones humides

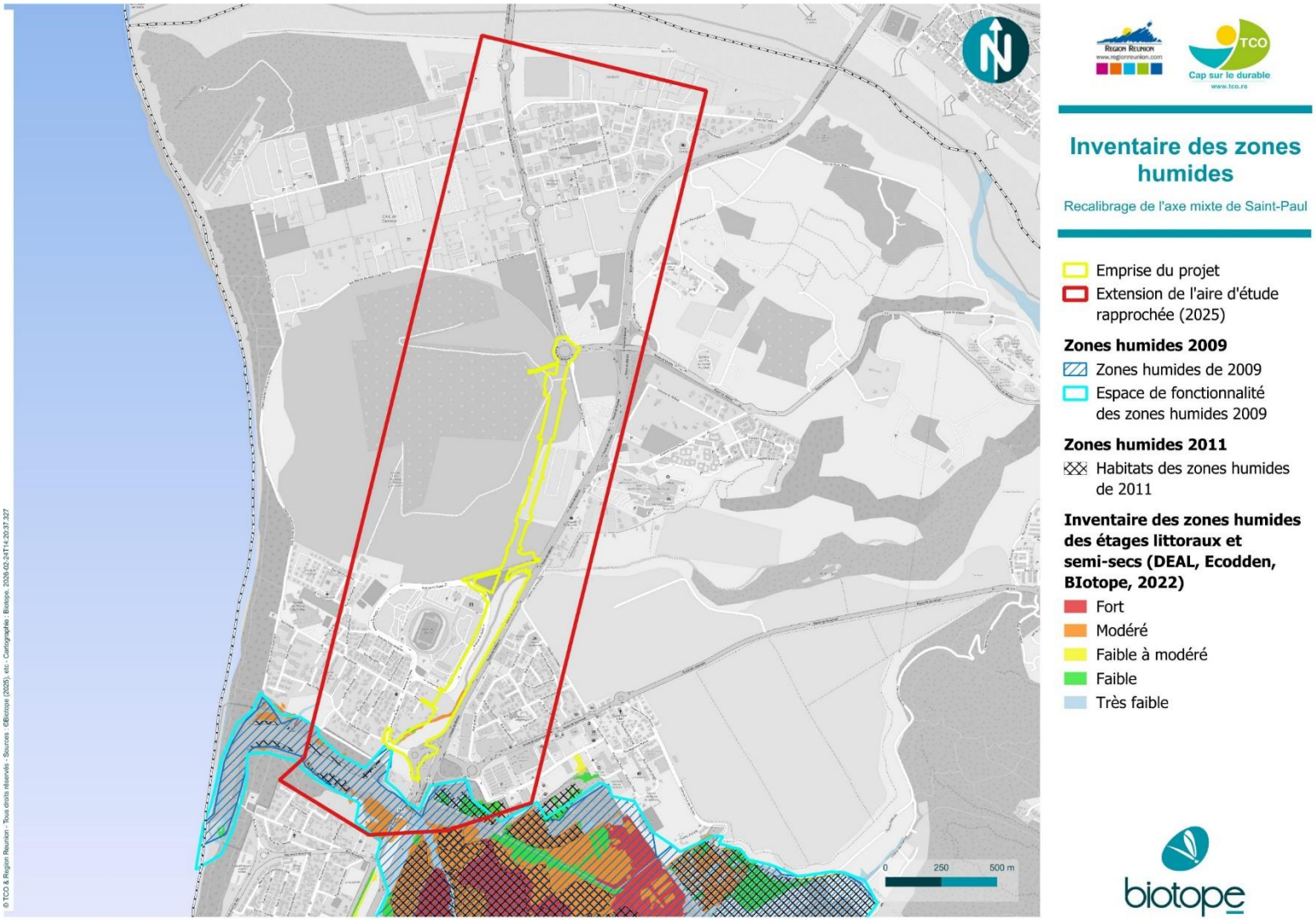
Historiquement, les zones humides étaient identifiées selon la définition légale issue de la Loi sur l'eau de 1992 : « On entend par zone humide les terrains, exploités ou non, habituellement inondés ou gorgés d'eau douce, salée ou saumâtre de façon permanente ou temporaire ; la végétation, quand elle existe, y est dominée par des plantes hygrophiles pendant au moins une partie de l'année. »

Cette définition a ensuite été modifiée par la Loi n°2019-773 du 24 juillet 2019 : « On entend par zone humide les terrains, exploités ou non, habituellement inondés ou gorgés d'eau douce, salée ou saumâtre, de façon permanente ou temporaire, ou dont la végétation, quand elle existe, y est dominée par des plantes hygrophiles pendant au moins une partie de l'année ». Cette définition introduit ainsi le caractère alternatif entre critères pédologiques et floristiques.

A La Réunion, des zones humides présentant un caractère intéressant au titre de la biodiversité ont été inventoriées et délimitées (DEAL, 2009 ; DEAL/CBNM, 2011 ; DEAL, BIOTOPE, ECODDEN, 2022). Ce travail a été réalisé dans un souci de prise en compte de ces milieux sensibles dans l'aménagement du territoire. L'identification de ces sites ne constitue pas de contraintes réglementaires mais elles représentent des zones dont l'intérêt écologique est reconnu. La notion « d'espaces de fonctionnalité » y est mentionnée en tant que zone tampon autour de la zone humide principale. Ces inventaires n'ont toujours pas de valeur réglementaire mais rappellent toujours l'intérêt exceptionnel de ces zones au niveau de la Biodiversité réunionnaise.

Un complexe de zones humides est identifié à proximité de la zone d'étude : il s'agit de l'étang de Saint-Paul, vaste de 415 hectares, constituant la plus vaste zone humide littorale des Mascareignes. Elle a été classée d'importance internationale (RAMSAR) depuis 2019.

2 État initial des milieux naturels, de la flore et de la faune (dit « Scénario de référence »)



2 Habitats naturels et flore

Remarque importante : un habitat naturel est une zone terrestre ou aquatique se distinguant par ses caractéristiques géographiques, abiotiques et biotiques, qu'elle soit entièrement naturelle ou semi-naturelle. Tout en tenant compte de l'ensemble des facteurs environnementaux, la détermination des habitats naturels s'appuie essentiellement sur la végétation qui constitue le meilleur intégrateur des conditions écologiques d'un milieu (Bensettiti et al., 2001).

Malgré cela, les termes « habitat naturel », couramment utilisés dans les typologies et dans les guides méthodologiques sont retenus ici pour caractériser les végétations par souci de simplification.

2.1 Habitats et milieux naturels

La synthèse proposée ici s'appuie sur les relevés réalisés dans le cadre du présent travail, sur une analyse des caractéristiques des milieux naturels de l'aire d'étude rapprochée ainsi que sur la bibliographie récente disponible.

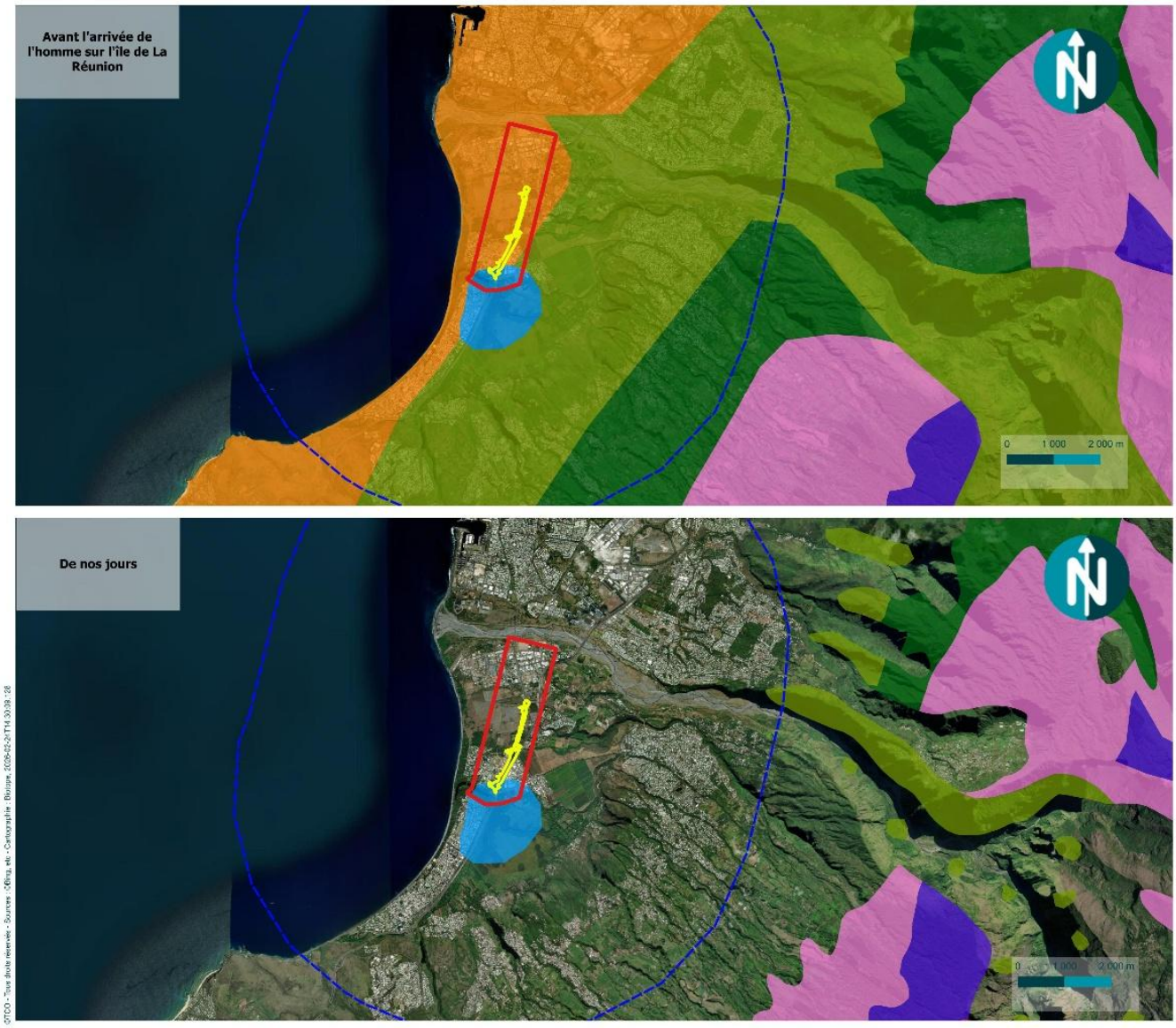
Pour rappel, la cartographie des habitats naturels a été réalisée sur l'aire d'étude rapprochée.

2.1.1 Analyse bibliographique

Au titre de la cartographie des habitats naturels actuels de La Réunion (Parc national de La Réunion, 2010), la zone d'étude est concernée par un habitat naturel relictuel : zone de végétation marécageuse située au sud de la zone d'étude (Etang de Saint Paul). Cette zone correspond à l'habitat naturel qui été présent avant l'arrivée de l'homme. De plus, elle est l'une des rares zones de végétation marécageuse de la Réunion. Les enjeux de cette zone de végétation marécageuses sont donc forts et devront être pris en compte pour la réalisation du projet. D'après l'ONF (2014), la zone d'étude comprendrait également une petite partie d'habitats classés comme tourbière dans la zone de végétation marécageuse alors qu'il ne reste que 3 endroits à la Réunion avec de tels habitats.

Anciennement (avant l'arrivée de l'Homme), la majeure partie de la zone d'étude était constituée de savanes xérophiles à Lataniers et Benjoins. On retrouve encore aujourd'hui des savanes primaires au sein de la zone d'étude (Plaine Chabrier - Biotope, 2021), mais ces habitats sont globalement dégradés et sont principalement constitués de formations végétales exotiques. Elles présentent donc beaucoup moins d'espèces patrimoniales qu'il ne devait y avoir avant l'arrivée de l'Homme. On retrouvait également à cette époque, au Sud de la zone d'étude, une zone constituée de forêt tropicale semi-sèche complexe, dite « forêt de Bois de Couleur des Bas » (Parc national de La Réunion, 2010). Ces milieux semi-xérophiles forestiers ont aujourd'hui complètement disparus de la zone d'étude.

2 État initial des milieux naturels, de la flore et de la faune (dit « Scénario de référence »)



REGION REUNION
www.regionreunion.com

TCO

Milieux naturels avant et après l'installation de l'homme sur l'île

Recalibrage de l'axe mixte de Saint-Paul

- Emprise du projet
- Aire d'étude rapprochée
- Aire d'étude éloignée

Habitats passés et relectuels

- Foret a Acacia heterophylla dite "Tamarinaie"
- Foret tropicale humide complexe d'altitude, dite "Foret de Bois de Couleur des Hauts"
- Foret tropicale humide complexe, de transition en moyenne altitude
- Foret tropicale humide complexe, dite "Foret de Bois de Couleur des Bas"
- Savanne xerophile a Lataniers et Benjoins
- Vegetation marecageuse

biotope

2.1.2 Habitats présents dans l'aire d'étude rapprochée

Les habitats naturels avec un intérêt écologique parfois très important. Ils sont les plus proche des habitats originels trouvés à la Réunion avant l'arrivée de l'homme ;

Les habitats secondaires* souvent dévalorisés par la présence d'Espèces Exotiques Envahissantes. Ils ont un intérêt écologique qui est souvent en lien uniquement avec la simple présence de végétation ;

Les habitats anthropiques comprenant les secteurs agricoles, les terrains en friches les zones rudérales ou les zones d'activités industrielles, composante dominante du paysage de l'aire d'étude.

Les habitats ont été décrits selon la codification Corine Biotope (Dupont et al. 2010), excepté lorsqu'il était possible ou plus juste d'utiliser la typologie des habitats de la Réunion (TDHR, CBNM, 2014).

2.1.3 Formations naturelles

TDHR 2.1.3.10 Ourlet hélophytique à Fimbristylis cymosa

Localisation : Petite zone au Nord de l'aire d'étude

Il s'agit d'une zone humide temporaire à végétation pionnière hygrophile. Cet habitat a été classé dans le code TDHR Ourlet à *Fimbristyllis cymosa*. Cependant, on y retrouve en majorité une autre Cypéracée : *Cyperus difformis*. Cette espèce est classée comme ayant un enjeu fort ce qui fait rend cet habitat d'autant plus important.

Cet habitat présente un enjeu fort.

Figure 2. Ourlet hélophytique à Fimbristylis cymosa (Biotope, 2021)

2 État initial des milieux naturels, de la flore et de la faune (dit « Scénario de référence »)

Corine Biotope 59.211 végétation marécageuse de basse altitude (Réunion)

Localisation : Moitié Sud du cours d'eau traversant la zone d'étude

Il s'agit d'une gradation de milieux humides très localisés (ravine de La Plaine) qui ont été regroupés ici et qui présentent tous un enjeu moyen. On y retrouve diverses espèces caractéristiques des milieux humides tel que *Ludwigia octovalvis, Nesaea triflora, Urochloa mutica, Persicaria senegalensis* ou encore *Colocasia esculenta*.

Cet habitat présente un enjeu fort.

Figure 3. Végétation marécageuse de basse altitude (Réunion) (Biotope, 2021)

Corine Biotope 59.211.3 Végétations hélophytique à Typha domingensis

Localisation : Présente au Sud de l'aire d'étude rapprochée.

Peuplement très dense sur des zones marécageuses atterries de basse altitude, sur des sols très humiques saturés en eau et jusque dans des eaux peu profondes. Ce type d'habitat propose des prairie hélophytique haute pouvant atteindre entre 2 et 4 m de haut.

Cet habitat présente un enjeu fort.

Figure 4. Végétations hélophytique à Typha domingensis (CBNM, 2021)

Corine Biotope 59.211.6 Prairie marécageuse à Setaria geminata

Localisation : Présente au Sud de l'aire d'étude rapprochée.

Végétation des sols exceptionnellement inondés, alluvions sableuses ou sablo-limoneuses recouvertes d'une couche argilo-limoneuse plus ou moins épaisse. On retrouve sur ce type d'habitat un faciès de pelouse hygrophile avec des espèces floristiques tel que Setaria geminata ou encore Cynodon dactylon.

Cet habitat présente un enjeu fort.

Figure 5. Prairie marécageuse à Setaria geminata (CBNM, 2021)

Corine Biotope 87.191 savanes herbacées

Localisation : Présente au nord et au centre de la zone d'étude.

Il s'agit d'un milieu semi-xérophile restant dans un état herbacée climacique compte tenu des conditions extrêmes d'aridité. Malgré la faible diversité spécifique qu'il présente (habitat présentant globalement peu d'espèces caractéristiques) cet habitat présente un enjeu pouvant être considéré comme localement « moyen », au vu notamment :

- De la dominance d'espèces indigènes caractéristiques de ce milieu (Heteropogon contortus, Pellaea viridis et Tephrosia purpurea notamment) conférant un aspect patrimonial certain.
- De la présence de tonsures à Aristida spp. abritant notamment des populations localement très abondantes de Zornia gibbosa, espèce indigène présentant un enjeu fort de conservation ;
- De la présence de savanes considérées comme « sub-primaires* » (BOULLET V., 2022) au sein de l'éco-complexe de la Plaine Chabrier (milieu présentant historiquement très probablement déjà des habitats savanaires climaciques avant

l'arrivée de l'Homme mais ayant subi depuis de nombreuses perturbations anthropiques, notamment l'endiguement de la rivière des Galets et le réaménagement de la Plaine Chabrier).

Ces complexes savanaires secondarisées à la suite d'un long processus pyropastoral et d'autres perturbations anthropiques (nivellement de la plaine Chabrier), manifestement héritées de complexes savanaires primaires (BOULLET V., 2022), sont toutefois globalement en cours d'embroussaillement par les espèces exotiques envahissantes (Lantana strigocamara, Leucaena leucocephala, etc.). Cet habitat présente ainsi un enjeu moyen sur les formations considérées comme sub-primaires n'ayant pas fait l'objet d'une exploitation de granulats (carrières), présentant localement des populations de Zornia gibbosa (les plus fortes concentrations de cette espèce étant toutefois localisées sur des milieux secondaires ou anthropiques).

Figure 6. Savane herbacée à gauche et tonsure à Zornia gibbosa à droite (Biotope, 2021)

2.1.4 Formations secondaires

Corine Biotope 87.193 fourrés secondaires de diverses espèces exotiques à tendance semi-xérophile

Localisation : Ponctue la zone d'étude

Il s'agit d'un milieu semi-xérophile largement dominé par un cortège d'espèces exotiques envahissantes tel que le Cassi et la Fataque.

Cet habitat présente un enjeu floristique globalement faible.

2 État initial des milieux naturels, de la flore et de la faune (dit « Scénario de référence »)

Figure 7. Fourrés secondaires de diverses espèces exotiques à tendance semi-xérophile (Biotope, 2021)

Corine Biotope 22.491.2 Végétation aquatique flottante héliophile à Eichhornia crassipes et Pistia stratiotes

Localisation : Au Sud de la zone d'étude rapprochée

Végétation aquatique des larges canaux de drainage et étangs de basse altitude, exceptionnellement exondé. Les espèces croissent librement dans l'eau ou s'enracinent au fond, dans la vase. Cette végétation se développe idéalement dans des eaux douces et chaudes. Cependant, elle semble tolérer des fluctuations de la disponibilité des éléments nutritifs, du pH et dans une moindre mesure, de la température de l'eau. La salinité des eaux pourrait être un des seuls facteurs réellement limitant à son expansion.

Cet habitat présente un enjeu floristique globalement faible

Figure 8. Végétation aquatique flottante héliophile à Eichhornia crassipes et Pistia stratiotes (CBNM, 2021)

2.1.5 Formations anthropiques

Au total ; quatre types d'habitats anthropiques sont présents :

86.00 villes, villages, sites industriels ;

83.40 cultures ;

86.41 carrières, sablières ;

86.30 sites industriels actifs.

Ces formations anthropiques ne présentent pas d'enjeu de conservation intrinsèque en lien avec l'habitat. Il est toutefois important de noter que les carrières (CBR 86.30) et les villes (CBR 86.00) présentent localement des enjeux floristiques pouvant être considérés comme fort au vu de la présence d'une espèce floristique patrimoniale trouvant ici un biotope de substitution (milieux pionniers xériophiles) : *Zornia gibbosa*.

2.1.6 Statuts et enjeux écologiques des habitats naturels

Ce chapitre présente une synthèse des enjeux liés aux habitats recensées sur l'aire d'étude rapprochée. Chacune d'entre eux a fait précédemment l'objet d'une présentation synthétique reprenant les principales caractéristiques de ces habitats.

L'aire d'étude est majoritairement représentée par des habitats liés aux activités anthropiques. Cependant, on retrouve aussi des habitats naturels présentant des enjeux forts et moyens dans les milieux humides ou lorsqu'il s'agit de savanes présentant des tonsures à *Zornia gibbosa*.

2 État initial des milieux naturels, de la flore et de la faune (dit « Scénario de référence »)

Tableau 4 : Bio évaluation des habitats recensés sur la zone d'étude (Source ; Biotope 2021, CBNM 2014 et DEAL 2010)

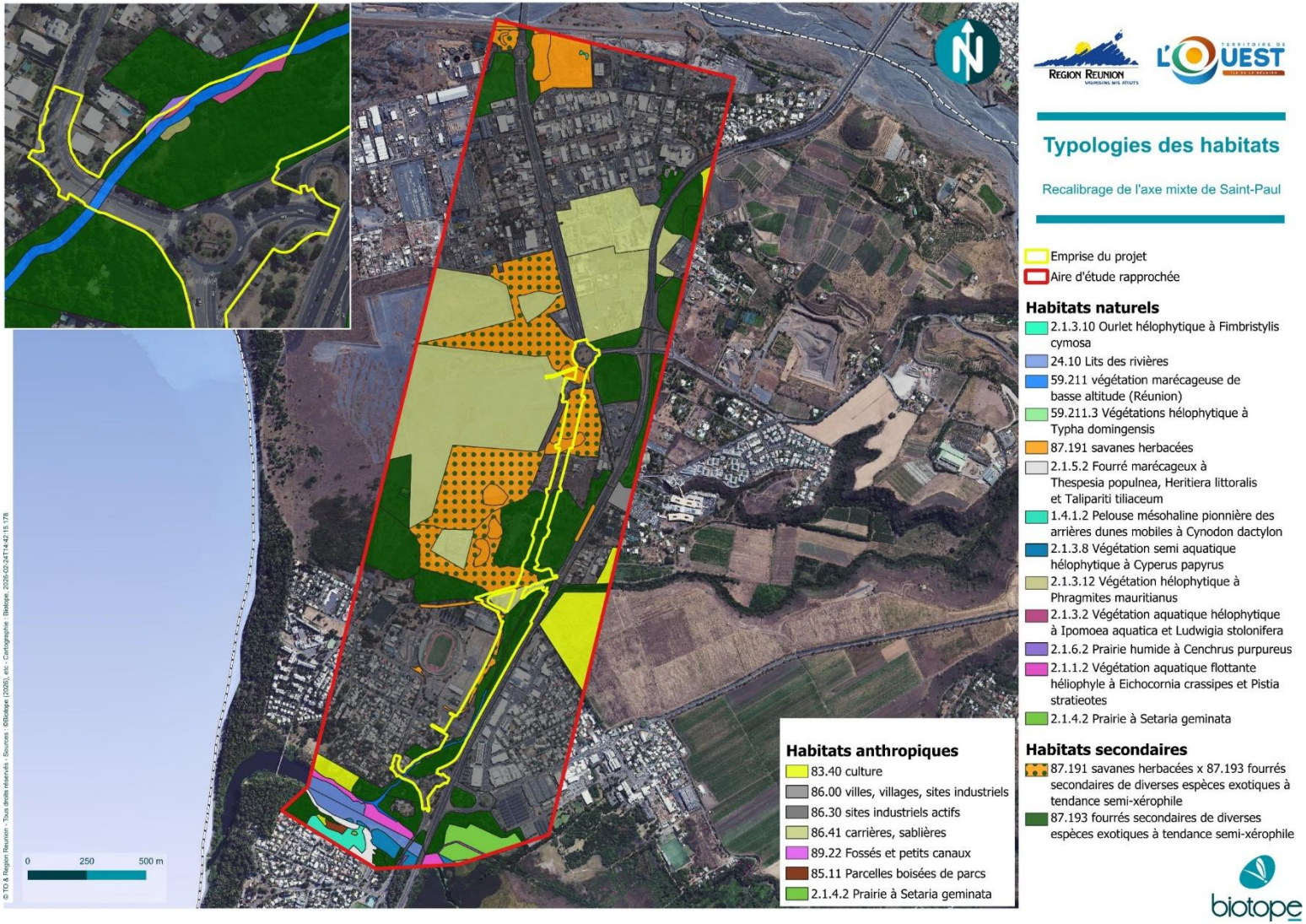
Code TDHR	Code Corine Biotope	Habitats (TDHR 2014/CB)	Rareté	Naturalité	Endémicité	REDOM (intérêt éco-régional)	Habitats ZNIEFF	Enjeu
Habitats naturels et semi-naturels								
2.1.3	59.211	Végétation marécageuse de basse altitude (Réunion)	Rare	Végétation Naturelle-Semi naturelle	Non endémique	Oui	Déterminant ZNIEFF type 1	Fort
2.1.3.10	18.2912	Ourlet hélophytique à *Fimbristylis cymosa*	Assez rare	Végétation Naturelle ou quasi naturelle	Endémique	Oui	Déterminant ZNIEFF type 1	Fort
4.1.1.2	59.211.3	Végétations hélophytique à Typha domingensis	Rare	Végétation semi-naturelle ?	Non endémique	Oui	Déterminant ZNIEFF type 1	Fort
2.1.4.2	59.211.6	Prairie marécageuse à Setaria geminata (=Paspalum geminatum)	Rare	Végétation semi-naturelle ?	Non endémique	Oui	Déterminant ZNIEFF type 1	Fort
Pas de correspondance	24.10	Lits des rivières	Non évalué	Végétation Naturelle ou quasi naturelle	Non concerné	Oui	Déterminant ZNIEFF type 2	Moyen
3.1.1.3	87.191	Savanes herbacées	Commun*	Végétation Semi naturelle-Secondaire	Non endémique	Non	Déterminant ZNIEFF type 2	Moyen
4.1.1.1	22.491.2	Végétation aquatique flottante héliophyle à Eichhornia crassipes et Pistia stratiotes	Très rare	Végétation Secondaire	Non endémique	Non	Non	Faible

2 État initial des milieux naturels, de la flore et de la faune (dit « Scénario de référence »)

Code TDHR	Code Corine Biotope	Habitats (TDHR 2014/CB)	Rareté	Naturalité	Endémicité	REDOM (intérêt éco-régional)	Habitats ZNIEFF	Enjeu
3.1.2	87.193	Fourrés secondaires de diverses espèces exotiques à tendance semi-xérophile	Assez commun	Végétation Secondaire	Non endémique	Non	Non	Faible
Habitats anthropiques (enjeu nul) ⇨ 83.40 Culture ⇨ 85.00 parcs urbains et grands jardins ⇨ 86.41 Carrières, sablières ⇨ 86.30 Sites industriels actifs ⇨ 86.00 Villes, villages, sites industriels ⇨ 89.22 Fossés et petits canaux								

* Savanes herbacées « secondaires communes sur l'île par opposition aux savanes « primaires » localisées aux abords de la rivière des galets (LACOSTE & PICOT, 2014)

2 État initial des milieux naturels, de la flore et de la faune (dit « Scénario de référence »)



2.1.7 Inventaires complémentaires 2025

En réponse aux attentes formulées par la DEAL et reprise dans le courrier de la Maitrise d'ouvrage du 04/04/2025, le groupement, dans le cadre du projet du prolongement de l'Axe Mixte sur la commune de St Paul, s'est engagé par réponse courrier du 10/04/2025 à réaliser des inventaires complémentaires habitat, faune et flore.

Les inventaires de terrain correspondants ont été réalisés en période favorable les 15 et 16 avril 2025 par deux experts faune et flore sur les zones présentées sur la carte ci-après.

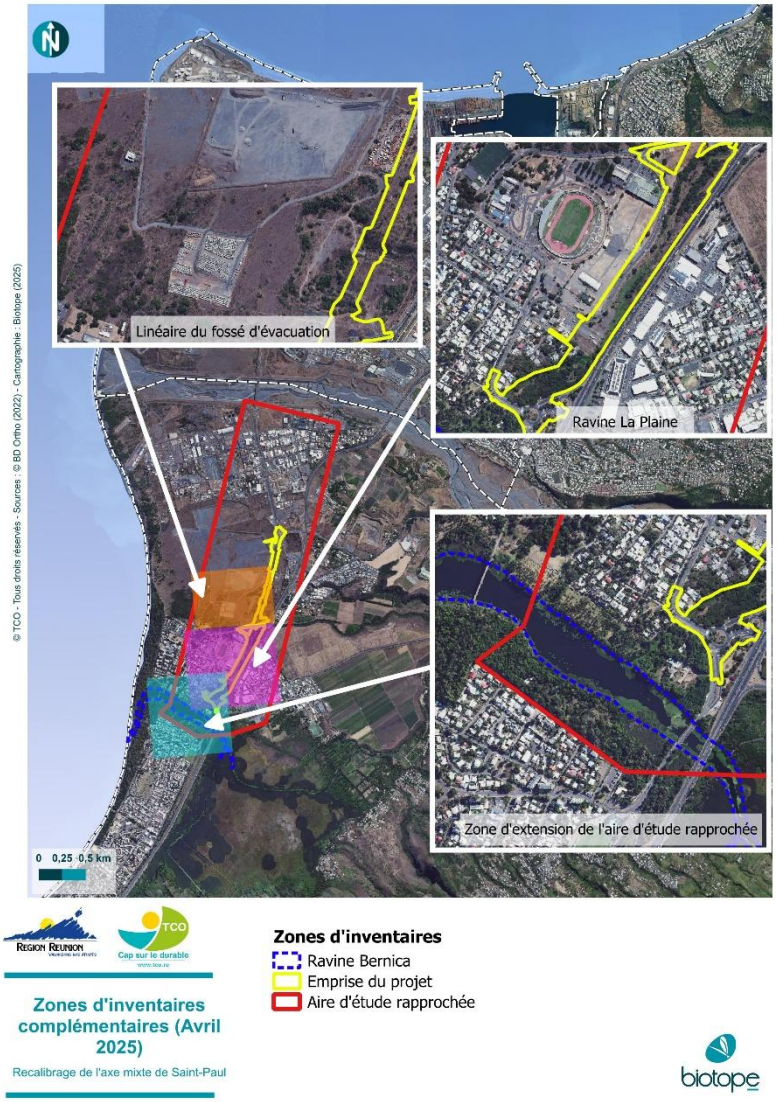


Figure 9 Cartographie des 3 zones prospectées en 2025 (Source : Biotope, 2025)

2 État initial des milieux naturels, de la flore et de la faune (dit « Scénario de référence »)

L'actualisation des inventaires phytoécologiques de 2025 s'est notamment concentrée sur les habitats identifiés dans le cadre de l'inventaire des zones humides des étages littoraux et semi-secs (DEAL, ECODDEN, BIOTOPE, 2022) présents au niveau de la ravine La plaine et de son embouchure au droit de l'étang de Saint Paul et dans la zone Sud de l'aire d'étude au sens large y compris en rive gauche de la Ravine de l'Etang.

Lors des prospections des 15/04/25 et 16/04/25, les habitats de 3 zones ont été inventoriées (cf carte 2 et cf tableau 1) :

- Le long du linéaire du fossé d'évacuation nord-ouest, on observe un milieu savanaire indigène très fortement dégradé, envahi par des espèces exotiques envahissantes telles que *Prosopis juliflora*, *Leucaena leucocephala* et *Albizia lebbeck* formant des fourrés secondaires de diverses espèces exotiques à tendance semi-xérophile à enjeu écologique faible. Les savanes à *Heteropogon contortus* les moins dégradés présentent toutefois un enjeu écologique moyen en raison de leur caractère indigène.
- Le long de la ravine de la Plaine, dans sa moitié sud immergée, se trouve une mosaïque de milieux humides correspondant à l'habitat de végétation marécageuse de basse altitude. Certains de ces habitats ont pu être décrits à la suite des prospections des 15 et 16 avril 2025. On y observe une végétation hélophytique à *Phragmites mauritianus* (enjeu très fort), une végétation aquatique à *Ipomoea aquatica* et *Ludwigia stolonifera* (enjeu moyen), ainsi que des prairies humides à *Cenchrus purpureus* (enjeu faible). La moitié nord, asséchée, est dominée par des formations exotiques secondaires (jachère à *Urochloa maxima*, fourrés à *Prosopis juliflora*, à *Leucaena leucocephala*, ainsi que des boisements à *Pithecellobium dulce*). Ces habitats secondaires exotiques sont fortement dégradés et de faible enjeu écologique.
- Dans la zone d'extension sud de l'aire d'étude rapprochée, plusieurs habitats indigènes sont présents, bien que moyennement à fortement dégradés par l'envahissement d'espèces exotiques. Parmi ces habitats, on trouve l'habitat secondaire indigène de pelouse mésohaline pionnière des arrière-dunes mobiles à *Cynodon dactylon*, qui présente un enjeu faible. Les différents habitats secondaires exotiques à enjeu faible, tels que les fourrés *à Leucaena leucocephala* et les boisements à *Pithecellobium dulce*, sont conjointement décrits en tant que fourrés secondaires de diverses espèces exotiques à tendance semi-xérophile. Les enjeux les plus importants concernent les habitats indigènes de zones humides. Ceux-ci incluent la végétation semi-aquatique à *Cyperus papyrus* (enjeu moyen), la prairie à *Setaria geminata* (enjeu fort), et le fourré marécageux à *Thespesia populnea*, dont le cortège d'espèces patrimoniales confère un enjeu très fort. On y trouve également de la végétation flottante à *Eichhornia crassipes* et *Pistia stratiotes* (enjeu faible). Le lit de la rivière, quant à lui, présente un enjeu fort en raison de la présence d'espèces de flore et de faune indigènes patrimoniales. Enfin, des milieux secondaires tels que les cultures et les parcelles boisées de parcs sont

également présents, présentant un enjeu faible en raison de la présence ponctuelle d'espèces indigènes.

Il est à noter que la zone la plus au sud-ouest de l'extension de l'aire d'étude rapprochée était inaccessible. La cartographie des habitats a pu être complétée grâce à la cartographie du site Ramsar de l'étang de Saint-Paul réalisée par EcoDDen en 2020.

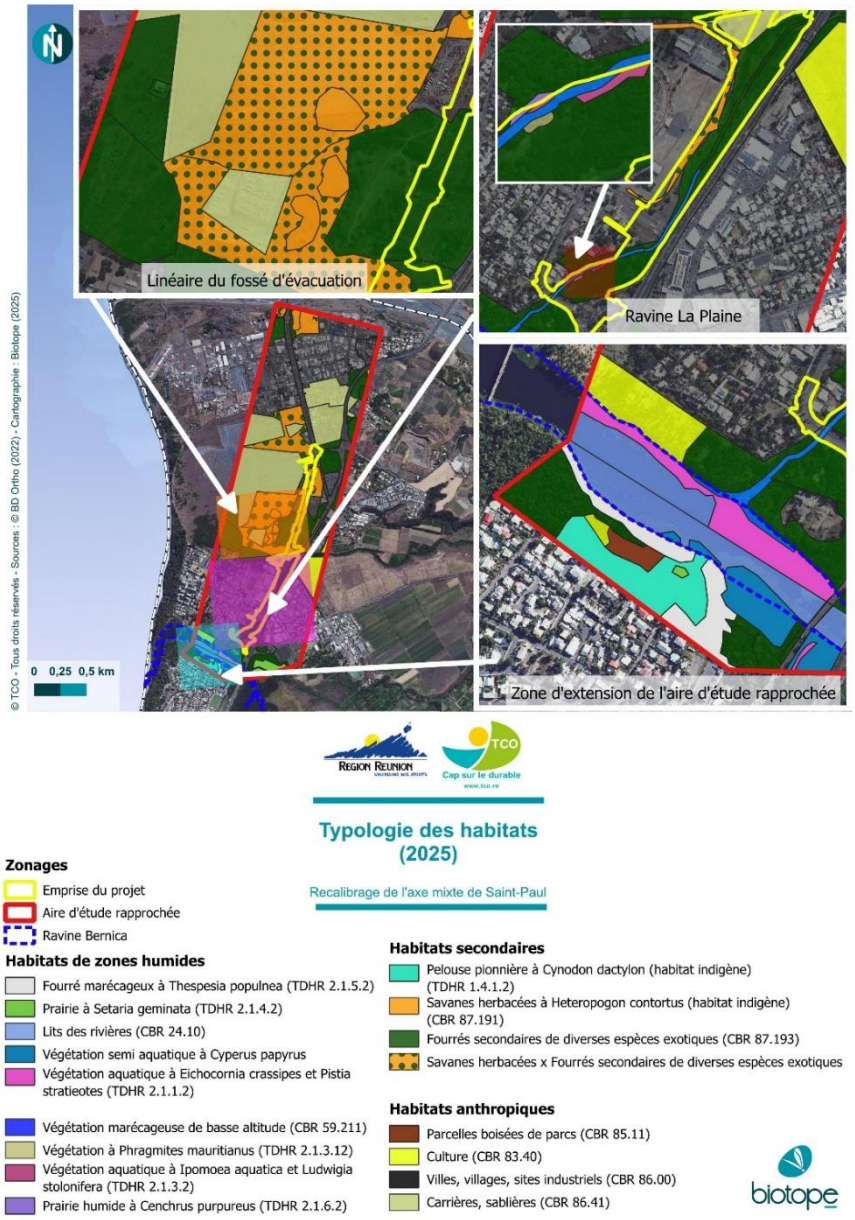


Figure 10 Cartographie des habitats avec un focus sur 3 zones prospectées en 2025 dans le cadre du recalibrage de l'axe mixte de Saint-Paul (Source : Biotope, 2025)

2 État initial des milieux naturels, de la flore et de la faune (dit « Scénario de référence »)

Tableau 5: Liste des habitats inventoriés dans les trois zones prospectées (Source : Biotope, 2025)

Code TDHR	Code Corine Biotope	Habitats (TDHR 2014/CB)	Rareté	Naturalité	Endémicité	REDOM (intérêt éco-régional)	Habitats ZNIEFF	Enjeu
HABITATS INVENTORIES LE LONG DE LA RAVINE LA PLAINE								
Habitats de zones humides								
2.1	59.211	Végétation marécageuse de basse altitude (Réunion)	Rare	Végétation Naturelle-Semi naturelle	Non endémique	Oui	Déterminant ZNIEFF type 1	Faible à localement très fort
2.1.3.12	59.2113	Végétation hélophytique à Phragmites mauritianus	Rare	Végétation Semi naturelle ?	Non endémique	Oui	Déterminant ZNIEFF type 1	Très fort
2.1.3.2	Non codé	Végétation aquatique hélophytique à Ipomoea aquatica et Ludwigia stolonifera	/	/	/	/	/	Moyen
2.1.6.2	Non codé	Prairie humide à Cenchrus purpureus	/	/	/	/	/	Faible
Habitats secondaires								

2 État initial des milieux naturels, de la flore et de la faune (dit « Scénario de référence »)

Code TDHR	Code Corine Biotope	Habitats (TDHR 2014/CB)	Rareté	Naturalité	Endémicité	REDOM (intérêt éco-régional)	Habitats ZNIEFF	Enjeu
3.1.2	87.193	Fourrés secondaires de diverses espèces exotiques à tendance semi-xérophile	Assez commun	Végétation Secondaire	Non endémique	Non	Non	Faible
HABITATS INVENTORIES DANS LA ZONE D'EXTENSION DE LA ZONE D'ETUDE RAPPROCHEE								
Habitats de zones humides								
2.1.5.2	59.2118	Fourrés marécageux à Thespesia populnea,	Rare	Végétation Semi naturelle ?	Non endémique	Oui	Déterminant ZNIEFF type 1	Très fort
2.1.4.2	59.211.6	Prairie marécageuse à Setaria geminata	Rare	Végétation semi-naturelle ?	Non endémique	Oui	Déterminant ZNIEFF type 1	Fort
Non codé	24.10	Lits des rivières	/	/	/	Oui	Déterminant ZNIEFF type 2	Fort
2.1.3.8	59.2112	Végétation hélophytique à Cyperus	Très rare	Végétation Semi	Non endémique	Oui	Déterminant	Moyen

2 État initial des milieux naturels, de la flore et de la faune (dit « Scénario de référence »)

Code TDHR	Code Corine Biotope	Habitats (TDHR 2014/CB)	Rareté	Naturalité	Endémicité	REDOM (intérêt éco-régional)	Habitats ZNIEFF	Enjeu
		var. madagascariensis		naturelle ?			ZNIEFF type 1	
2.1.1.2	22.4911 / 22.4912	Végétation aquatique flottante héliophyle à Eichhornia crassipes et Pistia stratiotes	Très rare	Végétation Secondaire	Non endémique	Non	Non	Faible
Habitats secondaires								
3.1.2.	87.193	Fourrés secondaires de diverses espèces exotiques à tendance semi-xérophile	Assez commun	Végétation Secondaire	Non endémique	Non	Non	Faible
1.4.1.2	16.1912	Pelouse mésohaline pionnière des arrières-dunes mobiles à Cynodon dactylon	Assez rare	Végétation Naturelle ou quasi naturelle	Non endémique	Non	Déterminant ZNIEFF type 2	Faible
Habitats anthropiques								

2 État initial des milieux naturels, de la flore et de la faune (dit « Scénario de référence »)

Code TDHR	Code Corine Biotope	Habitats (TDHR 2014/CB)	Rareté	Naturalité	Endémicité	REDOM (intérêt éco-régional)	Habitats ZNIEFF	Enjeu
Non codé	85.11	Parcelles boisées de parcs	/	/	/	/	/	Négligeable
Non codé	83.40	Cultures (cocoteraie)	/	/	/	/	/	Négligeable
HABITATS INVENTORIES LE LONG DU LINEAIRE DU FOSSE D'EVACUATION OUEST								
Habitats naturels								
3.1.1.3	87.191	Savanes herbacées	Commun	Végétation Semi naturelle-Secondaire	Non endémique	Non	Déterminant ZNIEFF type 2	Moyen
Habitats secondaires								
3.1.2.	87.193	Fourrés secondaires de diverses espèces exotiques à tendance semi-xérophile	Assez commun	Végétation Secondaire	Non endémique	Non	Non	Faible
Habitats anthropiques								

Code TDHR	Code Corine Biotope	Habitats (TDHR 2014/CB)	Rareté	Naturalité	Endémicité	REDOM (intérêt éco-régional)	Habitats ZNIEFF	Enjeu
/	86.30	Carrières, sablières	/	/	/	/	/	Nul
Habitats anthropiques supplémentaires								
CBR 86.30 Sites industriels actifs								
CBR 86.00 Villes, villages, sites industriels								

Bien que de nombreux habitats indigènes soient présents, les zones prospectées sont globalement dégradées par l'envahissement d'espèces exotiques dans l'aire d'étude rapprochée. Les enjeux les plus forts se trouvent dans les zones humides, notamment la végétation marécageuse à *Phragmites mauritianus* et le fourré à *Thespesia populnea*, avec un enjeu très fort. Le lit de la ravine de l'Etang Saint Paul et la prairie à *Setaria geminata* présentent quant à eux un enjeu fort (cf tableau 1). Ces habitats à enjeux se situent essentiellement **en dehors de l'emprise du projet**.

2.2 Flore

La synthèse proposée ici s'appuie sur les observations réalisées dans le cadre des inventaires en 2021 et sur les données bibliographiques issus de l'extraction des données SINP 2022.

2.2.1 Généralités

Sur l'ensemble des relevés floristiques réalisés en 2021, 121 espèces végétales ont été recensées sur la zone d'étude.

2 État initial des milieux naturels, de la flore et de la faune (dit « Scénario de référence »)

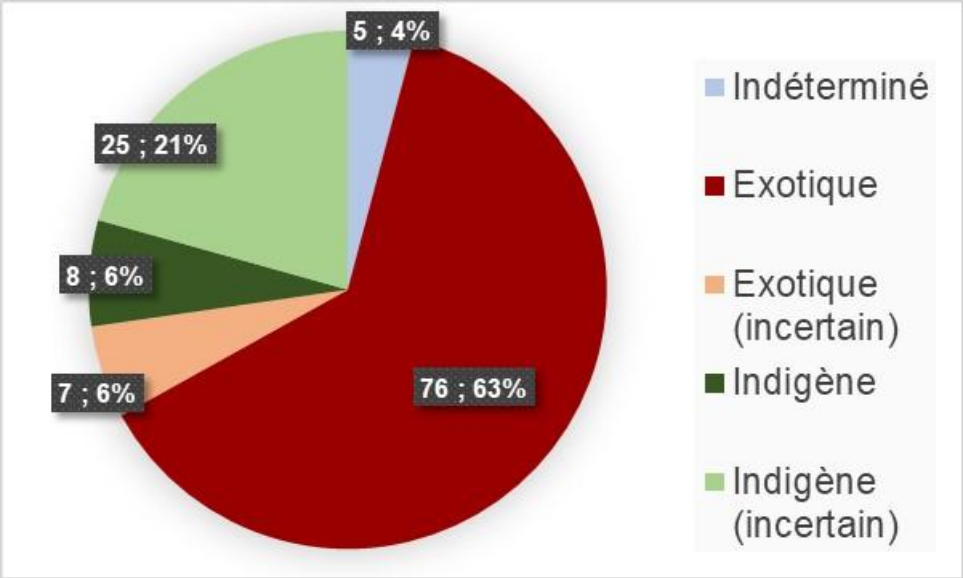


Figure 11. Diagramme de représentativité des espèces végétales recensées dans la zone d'étude (Biotope, 2021)

En termes de diversité spécifique, les formations rencontrées au sein de l'aire d'étude rapprochée étant fortement dégradées ou artificialisées, la flore est représentée majoritairement par des espèces exotiques dont plusieurs présentent un caractère envahissant, ainsi que de nombreuses espèces rudérales.

En termes d'abondance et de représentativité, la flore exotique est l'élément dominant des différents inventaires floristiques réalisés excepté dans les savanes et l'ourlet à *Cyperus difformis*. Les zones humides rencontrés dans la partie sud du cours d'eau restent très envahies par des Espèces Exotiques Envahissantes malgré l'enjeu moyen de l'habitat plutôt dû à sa situation géologique et pédologique.

2.2.2 Présentation de la flore indigène protégée

Dans l'aire d'étude **éloignée**, 7 espèces protégées ont été recensées dans la **bibliographie** : le Bois de paille-en-queue (*Monarrhenus salicifolius*), Phragmite de Maurice (*Phragmites mauritianus*), le Bois-de-fer (*Sideroxylon majus*), le Porché (*Thespesia populneoides*), le Mova (*Talipariti tiliaceum = Hibiscus tiliaceus*), le Benjoin (*Terminalia bentzoë*) et *Zornia gibbosa*. Compte tenu de leurs écologies respectives et des potentialités des milieux en présence au sein de l'aire d'étude **rapprochée**, les données concernant le Bois de paille-en-queue (Monarrhenus salicifolius), le Bois de fer (Sideroxylon majus), et le Benjoin (Terminalia bentzoë) **n'ont pas été retenues dans le cadre de cette étude**. En effet, leur présence à l'état spontané dans l'aire d'étude

● ***Arrêté ministériel du 27 octobre 2017 (JO du 03/12/2017) protégeant les espèces végétales à La Réunion***

rapprochée est peu probable. Seul le Benjoin peut éventuellement être présent à l'état planté. Les cinq premières sont issues de données bibliographiques SINP datant de 2022. Souvent plantées dans le cadre d'aménagements urbains, l'origine spontanée ou non de ces données n'a pas été précisée (non observées lors de nos inventaires). De plus, la localisation GPS représentée par un point regroupe un ensemble d'espèce donnant une idée approximative de leur emplacement sur l'aire d'étude rapprochée. Par conséquent, n'ayant pas observé ces espèces au sein de l'aire d'étude rapprochée, elles ne seront pas prises en considération dans l'analyse des impacts à l'exception de *Talipariti* tiliaceum et le Porché (*Thespesia populneoides*) qui ont été observées dans l'aire d'étude rapprochée aux abords de l'étang mais hors emprise du projet.

S'agissant de **Phragmites mauritianus** une station de l'espèce a été observée en 2025 suite aux inventaires complémentaires dans l'emprise de projet (zone de recalibrage de la ravine La Plaine). Cette station de 220 m² s'insère au sein d'un habitat globalement dégradé et constitue une station isolée dans un état de conservation qui est par ailleurs régulièrement mis à mal par des « entretiens » non contrôlés comme nous avons pu le constater à nouveau sur site le 02/04/2026 lors d'une visite de contrôle. Cette visite faisait suite à des analyses diachroniques de prises de vues aériennes qui tendaient à démontrer l'entretien de la zone et notamment, autour des périodes d'inventaires réalisés en 2021. Les clichés suivants illustrent la situation constatée :

Les données disponibles, notamment issues du SINP de la DEAL, confirment que l'espèce est présente dans plusieurs stations à l'échelle de l'île. Elle est connue dans plusieurs autres secteurs de l'île et notamment dans différentes zones humides naturelles avec des populations nettement plus importantes et des conditions écologiques plus favorables, appartenant à plusieurs éco-régions, dont notamment :

- La Réserve Naturelle Nationale de l'Étang de Saint-Paul (RNESP) ;
- Le secteur de Bocage Sainte-Suzanne – Étang de Bois Rouge ;
- Le secteur de l'Étang du Gol.

A noter qu'elle est aussi connue être présente dans des jardins et utilisée en plante d'agrément dans des mares et bassins privés (source : CBNM). La station concernée par le projet correspond par ailleurs sans doute à une implantation spontanée dans

un milieu donc fortement anthropisé et dégradé, et a priori régulièrement entretenu de plus.

La septième, ***Zornia gibbosa***, est largement représentée sur l'aire d'étude rapprochée avec plus de 75 000 individus recensés (Biotope, 2021). Pour comparaison, une étude réalisée par ECODENN sur l'ancienne décharge de Cambaie, situé au Nord-Est de la zone d'étude et abritant es plus grosses densités, faisait mention de plus de 11 000 000 d'individus (ECODENN, 2020).

Zornia gibbosa est ainsi retrouvée à de nombreux endroits dans la zone d'étude au sein des tonsures des savanes, mais également au sein de milieux secondaires ou anthropisés présentant des biotopes favorables à l'espèces (milieux pionniers xérophiles) : friches herbacées pionnières, bordures et accotements routiers dénudés, massifs ornementaux, secteurs érodés, etc.

Pour rappel les habitats dits de savanes concernés par le projet, comme indiqué plus haut et précisé dans l'étude d'impact, correspondent à des savanes herbacées secondaires communes sur l'île, par opposition aux savanes primaires, beaucoup plus rares et localisées notamment aux abords de la Rivière des Galets (Lacoste & Picot, 2014).

Il convient par ailleurs de rappeler que cette espèce est annuelle, ce qui signifie que son apparition peut varier selon les années et les conditions écologiques et climatiques locales. De nouvelles stations peuvent ainsi apparaître ponctuellement dans des milieux favorables. Le projet prévoit dans tous les cas une dérogation dédiée et des mesures adaptées dont celle de balisage d'espèces remarquables avant tout travaux en phase opérationnelle.

Initialement considérée comme particulièrement rare lors de sa description et son inscription sur la liste des espèces protégées, cette espèce est aujourd'hui largement documentée sur l'île, avec de nombreuses stations identifiées ces dernières années dans différents contextes, notamment dans des milieux anthropisés ou dégradés voire remaniés. Plusieurs observations récentes sont notamment recensées dans les bases de données du SINP de la DEAL, mais aussi encore en cours dans le cadre d'autres opérations d'aménagement menées sur les régions Ouest et Nord de l'île et dans de grandes proportions et sur de nombreux milieux là aussi dégradés.

2 État initial des milieux naturels, de la flore et de la faune (dit « Scénario de référence »)

Figure 12. Fiche d'identification de *Zornia gibbosa* (Biotope, 2021).

Figure 13. Habitat secondaire du Zornia gibbosa présentant les plus fortes densités du site d'étude : ancienne décharge de Cambaie située au Nord-Est présentant des zones pionnières (secteurs érodés – Biotope, 2021).

2 État initial des milieux naturels, de la flore et de la faune (dit « Scénario de référence »)

Figure 14. Habitat primaire du Zornia gibbosa : tonsures de savanes herbacées à Heteropogon contortus et Aristida spp. (Biotope, 2021).

Figure 15. Habitat anthropique du *Zornia gibbosa* : bordures des trottoirs et massifs ornementaux. (Biotope, 2021).

Ainsi, Les habitats pour ces deux espèces protégées concernées par le projet sont réduits et correspondent à des milieux déjà fortement anthropisés et dégradés, dont la qualité écologique reste limitée à la présence de l'espèce.

À l'échelle de l'île, il existe d'autres habitats de bien meilleure qualité écologique pour ces espèces, notamment dans les zones humides naturelles et les secteurs bénéficiant d'un meilleur état de conservation au sens large.

Nonobstant, toute intervention sur les secteurs contenant ces espèces devra donc faire l'objet d'une demande de dérogation spécifique au titre des espèces protégées.

Pour rappel, la demande de dérogation espèces protégées doit garantir que les opérations ne sont pas de nature à nuire, dans un état de conservation favorable, aux populations d'espèces concernées dans leur aire de répartition naturelle. De plus, il ne doit pas exister d'autres solutions satisfaisantes permettant d'éviter ou de réduire l'impact du projet sur cette espèce.

2 État initial des milieux naturels, de la flore et de la faune (dit « Scénario de référence »)

2.2.3 Présentation de la flore indigène rare/menacée

Les espèces indigènes rares et/ou menacées correspondent aux espèces présentant un statut de patrimonialité intégrant :

La liste rouge UICN selon les critères « En Danger Critique », « En Danger » ou « Vulnérable » ;

L'endémicité (Réunion), et le degré de rareté à l'échelle de l'île : « Assez Rares », « Rare », « Très rare » ;

Le caractère ZNIEFF : déterminante ou complémentaire ZNIEFF sous conditions (présentant un intérêt écologique certain du fait de leur seule présence dans la zone d'étude considérée).

● ***Se référer à l'annexe 2 pour les outils de bioévaluation de la flore***

En outre, dans la zone d'étude, 6 espèces déterminantes ZNIEFF ont été trouvées et 12 espèces complémentaires ZNIEFF.

Au total, 46 espèces indigènes (indigènes et assimilées) ont été recensées (inventaires de terrain et données bibliographique) dans l'aire d'étude rapprochée :

3 espèces avec un enjeu majeur (très fort) ;

8 espèces avec un enjeu fort ;

9 espèces avec un enjeu moyen ;

9 espèces avec un enjeu faible.

Dans l'aire d'étude rapprochée, 20 espèces présentent des enjeux de conservation dont 11 pouvant être considérés comme majeur ou fort.

Figure 13 : Nesaea triflora à gauche et Aristida setacea à droite (Biotope, 2021), deux espèces classées respectivement en danger et quasi menacée (IUCN, 2013).

2 État initial des milieux naturels, de la flore et de la faune (dit « Scénario de référence »)

2.2.4 Présentation des Espèces Exotiques Envahissantes (EEE)

Les espèces invasives sont relativement bien connues, au moins pour les plus agressives, notamment grâce aux divers travaux de l'UICN [Veitch et al. 2011 ; Macdonald 2010 ; U.I.C.N., 2008 et 2012].

Les zones rudérales, les fourrés arbustifs et les fourrés arborées de l'aire d'étude abritent de nombreuses espèces exotiques dont plusieurs à caractère envahissant (indice d'invasibilité 4 à 5 selon l'index de la flore vasculaire de la Réunion (v2017.1), à risque d'invasion fort pour les milieux naturels (notamment l'indice d'invasibilité 2P selon l'index de la flore vasculaire de la Réunion – LAVERGNE, 2016) ou des espèces émergentes (taxon envahissant dans les milieux anthropisés et présent dans certains milieux naturels sans être pour le moment envahissant (classe 3+). Les classes des espèces appréhendées ici sont les suivantes :

Tableau 7 : INVASIBILITÉ [entre parenthèse, le code du critère d'invasibilité selon LAVERGNE, 2016) (CBNM, 2016)

INVASIBILITÉ [entre parenthèse, le code du critère d'invasibilité selon LAVERGNE, 2016)	RISQUE INVASIF
Taxon très envahissant en milieu naturel avec impact avéré ou supposé (5)	Espèce très invasive
Taxon envahissant en milieu naturel avec impact modéré ou non connu (4)	Espèce invasive
Taxon envahissant dans les milieux anthropisés et présent dans certains milieux naturels sans être pour le moment envahissant (espèces émergentes) (3+)	Espèce émergente
Taxon potentiellement envahissant Préoccupant, cultivé ou non cultivé, naturalisé et envahissant dans seulement 1-2 localités, connu pour être envahissant ailleurs dans d'autres régions ou îles du monde (2p)	Risque invasion fort

Les inventaires ont ainsi montré que l'aire d'étude rapprochée est largement dominée par les espèces exotiques avec plus de 75% des espèces recensées comme telles. Sur les 121 espèces végétales recensées, 15 espèces sont reconnues « envahissantes ou très envahissantes en milieu naturel » (Cf. Tableau ci-après).

Les espèces les plus connues pour être envahissantes sont le Cassi (*Leucaena leucocephala*), le faux poivrier (*Schinus terebinthifolia*) et le Bois de caraïbe (*Tecoma stans*).

2 État initial des milieux naturels, de la flore et de la faune (dit « Scénario de référence »)

Notons la présence d'espèces exotiques non réputées envahissantes jusqu'à maintenant, mais qui semblent se reproduire de manière spontanée et préoccupante sur la zone d'étude telle que par exemple la liane *Merremia umbellata* et l'herbe *Celosia argentea*. Elles ne sont pour le moment pas abondantes.

Notons aussi la présence de *Passifolra vitifolia*, qui recouvre tout le sous-bois de la zone ou les premiers individus ont été plantés. Il ne s'agit pas d'un problème d'invasion biologique mais de recouvrement occupé par les individus plantés.

Tableau 6 : Liste des espèces exotiques présentant un caractère envahissant ou un risque fort d'invasion (CBNM 2020)

Nom scientifique	Nom vernaculaire	Statut général	Enjeu	Statut réglementaire
Cyperus involucratus Rottb.		Exotique	Espèce très invasive	9 février 2018*
Dichrostachys cinerea (L.) Wight et Arn.	Kéké	Exotique	Espèce très invasive	9 février 2018*
Lantana camara L.	Galabert	Exotique	Espèce très invasive	9 février 2018*
Leucaena leucocephala (Lam.) de Wit	Cassi	Exotique	Espèce très invasive	9 février 2018*
Pistia stratiotes L.	Laitue d'eau	Exotique	Espèce très invasive	9 février 2018*
Pontederia crassipes Mart.	Jacinthe d'eau	Exotique	Espèce très invasive	9 février 2018*
Prosopis juliflora (Sw.) DC.	Épinard	Exotique	Espèce très invasive	9 février 2018*
Schinus terebinthifolia Raddi	Faux poivrier	Exotique	Espèce très invasive	9 février 2018*
Tecoma stans (L.) Juss. ex Kunth	Bois pissenlit	Exotique	Espèce très invasive	9 février 2018*
Albizia lebbeck (L.) Benth.	Bois noir	Exotique	Espèce invasive	9 février 2018*
Asystasia gangetica (L.) T. Anderson	Herbe le rail	Exotique	Espèce invasive	9 février 2018*
Coix lacryma-jobi L.	Job	Exotique	Espèce invasive	9 février 2018*
Colocasia esculenta (L.) Schott	Songe	Exotique	Espèce invasive	9 février 2018*
Megathyrsus maximus (Jacq.) B.K. Simon et S.W.L. Jacobs	Fataque	Exotique	Espèce invasive	9 février 2018*
Merremia tuberosa (L.) Rendle	Rose de bois	Exotique	Espèce invasive	9 février 2018*
Ageratum conyzoides L.	Herbe à bouc	Exotique	Espèce émergente	9 février 2018*
Arivela viscosa (L) Raf.	Pissat de chien	Exotique	Espèce émergente	9 février 2018*
Asclepias curassavica L.	Corbeille d'or à ouate	Exotique	Espèce émergente	9 février 2018*

Nom scientifique	*Nom vernaculaire*	*Statut général*	*Enjeu*	*Statut réglementaire*
Barleria prionitis L.	Madame Gustave	Exotique	Espèce émergente	9 février 2018*
Coccinia grandis (L.) Voigt		Exotique	Espèce émergente	9 février 2018*
Crotalaria berteroana DC.	La crotalaire	Exotique	Espèce émergente	9 février 2018*
Erigeron canadensis L., 1753	Fausse camomille	Exotique	Espèce émergente	9 février 2018*
Jatropha gossypiifolia L.		Exotique	Espèce émergente	9 février 2018*
Passiflora foetida L.	Ti grenadelle	Exotique	Espèce émergente	9 février 2018*
Solanum americanum Mill.	Brède morelle	Exotique	Espèce émergente	9 février 2018*
Stylosanthes guianensis (Aubl.) Sw.		Exotique	Espèce émergente	9 février 2018*
Trichodesma zeylanicum (Burm. f.) R. Br.	Herbe tourterelle	Indigène ?	Espèce émergente	9 février 2018*
Tridax procumbens L.	Casse-tout-seul	Exotique	Espèce émergente	9 février 2018*
Urochloa mutica (Forssk.) T.Q. Nguyen		Exotique	Espèce émergente	9 février 2018*
Erigeron sumatrensis Retz.	Mille-feuille	Exotique	Espèce émergente	9 février 2018*
Euphorbia prostrata Aiton	Rougette	Exotique	Espèce émergente	9 février 2018*
Spathodea campanulata P. Beauv.	Tulipier du Gabon	Exotique	Espèce émergente	9 février 2018* 1er avril 2019**

* Espèces concernées par l'arrêté du 9 février 2018 relatif à la prévention de l'introduction et de la propagation des espèces végétales exotiques envahissantes sur le territoire de La Réunion.

** Espèce mentionnée à l'annexe I de l'Arrêté du 1er avril 2019 relatif à la prévention de l'introduction et de la propagation des espèces végétales exotiques envahissantes sur le territoire de La Réunion - Interdiction de toutes activités portant sur des spécimens vivants.

2.2.5 Statuts et enjeux écologiques des espèces patrimoniales

Le tableau suivant précise, pour chaque espèce patrimoniale identifiée ses statuts réglementaires et de patrimonialité et le niveau d'enjeu écologique attribué localement. Conformément à la réglementation, l'approche est proportionnée avec un développement plus important des espèces constituant un enjeu écologique.

2 État initial des milieux naturels, de la flore et de la faune (dit « Scénario de référence »)

Tableau 7 : Statuts et enjeux écologiques des espèces végétales patrimoniales issus de la bibliographie et présentes dans l'aire d'étude rapprochée (Source SINP 2022)

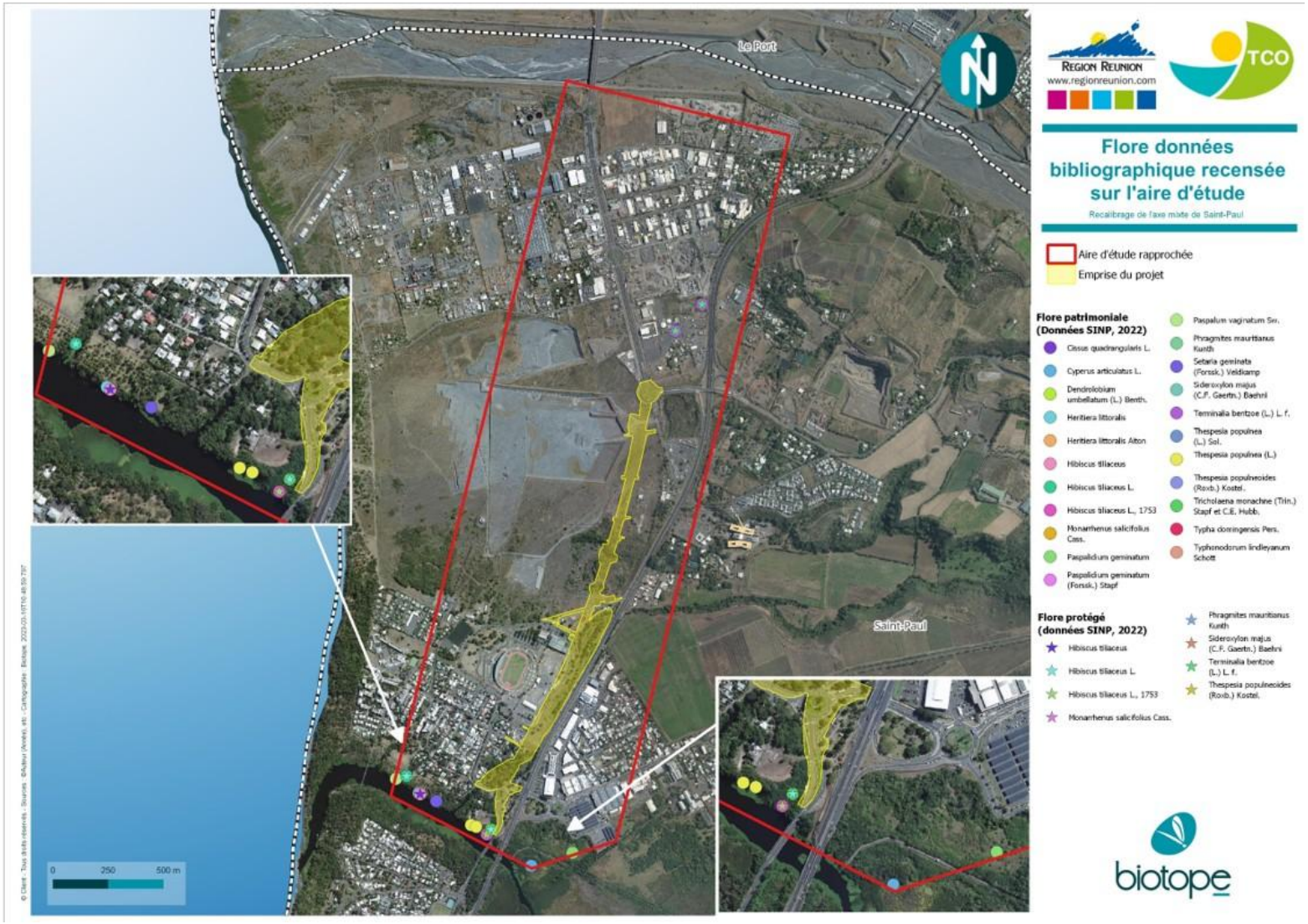
Nom scientifique	*Nom vernaculaire*	*Statut général*	*Endémicité*	*Invasibilité*	*Statut Znieff*	*Iucn 2010*	*Protection régionale*	*Enjeu intrinsèque*	*Enjeu contextualisé*
Monarrhenus salicifolius Cass.	Monarrhène à feuilles de saule, Bois de paille-en-queue, Bois de chenilles	Indigène	Oui, Réunion	NA	Complémentaire	Taxon en Danger	Oui	Majeur	Négligeable*
Sideroxylon majus (CF. Gaertn) Baehni	Bois-de-fer majeur, Bois de fer, Bois de fer blanc	Indigène	Oui, Réunion	NA	Déterminant	Taxon en Danger	Oui	Majeur	Négligeable*
Terminalia bentzoe (L.) L. f.	Benjoin	Indigène	Réunion, Maurice, Rodrigues	NA	Déterminant	Taxon en danger critique	Oui	Majeur	Négligeable*
Heritiera littoralis Aiton	Toto-margot, Faux-badamier	Présumé cryptogène	Non concerné	Non envahissante	Taxon non inscrit	Taxon en Danger critique	Non	Fort	Fort
Hibiscus tiliaceus L.		Présumé sténonaturalisé	Non concerné	NA	Complémentaire	Taxon en Danger	Oui	Fort	Fort
Phragmites mauritianus Kunth	Phragmite de Maurice, Roseau	Indigène	Non concerné	NA	Déterminant	Taxon en Danger	Oui	Fort	Fort
Thespesia populneoides (Roxb.) Kostel.	Porché, Bois de peinture, Porcher	Présumé indigène	Non concerné	NA	Déterminant	Taxon en Danger critique	Oui	Fort	Négligeable
Cissus quadrangularis L.	Cisse à quatre angles, Liane carrée	Présumé indigène	Non concerné	NA	Déterminant	Taxon en Préoccupation mineure	Non	Moyen	Moyen
Cyperus articulatus L.	Souchet articulé	Présumé indigène	Non concerné	NA	Taxon non inscrit	Taxon en Vulnérable	Non	Moyen	Moyen
Setaria geminata (Forssk.) Veldkamp		Cryptogène	Non concerné	Envahissant émergent	Taxon non inscrit	Taxon en Vulnérable	Non	Moyen	Moyen
Thespesia populnea (L.)	Porché	Indigène ?	Non concerné	1	Complémentaire	Taxon insuffisamment documenté	Non	Moyen	Moyen

2 État initial des milieux naturels, de la flore et de la faune (dit « Scénario de référence »)

Nom scientifique	Nom vernaculaire	Statut général	Endémicité	Invasibilité	Statut Znieff	Iucn 2010	Protection régionale	Enjeu intrinsèque	Enjeu contextualisé
Typha domingensis Pers.	Voune	Indigène ?	Non concerné	NA	Complémentaire	Taxon en préoccupation mineure	Non	Moyen	Moyen
Typhonodorum lindleyanum Schott	Typhonodore de Lindley, Via	Cryptogène	Non concerné	Modérément envahissant	Complémentaire	Taxon en Danger	Non	Moyen	Moyen
Dendrolobium umbellatum (L.) Benth.	Bois malgache	Indigène	Non concerné	NA	Complémentaire	Taxon en Préoccupation mineure	Non	Faible	Faible
Paspalum vaginatum	Chiendent des marais	Indigène	Non concerné	NA	Complémentaire	Données insuffisantes	Non	Faible	Faible
Tricholaena monachne (Trin.)		Présumé indigène	Non concerné	NA	Complémentaire	Données insuffisantes	Non	Faible	Faible

* Espèces dont la présence spontanée sur l'aire d'étude rapprochée est remise en question (absence d'habitats favorables).

2 État initial des milieux naturels, de la flore et de la faune (dit « Scénario de référence »)



2 État initial des milieux naturels, de la flore et de la faune (dit « Scénario de référence »)

Tableau 8 : Statuts et enjeux écologiques des espèces végétales patrimoniales présentes dans l'aire d'étude rapprochée

Nom scientifique	*Nom vernaculaire*	*Statut général*	*Endémicité*	*Invasibilité*	*Statut Znieff*	*Iucn 2010*	*Protection régionale*	*Enjeu intrinsèque*	*Enjeu contextualisé*
Terminalia bentzoe (L.) L. f.	Benjoin	Indigène	Réunion, Maurice, Rodrigues	NA	Déterminant	Taxon en danger critique	Oui	Majeur	Négligeable*
Bulbostylis barbata (Rottb.) C.B. Clarke		Indigène ?	Non concerné	NA	Non concerné	Taxon en danger critique	Non	Fort	Fort
Cyperus difformis L.		Indigène ?	Non concerné	NA	Déterminant	Taxon insuffisamment documenté	Non	Fort	Fort
Nesaea triflora (L. f.) Kunth		Indigène	Madagascar, Comores et Mascareignes	NA	Complémentaire	Taxon en danger	Non	Fort	Fort
Taliparitiliaceum (L.) Fryxell	Mova	Indigène ?	Non concerné	NA	Complémentaire	Taxon en danger	Oui	Fort	Fort
*Phragmites mauritianus Kunth***	Phragmite de Maurice, Roseau	Indigène	Non concerné	NA	Déterminant	Taxon en Danger	Oui	Fort	Fort
Zornia gibbosa Span.		Indigène ?	Non concerné	NA	Complémentaire	Taxon en danger	Oui	Fort	Fort
Aristida setacea Retz.		Indigène ?	Non concerné	1	Complémentaire	Taxon quasi menacé	Non	Moyen	Moyen
Thespesia populnea (L.) Sol. ex Corrêa	Porché	Indigène ?	Non concerné	1	Complémentaire	Taxon insuffisamment documenté	Non	Moyen	Moyen
Typha domingensis Pers.	Voune	Indigène ?	Non concerné	NA	Complémentaire	Taxon de préoccupation mineure	Non	Moyen	Moyen
Persicaria senegalensis (Meisn.) Soják		Indigène ?	Non concerné	4	Complémentaire	Taxon de préoccupation mineure	Non	Moyen (mais présentant un enjeu d'invasibilité)	Moyen (mais présentant un enjeu d'invasibilité)

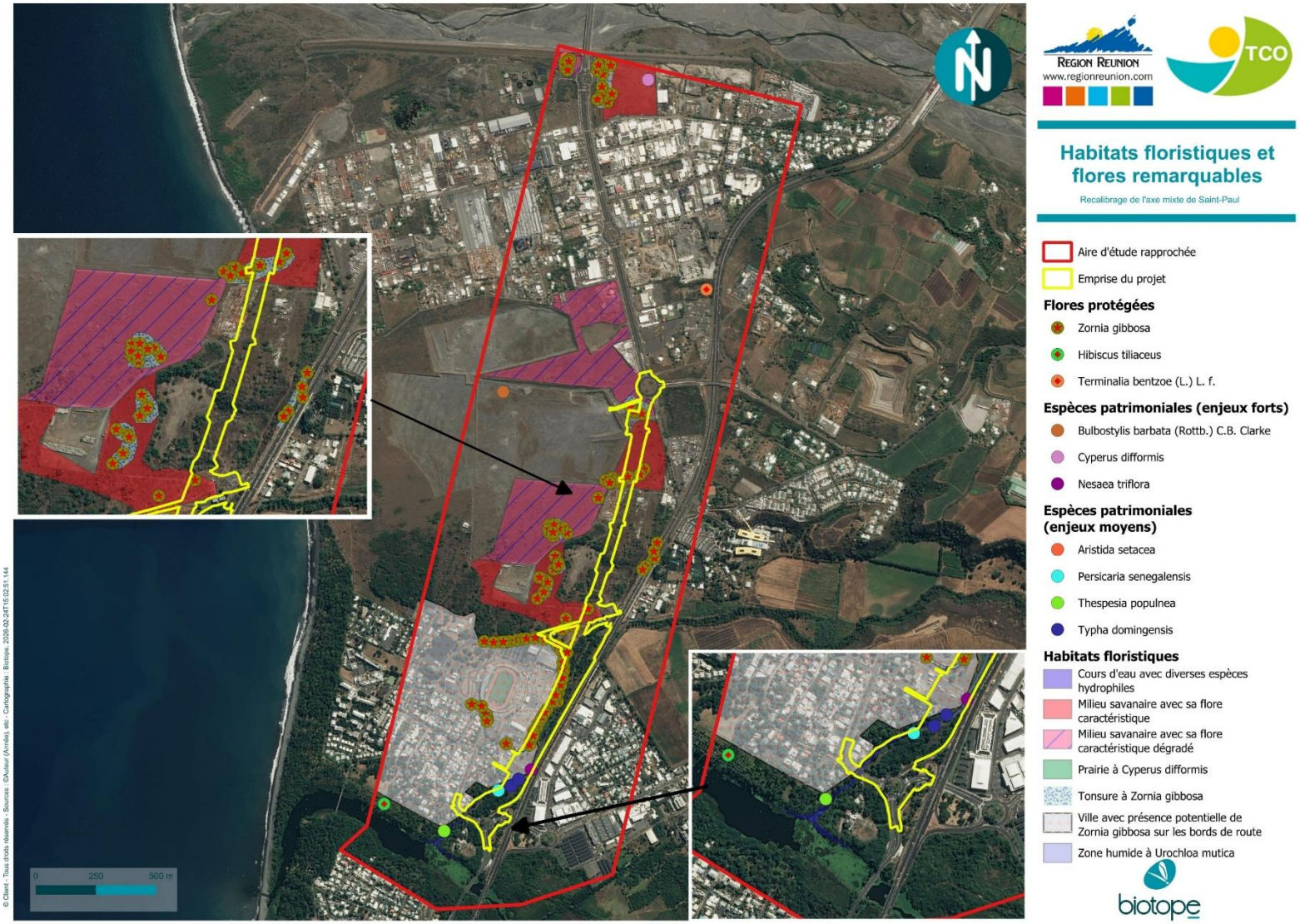
2 État initial des milieux naturels, de la flore et de la faune (dit « Scénario de référence »)

Nom scientifique	Nom vernaculaire	Statut général	Endémicité	Invasibilité	Statut Znieff	Iucn 2010	Protection régionale	Enjeu intrinsèque	Enjeu contextualisé
Actiniopteris semiflabellata Pic.Serm.		Indigène	Non concerné	NA	Non concerné	Taxon de préoccupation mineure	Non	Faible	Faible
Heteropogon contortus (L.) P. Beauv. ex Roem. et Schult.	Herbe polisson	Indigène	Non concerné	NA	Non concerné	Taxon de préoccupation mineure	Non	Faible	Faible
Ipomoea pes-caprae (L.) R. Br.	Patate à Durand	Indigène	Non concerné	NA	Non concerné	Taxon de préoccupation mineure	Non	Faible	Faible
Pellaea viridis (Forssk.) Prantl		Indigène	Non concerné	NA	Non concerné	Taxon de préoccupation mineure	Non	Faible	Faible
Portulaca oleracea L.	Pourpier rouge	Indigène	Non concerné	NA	Non concerné	Taxon de préoccupation mineure	Non	Faible	Faible
Pteris vittata L.		Indigène	Non concerné	NA	Non concerné	Taxon de préoccupation mineure	Non	Faible	Faible

* Espèce non spontanée sur site (plantée)

** Espèce identifiée lors de l'inventaire 2025 subissant des entretiens a priori réguliers

2 État initial des milieux naturels, de la flore et de la faune (dit « Scénario de référence »)



2.2.6 Inventaires complémentaires 2025

En termes de diversité spécifique, la flore est représentée majoritairement par des espèces exotiques. En termes d'abondance et de représentativité surfacique, les formations rencontrées au sein de l'aire d'étude rapprochée étant fortement dégradées ou artificialisées, la flore exotique constitue aussi l'élément dominant des différents inventaires floristiques réalisés. Ainsi, l'aire d'étude présente une diversité spécifique en faveur des espèces exotiques. Cela témoigne d'une faible qualité écologique des milieux présents, en lien par ailleurs avec l'état de conservation dégradé de la plupart des habitats, comme précisé ci-avant. Cependant, des espèces patrimoniales à fort enjeu (de moyen à majeur), dont certaines protégées, ont été recensées de manière ponctuelle au niveau de la ravine La Plaine et sur des zones plus étendues en bordure Nord et au sein de la Réserve Naturelle de l'Etang de Saint-Paul mais qui sont dans ce cas alors **en dehors de l'emprise projet**.

Tableau 9 : Liste des espèces floristiques patrimoniales et/ou protégées observées en 2025 (Source : Biotope, 2025)

NOM BOTANIQUE	NOM VERNACULAIRE PRINCIPAL (Réunion)	ENDÉMICITÉ	MENACE REUNION (CBNM)	LISTE ROUGE Réunion UICN 2023	DÉTERMINATION ZNIEFF	PROTECTION RÉGIONALE	ENJEU SPECIFIQUE	ENJEU (Aire d'étude)
Thespesia populneoides (Roxb.) Kostel.	Porché	Non concerné	CR: En danger critique d'extinction	Taxon en danger critique	Déterminant	Protégé	Majeur	Majeur
Heritiera littoralis Aiton	0	Non concerné	CR: En danger critique d'extinction	Taxon en danger critique	Non concerné	Non protégé	Majeur	Majeur
Talipariti tiliaceum (L.) Fryxell	Foulsapate	Non concerné	DD : Données insuffisantes	Taxon en danger	Déterminant	Protégé	Très fort	Très fort
Phragmites mauritianus Kunth	0	Non concerné	DD : Données insuffisantes	Taxon en danger	Déterminant	Protégé	Très fort	Très fort
Thespesia populnea (L.) Sol. ex Corrêa	Porché	Non concerné	DD : Données insuffisantes	Taxon insuffisamment documenté	Déterminant	Non protégé	Moyen	Moyen
Setaria geminata (Forssk.) Veldkamp	Herbe de riz	Non concerné	VU: Vulnérable	Taxon quasi menacé	Non concerné	Non protégé	Moyen	Moyen

2 État initial des milieux naturels, de la flore et de la faune (dit « Scénario de référence »)

NOM BOTANIQUE	NOM VERNACULAIRE PRINCIPAL (Réunion)	ENDÉMICITÉ	MENACE REUNION (CBNM)	LISTE ROUGE Réunion UICN 2023	DÉTERMINATION ZNIEFF	PROTECTION RÉGIONALE	ENJEU SPECIFIQUE	ENJEU (Aire d'étude)
Heteropogon contortus (L.) P. Beauv.	Piquant jaune	Non concerné	LC: Préoccupation mineure	Taxon de préoccupation mineure	Non concerné	Non protégé	Faible	Faible
Ipomoea pes-caprae (L.) R. Br.	Patate à Durand	Non concerné	LC: Préoccupation mineure	Taxon de préoccupation mineure	Non concerné	Non protégé	Faible	Faible
Cynodon dactylon (L.) Pers.	Petit-chiendent	Non concerné	LC: Préoccupation mineure	Taxon de préoccupation mineure	Non concerné	Non protégé	Faible	Faible
Stenotaphrum dimidiatum (L.) Brongn.	Herbe bourrique	Non concerné	LC: Préoccupation mineure	Taxon de préoccupation mineure	Non concerné	Non protégé	Faible	Faible
Trianthema portulacastrum L.	Pourpier courant	Non concerné	LC: Préoccupation mineure	Taxon de préoccupation mineure	Non concerné	Non protégé	Faible	Faible
Pandanus utilis Bory	Vacoi	?	LC: Préoccupation mineure	Taxon de préoccupation mineure	Non concerné	Non protégé	Faible	Faible
Cyperus aromaticus (Ridl.) Mattf. et Kük.	Jambélon	Non concerné	DD: Données insuffisantes	Taxon de préoccupation mineure	Non concerné	Non protégé	Faible	Faible
Cyperus dubius Rottb.	0	Non concerné	LC: Préoccupation mineure	Taxon de préoccupation mineure	Non concerné	Non protégé	Faible	Faible
Melinis repens (Willd.) Zizka	Herbe rose	Non concerné	DD: Données insuffisantes	Taxon de préoccupation mineure	Non concerné	Non protégé	Faible	Faible
Terminalia catappa L.	Badamier	Non concerné	DD: Données insuffisantes	DD ou NE	Non concerné	Non protégé	Négligeable	Négligeable

2 État initial des milieux naturels, de la flore et de la faune (dit « Scénario de référence »)

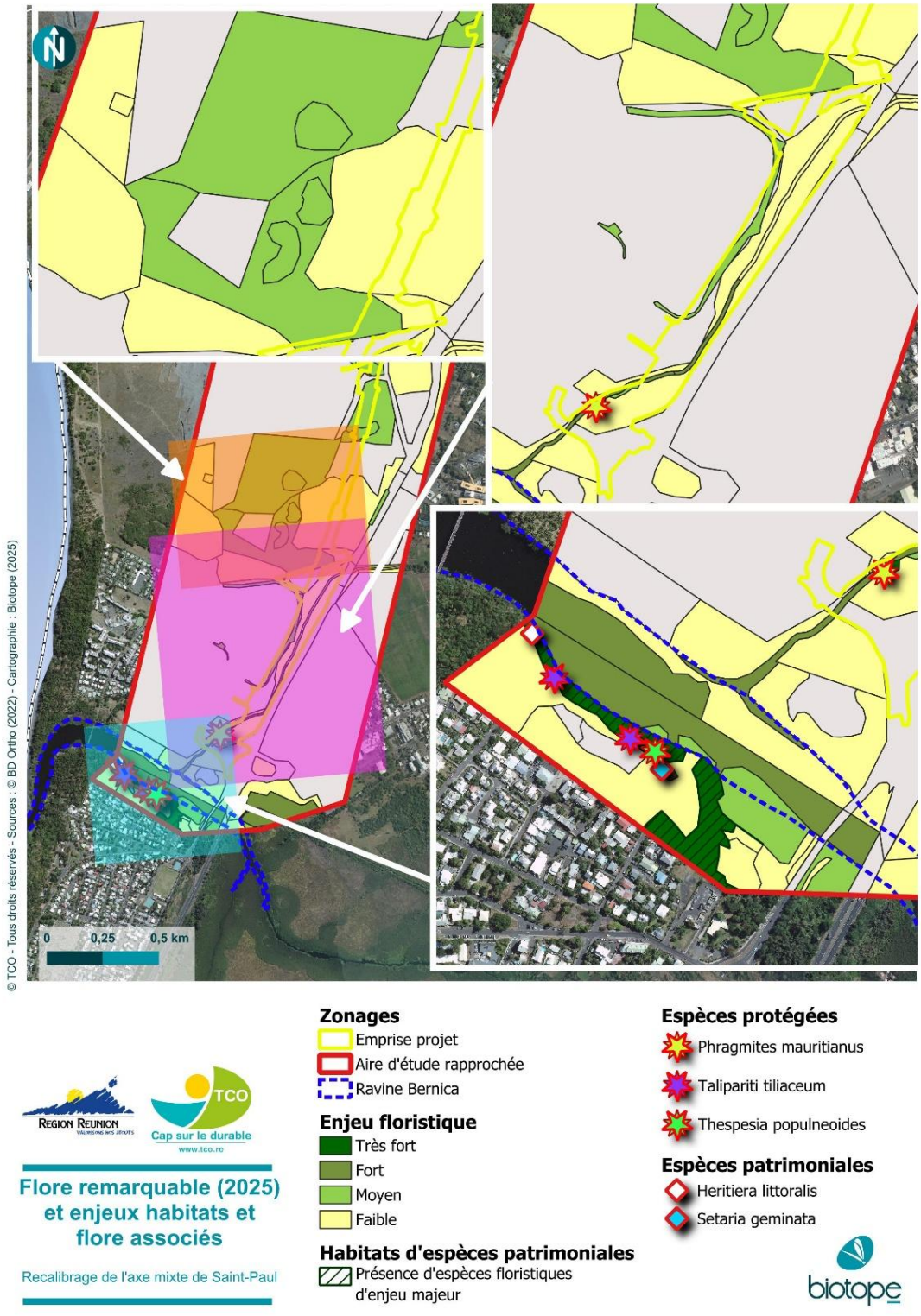


Figure 16: Synthèse des enjeux floristiques sur les zones prospectées lors des inventaires de 2025 (note : tous les individus d'espèces patrimoniales et/ou protégées à fort enjeu n'ont pas nécessairement été inventoriés du fait de leur densité mais leur répartition est indiquée) (Source : Biotope, 2025)

2 État initial des milieux naturels, de la flore et de la faune (dit « Scénario de référence »)

Au niveau de la zone d'extension de l'aire d'étude rapprochée, certaines espèces indigènes semi-aquatiques revêtent un enjeu particulier du fait de leurs exigences écologiques strictes. Elles sont par conséquent relativement rares à l'échelle de **La Réunion**. Il s'agit notamment de *Thespesia populneoides* (classée En danger Critique par l'IUCN (2023) et protégée), *Heritiera littoralis* (classée En Danger Critique) et *Talipariti tiliaceum* (= *Hibiscus tiliaceus* - classée En Danger et protégée), inféodées à l'habitat de relique de sub-mangrove à fort enjeu. Ces zones sont aussi colonisées par des espèces exotiques envahissantes, principalement le Faux poivrier *Schinus terebinthifolia*, et le tamarin d'Inde *Pithecellobium dulce*. **Ces espèces ne se situent pas dans l'emprise directe de projet.**

Une station de ***Phragmites mauritianus*** a été observée sur la partie sud de la Ravine La Plaine, en eau, dans l'emprise directe du projet. Cette espèce patrimoniale est en danger à La Réunion (IUCN, 2023) et est protégée au titre de arrêté ministériel du 27 octobre 2017. Contrairement autres espèces patrimoniales et/ou protégées recensées dans l'aire d'étude rapprochée étendue, celle-ci est intégrée dans l'emprise du réaménagement potentiel de la ravine La Plaine et devra faire l'objet d'une attention particulière à ce propos.

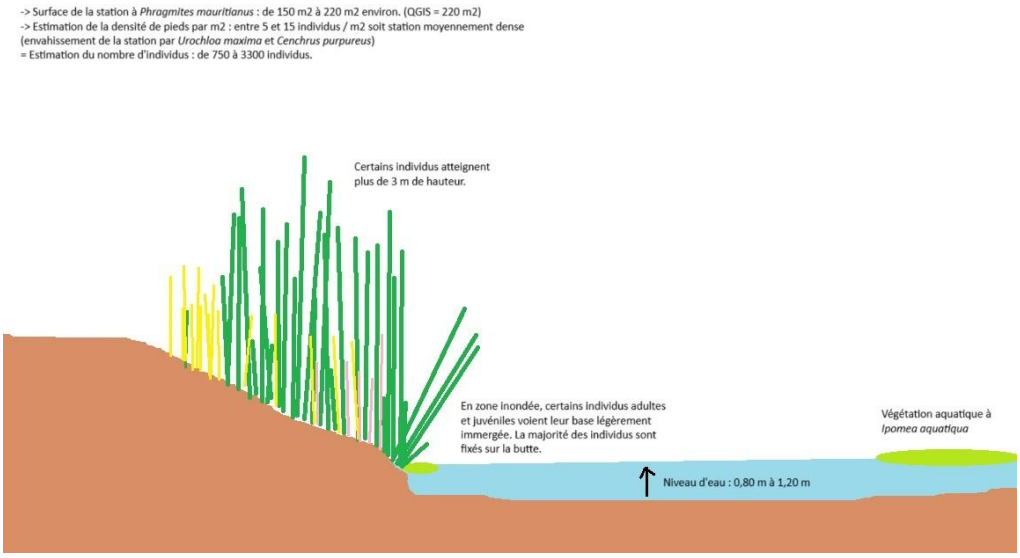


Figure 17 : station de Phragmites *mauritianus* observée sur la partie Sud de la Ravine La Plaine (Biotope, 2025)

Comme évoqué précédemment, cette station de 220 m² s'insère au sein d'un habitat globalement dégradé et constitue une station isolée dans un état de conservation qui est par ailleurs régulièrement mis à mal par des « entretiens » non contrôlés comme nous avons pu le constater à nouveau sur site le 02/04/2026 lors d'une visite de contrôle. Cette visite faisait suite à des analyses diachroniques de prises de vues aériennes qui tendaient à démontrer l'entretien de la zone et notamment, autour des

périodes d'inventaires réalisés en 2021. Les clichés suivants illustrent la situation constatée :

Les données disponibles, notamment issues du SINP de la DEAL, confirment que l'espèce est présente dans plusieurs stations à l'échelle de l'île. Elle est connue dans plusieurs autres secteurs de l'île et notamment dans différentes zones humides naturelles avec des populations nettement plus importantes et des conditions écologiques plus favorables, appartenant à plusieurs éco-régions, dont notamment :

- La Réserve Naturelle Nationale de l'Étang de Saint-Paul (RNESP) ;
- Le secteur de Bocage Sainte-Suzanne – Étang de Bois Rouge ;
- Le secteur de l'Étang du Gol.

A noter qu'elle est aussi connue être présente dans des jardins et utilisée en plante d'agrément dans des mares et bassins privés (source : CBNM). La station concernée par le projet correspond par ailleurs sans doute à une implantation spontanée dans un milieu fortement anthropisé et dégradé, et a priori régulièrement entretenu.

3 Faune

3.1 Entomofaune

L'étude de l'entomofaune a concerné principalement les groupes des papillons de jour (lépidoptères rhopalocères), les orthoptères (criquets, sauterelles, etc.) et les libellules (odonates). Il est à noter que peu d'éléments bibliographiques sont disponibles à la Réunion concernant ces groupes.

L'aire d'étude rapprochée, bien que très anthropisée, regroupe un ensemble d'habitats très favorables à la présence de cortèges diversifiés d'insectes. En particulier, trois types d'habitats présentent un intérêt notable pour l'entomofaune sur la zone d'étude :

- Les boisements mégathermes semi-xérophiles denses favorables aux espèces de milieux fermés (lépidoptères notamment) ;

2 État initial des milieux naturels, de la flore et de la faune (dit « Scénario de référence »)

- Les savanes herbacées favorables à la réalisation du cycle complet de plusieurs espèces d'orthoptères et de lépidoptères ainsi qu'à l'alimentation et la maturation de plusieurs espèces d'odonates ;
- Les habitats hygrophiles et aquatiques favorables à la reproduction des odonates et d'autres groupes moins étudiés.

La commune de Saint-Paul est d'ailleurs une des communes les plus riches de la Réunion en ce qui concerne les odonates avec 20 espèces listées dans la base de données Faune-réunion (novembre 2021).

L'étang Saint-Paul, en périphérie et connexion avec la zone d'étude, est une zone humide unique au monde et exceptionnelle au niveau d'une île comme la Réunion (classé site RAMSAR et Réserve Naturelle). La présence de plusieurs espèces d'odonates rares au niveau régional (*Urothemis edwardsii, Tramea basilaris, Tholymis tillarga, Zyxomma petiolatum, Anax ephippiger*) dont une, *Coenagriocnemis reuniensis,* est endémique de la Réunion et classée « En Danger » sur la liste rouge des odonates de la Réunion (UICN, 2010), est remarquable. L'enjeu global de ce groupe sur cet espace est Fort pour ce groupe.

Ainsi, les inventaires ont permis de contacter :

- 10 espèces de lépidoptères (papillons) dont 2 présentent un enjeu faible de conservation ;
- 7 espèces d'odonates (Anisoptères et Zygoptères) dont 1 présente un enjeu moyen de conservation ;
- 4 espèces d'orthoptères sans qu'aucune de présente d'enjeu de conservation.

Enfin, 5 autres espèces et 2 genres ont été identifiés (aucun enjeu de conservation pour ces taxons).

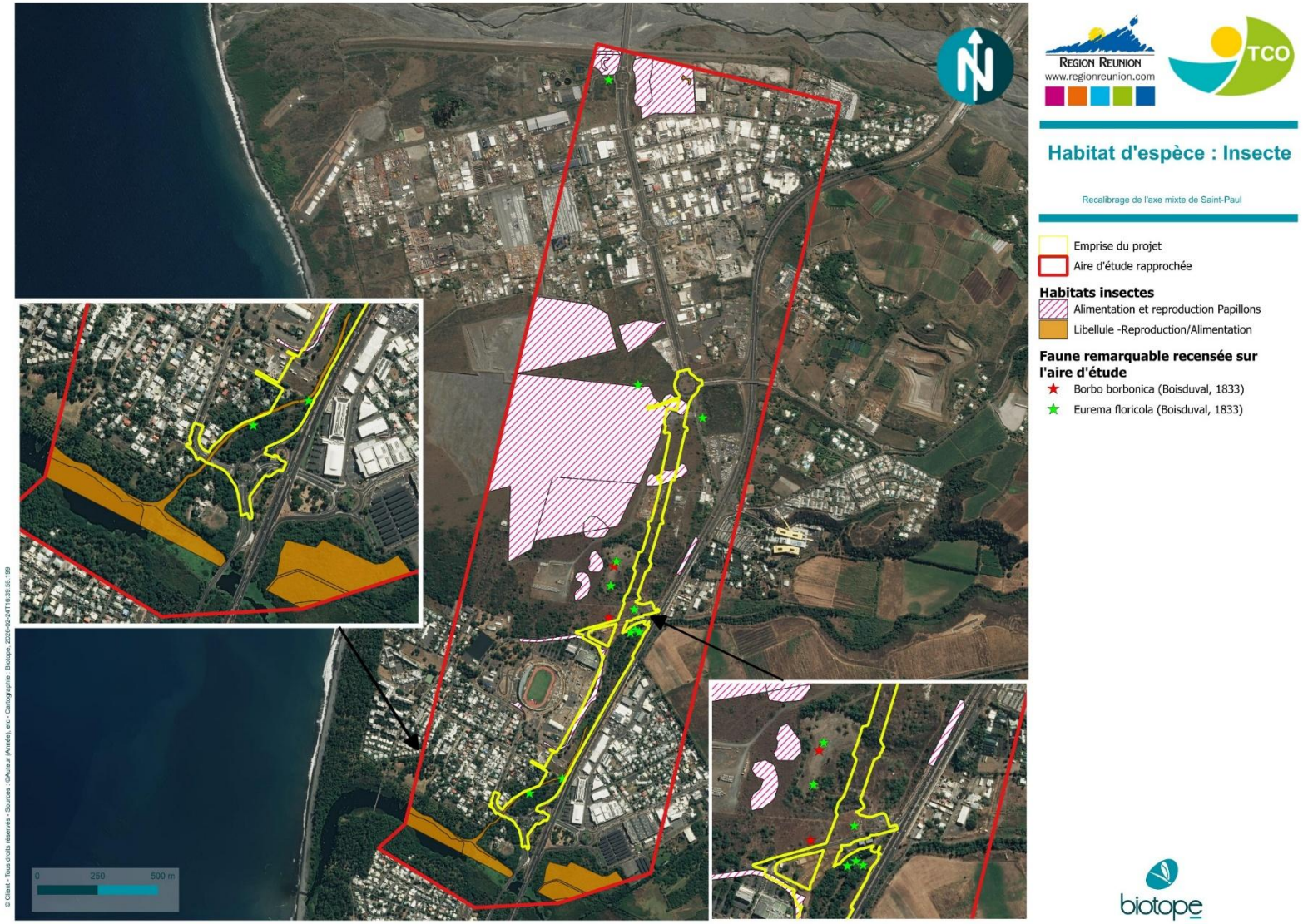
Au sein de l'aire d'étude rapprochée, **aucune espèce protégée n'est présente** et 5 taxons présentent un enjeu spécifique dont un qualifié de moyen sur l'aire d'étude rapprochée. La présence de milieux aquatiques et la proximité avec l'Etang Saint-Paul rendent le sud de la zone d'étude particulièrement attractif au groupe des insectes. Les savanes de la zone d'étude présentent une biomasse (grande quantité d'insectes) importante rarement observée ailleurs sur l'île.

2 État initial des milieux naturels, de la flore et de la faune (dit « Scénario de référence »)

Tableau 10 - Espèces patrimoniales d'insectes présentes sur la zone d'étude rapprochée (Source : Biotope 2021)

Nom vernaculaire *Nom scientifique*	Statut réglementaire	Statuts patrimoniaux				Enjeu spécifique	Habitats d'espèces et populations observées dans l'aire d'étude rapprochée	Enjeu contextualisé
		LR Monde	LR La Réunion	Dét. ZNIEFF	Endémicité			
Espèces patrimoniales et/ou réglementées								
Pseudagrion punctum	Aucun	LC	NT	D	Océan indien	Moyen	Espèce endémique de la région malgache rare et localisée à la Réunion. Les observations sur la zone d'étude sont localisées au niveau du cours d'eau à l'extrême sud. Reproduction possible sur la zone d'étude et avérée sur l'étang Saint-Paul (SREPEN, 2010 040030003, Etang Saint-Paul. - INPN, SPN-MNHN).	Moyen
Borbo borbonica	Aucun	NE	LC	/	Réunion	Faible	Taxon endémique de la Réunion. Commune sur l'île, elle est observée aux abords du cours d'eau, à l'extrême sud de la zone d'étude. Reproduction / alimentation possible	Faible
Eurema floricola ceres	Aucun	NE	LC	C	Mascareignes	Faible	Espèce commune à La Réunion, observée sur l'ensemble de espaces végétalisés la zone d'étude. Reproduction / alimentation possible	Faible
Melanitis leda helena	Aucun	NE	LC	/	'	Faible	Espèce commune à La Réunion, non observée lors des inventaires mais considérée comme présente au sein des boisements de la zone d'étude. Reproduction / alimentation possible	Faible
Trithemis annulata haematina	Aucun	NE	NE	/	Océan indien	Faible	Espèce commune à La Réunion, observée aux abords du cours d'eau, à l'extrême sud de la zone d'étude. Reproduction / alimentation possible	Faible

2 État initial des milieux naturels, de la flore et de la faune (dit « Scénario de référence »)



2 État initial des milieux naturels, de la flore et de la faune (dit « Scénario de référence »)

3.2 Reptiles et amphibiens

Au total, 4 espèces de reptiles et 1 espèce d'amphibiens ont été recensées sur l'aire d'étude rapprochée.

Toutes les espèces observées sur la zone d'étude sont introduites voire considérées comme envahissante à La Réunion. L'espèce la plus communément observée sur la zone d'étude est l'Agame arlequin (*Calotes versicolor)* rencontré sur l'ensemble des transects réalisés et dans l'ensemble des habitats expertisés. L'Agame des colons (*Agama agama*) et deux espèces de geckos nocturnes ont été observés dans des milieux anthropisés, de manière plus ponctuelle. La Grenouille des Mascareignes (*Ptychadena mascareniensis*) est présente au niveau du cours d'eau.

Malgré les recherches spécifiques, le Caméléon panthère (*Furcifer pardalis*) n'a pas été observé sur la zone d'étude. Les boisements denses sont néanmoins favorables à sa présence. L'espèce est considérée comme présente.

Figure 18 : Caméléon panthère femelle (©Marie BELLAY, 2020)

Le Caméléon panthère affectionne particulièrement les fourrés et milieux arbustifs touffus. Au sein de la zone d'étude, deux boisements lui sont favorables :

- Le boisement bordant la ravine se jetant dans l'étang Saint-Paul au Sud ;
- Le boisement Sud de la plaine Chabrier.

Au sein de la zone d'étude, 1 espèce protégée est présente et constitue un enjeu spécifique faible au niveau des boisements.

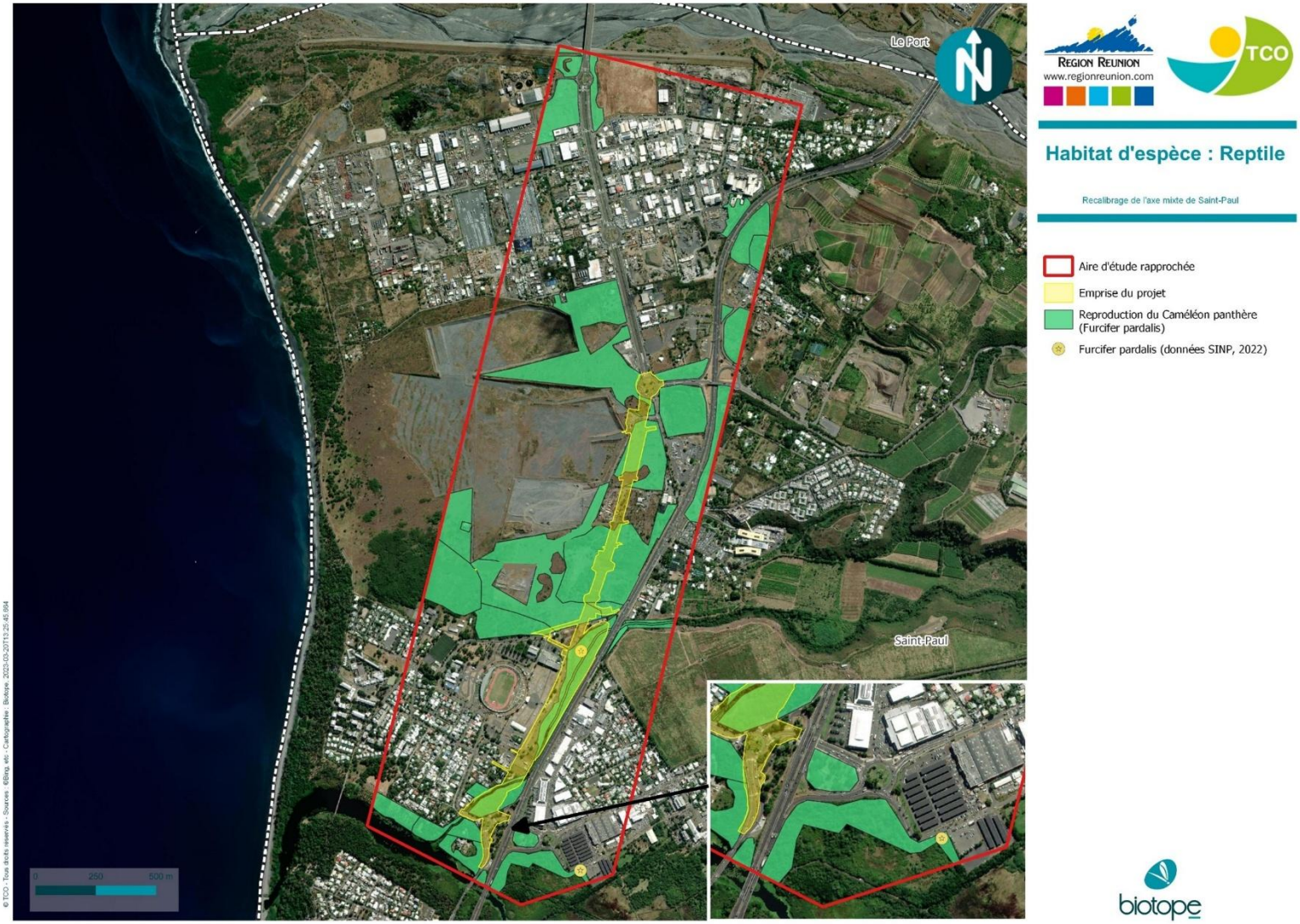
2 État initial des milieux naturels, de la flore et de la faune (dit « Scénario de référence »)

Tableau 11. Espèces patrimoniales de reptiles sur la zone d'étude (Biotope 2021)

Nom vernaculaire *Nom scientifique*	Statut réglementaire	Statuts patrimoniaux				Enjeu spécifique	Habitats d'espèces et populations observées dans la zone d'étude	Enjeu contextualisé
		LR Monde	LR La Réunion	Dét. ZNIEFF	Endémicité			
Espèces patrimoniales et/ou réglementées								
Caméléon panthère *Furcifer pardalis*	Protégée	LC	NA	C	Réunion	Faible	Espèce exotique répandue sur l'ensemble de La Réunion. Considérée comme présente dans les boisements de la partie sud de la zone d'étude. Reproduction/alimentation possible.	Faible

2

État initial des milieux naturels, de la flore et de la faune (dit « Scénario de référence »)



2 État initial des milieux naturels, de la flore et de la faune (dit « Scénario de référence »)

3.3 Oiseaux

Au total, 23 espèces d'oiseaux ont été inventoriées au sein de la zone d'étude :

10 espèces sont indigènes (dont 2 sont endémiques de la Réunion, 1 est endémique des Mascareignes et 2 sont endémiques de l'Océan Indien) ;

13 espèces sont exotiques.

3.3.1 Les oiseaux nicheurs

Au total, 14 espèces ont été recensées lors des 2 sessions de 7 points d'écoute. 2 d'entre elles seulement sont indigènes. Il s'agit de l'Oiseau-lunettes gris (*Zosterops borbonicus)* et la Tourterelle malgache (*Nesoenas picturata*). Ces deux espèces ont été contactées sur respectivement 12 et 9 points d'écoute soit une occurrence spécifique respective de 85,7 % et 64,3 %. Le Foudi de Madagascar (*Foudia madagascariensis*) et le Bulbul orphée *Pycnonotus jocosus*), toutes deux exotiques, sont les deux espèces les plus observés avec des occurrences spécifiques respectives de 100% et 92,9%.

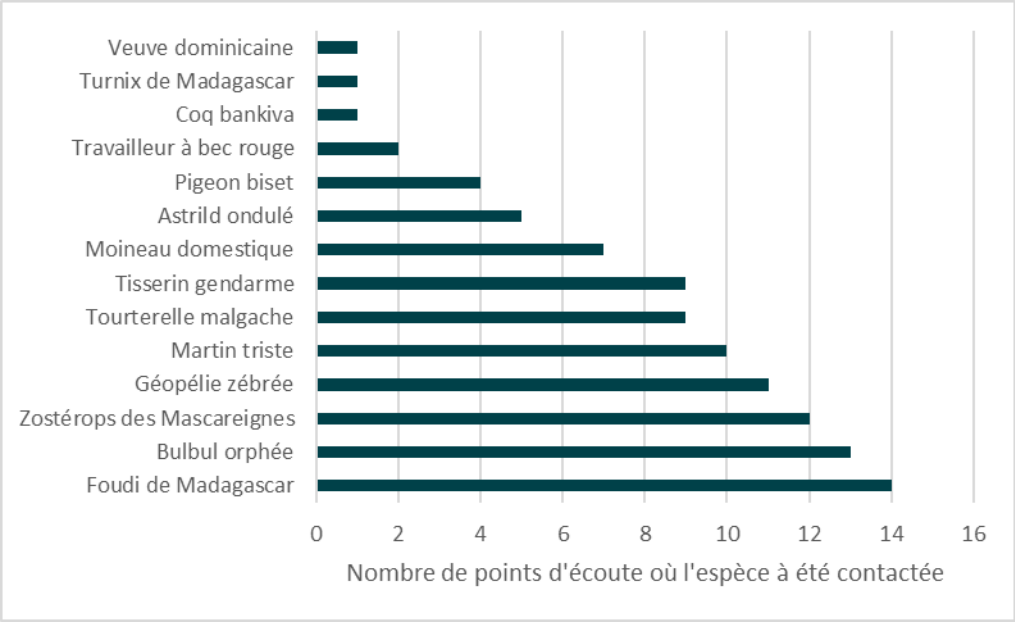


Figure 19. Occurrence spécifique (présence/absence) lors des points d'écoute (n=7, 2 saisons) (Biotope, 2021)

En termes d'individus observés, le Foudi de Madagascar reste l'espèce la plus présente sur l'ensemble des points d'écoute. En revanche, le Zosterops des Mascareignes est plus représentés que le Bulbul orphée. Les deux espèces indigènes regroupent 22,8 % des individus contactés lors des points d'écoute contre 77,2 % pour toutes les espèces exotiques confondues.

2 État initial des milieux naturels, de la flore et de la faune (dit « Scénario de référence »)

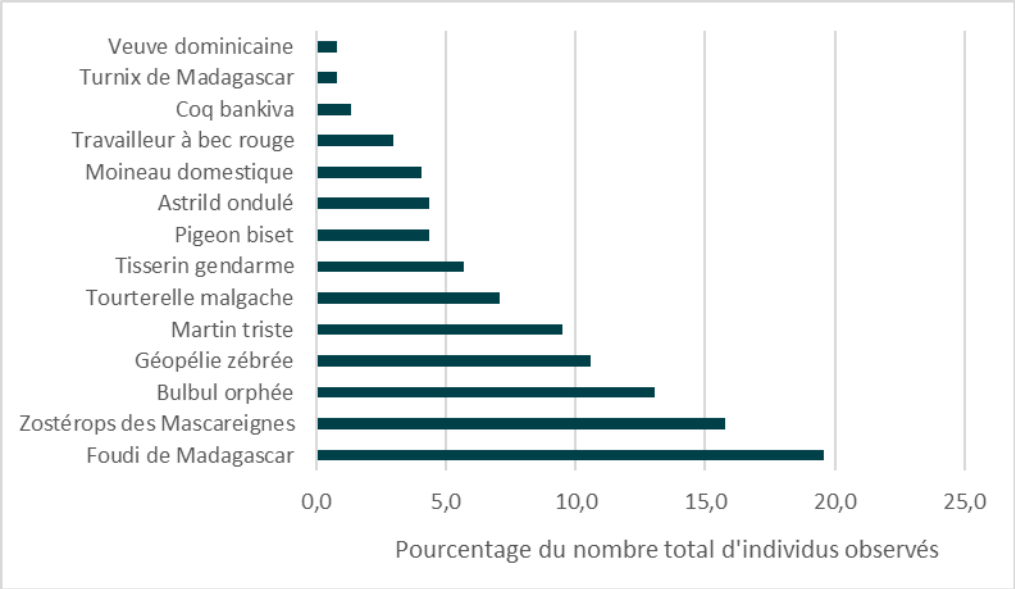


Figure 20. Part d'observations d'individus par espèce sur l'ensemble des points d'écoute (n=7, 2 saisons) (Biotope, 2021)

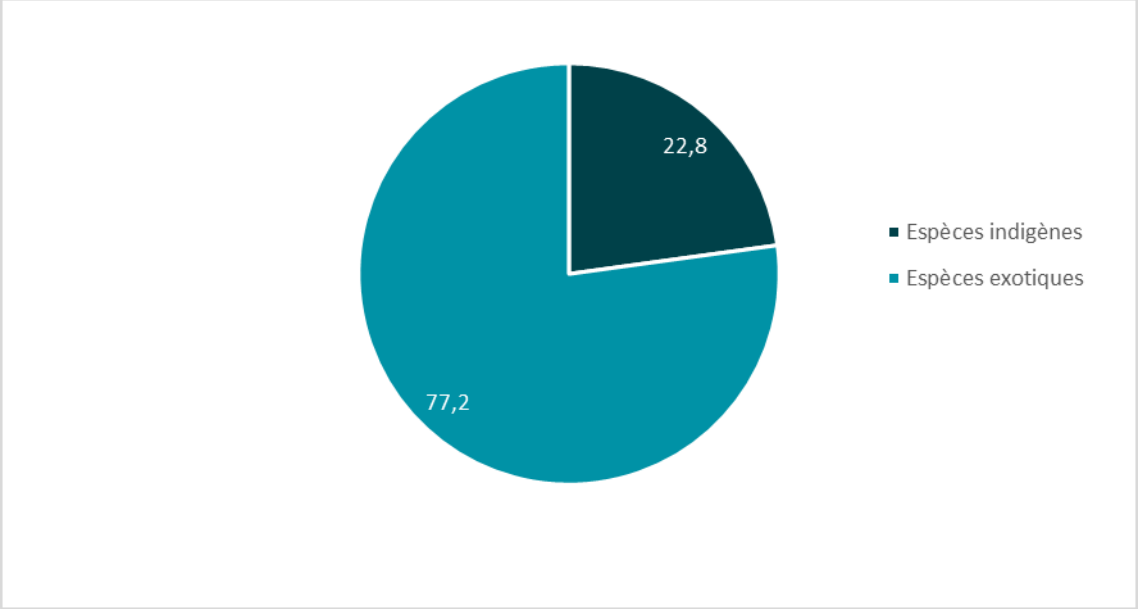


Figure 21. Proportion d'individus observés en termes de statut d'origine (Biotope, 2021)

Le peuplement aviaire est donc largement dominé par les espèces exotiques avec l'omniprésence du Foudi de Madagascar (*Foudia madagascariensis*), du Bulbul orphée *Pycnonotus jocosus*), de la Géopélie zébrée (*Geopelia striata*) et du Martin triste (*Acridotheres tristis*). La présence abondante de ces espèces ubiquistes, voire envahissantes témoigne d'un milieu dégradé et appauvri.

2 État initial des milieux naturels, de la flore et de la faune (dit « Scénario de référence »)

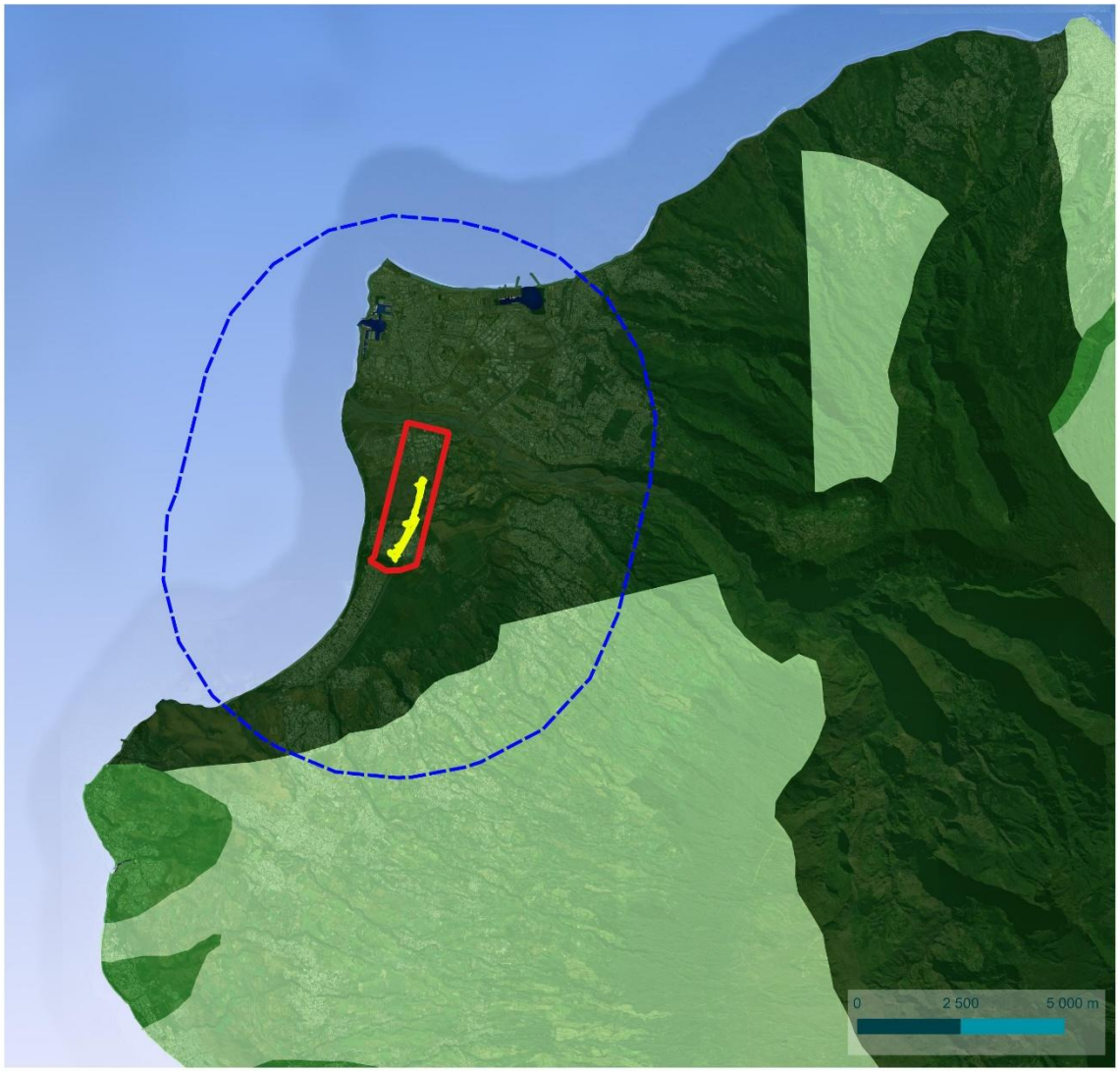
Les oiseaux indigènes nicheurs sont donc peu représentés. La plupart des individus observés sont des espèces exotiques communes sur l'île et utilisant la zone d'étude en tant que zone d'alimentation et probablement pour se reproduire Le milieu est globalement dégradé.

3.3.2 Les oiseaux marins

D'après la bibliographie actuelle, quatre espèces d'oiseaux marins transitent au-dessus de la zone d'étude élargie : le Puffin tropical, le Pétrel de Barau, le Phaéton à bec jaune et le Chevalier Guignette. Aucun site de reproduction pour ces espèces n'est mentionné sur la zone d'étude rapprochée et à proximité [Jouventin 1998 ; Bretagnolle *et al.* 2000 ; Gineste, 2016], et le contexte n'y est par ailleurs pas favorable (absence de falaises et de remparts).

Le projet se situe dans un couloir pour le déplacement des oiseaux marins d'après la bibliographie qui est classé en zone de priorité 1 (corridor très fréquenté). Il en ressort notamment un risque faible d'échouage des oiseaux marins nocturnes dans le secteur du projet (pétrels et puffins), en cas d'éclairage du site pendant les périodes sensibles et/ou en cas d'éclairage non adapté.

2 État initial des milieux naturels, de la flore et de la faune (dit « Scénario de référence »)



© TCO - Tous droits réservés - Sources : ©PNR (2010) - Cartographie : Biotope, 2021

REGION REUNION
www.regionreunion.com

TCO

Corridors et zones de survol des oiseaux marins

Recalibrage de l'axe mixte de Saint-Paul

Zone d'étude
- Emprise du projet
- Aire d'étude rapprochée
- Aire d'étude éloignée

Corrdiors de déplacement
- Priorité 1
- Priorité 2
- Priorité 3

biotope

2 État initial des milieux naturels, de la flore et de la faune (dit « Scénario de référence »)

Le Pétrel de Barau (Pterodroma baraui)

Le Pétrel de Barau est endémique de La Réunion. Cet oiseau marin migrateur quitte l'île dès la mi-mars pour les adultes, et en avril-mai pour les jeunes, afin de rejoindre les eaux tropicales et subtropicales de l'Océan Indien. Durant la période de reproduction s'étalant de septembre à mai, il niche sur les plus hauts sommets de l'île (Gros Morne, Grand Bénare, Piton des Neiges). C'est pendant cette période que de nombreux individus se déplacent entre leurs colonies de reproduction et l'océan de nuit. La plus récente estimation de la population fait état de 10 000 couples reproducteurs répartis en une dizaine de colonies [Life+ Pétrels, 2015[1]].

Le Puffin tropical (Puffinus bailloni)

La sous-espèce *bailloni* est endémique de La Réunion et a disparue de l'île Maurice. C'est un oiseau pélagique qui peut passer plusieurs mois en mer et dont les populations sont estimées entre 3 000 et 5 000 couples [Salamolard, 2008]. Les colonies les plus proches se trouvent au niveau de la Rivière des Galets [SEOR, 2011 ; Gineste, 2016] à 5 km de distance environ.

Le Phaéton à bec jaune (Phaethon lepturus)

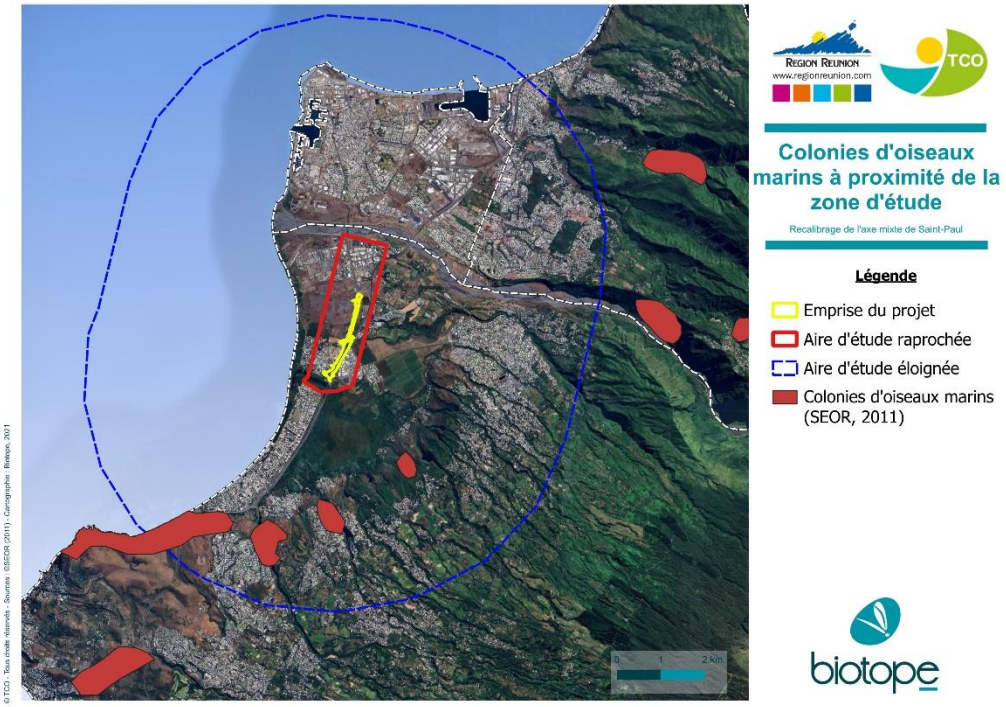
Cet oiseau marin pantropical se retrouve dans tous les océans. A La Réunion, il niche préférentiellement dans les cavités des falaises littorales, parfois sur les versants de certaines ravines et plus rarement dans les cirques [Jouventin, 1998]. La population reproductrice de l'océan Indien est estimée à 5 000 couples ; elle comporterait entre 200 et 500 couples pour la seule île de La Réunion [Probst, 2002]. Les sites de reproduction connus les plus proches se trouvent dans les falaises de Bellemène (1,8 km) et au niveau de la Rivière des Galets (5 km) [SEOR, 2011].

[1] *https://www.petrels.re/les-especes/petrel-de-barau/*

2 État initial des milieux naturels, de la flore et de la faune (dit « Scénario de référence »)

Chevalier guignette (Actitis hypoleucos)

Oiseau migrateur, le chevalier guignette est visible sur l'île pendant l'été austral. C'est un petit oiseau limicole (qui se nourrit dans la vase). Il mange des invertébrés, crustacés et mollusques. On le voit souvent seul et parfois à 3 ou 4 individus. Il se joint volontiers à d'autres espèces. Il cherche sa nourriture aux embouchures des rivières, dans les étangs et stations d'épuration. Il court sur la vase et hoche la queue.



Les autres espèces indigènes

Cinq autres espèces ont été observées :

- La Gallinule poule d'eau (*Gallinulla chloropus pyrrhorrhoa*) et le Héron strié (*Butorides striata*) au niveau du cours d'eau : l'Etang Saint-Paul et la Rivière des Galets sont connus dans la bibliographie comme site de reproduction de ces espèces ;
- Le Busard de Maillard (*Circus maillardii*), l'Hirondelle des Mascareignes (*Phedina borbonica*) et de la Salangane des Mascareignes (*Aerodramus francicus*) au niveau des savanes et fourrés : ces 3 espèces ne se reproduisent pas sur la zone d'étude mais l'utilisent pour s'alimenter.

2 État initial des milieux naturels, de la flore et de la faune (dit « Scénario de référence »)

Conclusion

Sur l'aire d'étude rapproché, 23 espèces d'oiseaux ont été observées et 3 autres espèces sont considérées comme présentes au regard de la bibliographie disponible.

Parmi ces espèces, 10 d'entre elles sont indigènes :

- 4 espèces se reproduisent sur la zone d'étude ;
- 3 espèces s'alimentent sur la zone d'étude ;
- 3 espèces transitent sans interaction directes avec la zone d'étude.

Le cours d'eau au sud de la zone d'étude représente un habitat de reproduction de la Gallinule poule d'eau (*Gallinulla chloropus pyrrhorrhoa*) et du Héron strié (*Butorides striata*).

Hormis ces milieux humides, la zone d'étude est typique des habitats de basse altitude à La Réunion. L'ensemble des boisements et fourrés de la zone d'étude est favorable :

- À la reproduction de la Tourterelle malgache (*Nesoenas picturata*) et du Zosterops des Mascareignes (*Zosterops borbonicus*) ;
- À l'alimentation du Busard de Maillard (*Circus maillardii*), de l'Hirondelle des Mascareignes (*Phedina borbonica borbonica*) et de la Salangane des Mascareignes (*Aerodramus francicus*).

La Rivière des Galets en limite Nord de l'aire d'étude représente un couloir de transit entre les colonies (ravines et hauts sommets de l'île) et les sites d'alimentation en mer pour 3 espèces :

- Le Pétrel de Barau (*Pterodroma baraui*) endémique de la Réunion ;
- Le Puffin tropical (*Ardenna pacifica*) ;
- Le Phaéton à bec jaune (*Phaethon lepturus*).

2 État initial des milieux naturels, de la flore et de la faune (dit « Scénario de référence »)

Nom vernaculaire *Nom scientifique*	Statut réglementaire	Statuts patrimoniaux				Enjeu spécifique	Habitats d'espèces et populations observées dans la zone d'étude	Enjeu contextualisé
		LR Monde	LR La Réunion	Dét. ZNIEFF	Endémicité			
Espèces patrimoniales et/ou réglementées								
Pétrel de Barau *Pterodroma baraui*	Protégée	EN	EN	D	Réunion	Très fort	Espèce endémique de la Réunion nichant entre 2300m et 3000m d'altitude. La zone d'étude se situe sur un corridor de priorité 1. Pas de reproduction sur la zone d'étude. Survol et transit en période de nidification et d'envol des jeunes.	Moyen
Busard de Maillard *Circus maillardi*	Protégée	EN	EN	D	Réunion	Très fort	Espèce endémique de la Réunion nichant dans des boisements peu accessibles. Pas de reproduction sur la zone d'étude. 1 couple s'alimente au niveau des fourrés et savanes de la plaine Chabrier.	Moyen
Gallinule poule-d'eau *Gallinula chloropus pyrrhorrhoa*	Protégée	LC	NT	D	/	Moyen	Espèce peu fréquente et localisée à la Réunion. Elle fréquente les étangs et les milieux humides à végétation aquatique dense. La zone d'étude est connectée à l'Etang Saint-Paul. Le cours d'eau au sud de la zone d'étude est favorable à la reproduction et l'alimentation de l'espèce.	Moyen
Héron strié *Butorides striata*	Protégée	LC	NT	D	/	Moyen	Espèce peu fréquente et localisée à la Réunion. Elle fréquente les étangs et les cours d'eau bordés d'arbres. La zone d'étude est connectée à l'Etang Saint-Paul. Le cours d'eau au sud de la zone d'étude est favorable à la reproduction et l'alimentation de l'espèce.	Moyen

2 État initial des milieux naturels, de la flore et de la faune (dit « Scénario de référence »)

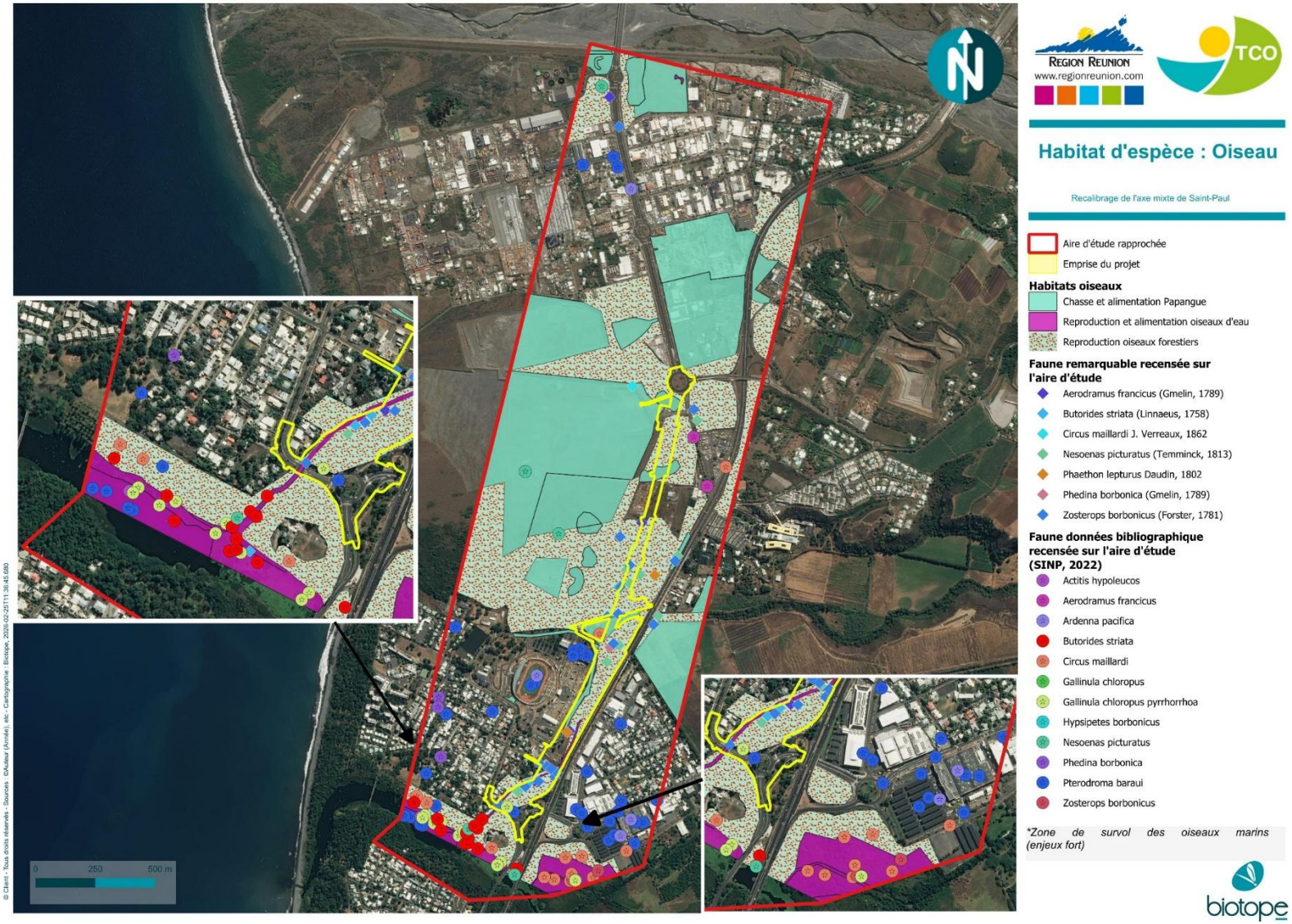
Nom vernaculaire *Nom scientifique*	Statut réglementaire	Statuts patrimoniaux				Enjeu spécifique	Habitats d'espèces et populations observées dans la zone d'étude	Enjeu contextualisé
		LR Monde	LR La Réunion	Dét. ZNIEFF	Endémicité			
Puffin de Baillon *Puffinus bailloni bailloni*	Protégée	LC	LC	D	/	Moyen	Sous-espèce endémique de la Réunion nichant dans la quasi-totalité des ravines de l'île. La zone d'étude se situe sur un corridor de priorité 1. Pas de reproduction sur la zone d'étude. Survol et transit en période de nidification et d'envol des jeunes.	Moyen
Salangane des Mascareignes *Aerodramus francicus*	Protégée	NT	VU	/	Mascareignes	Fort	Espèce endémique des Mascareignes nichant majoritairement dans des cavités rocheuses mais s'alimentant sur l'ensemble de l'île dans divers habitats. Pas de reproduction sur la zone d'étude. Alimentation soutenue au niveau des fourrés et savanes de la plaine Chabrier.	Faible
Hirondelle des Mascareignes *Phedina borbonica borbonica*	Protégée	LC	VU	/	Océan Indien	Moyen	Sous-espèce endémique des Mascareignes nichant dans d'étroites corniches, des trous ou des fissures et dans les cavernes du niveau de la mer à 2400 m d'altitude. Pas de reproduction sur la zone d'étude. Alimentation soutenue au niveau des zones herbacées en bordure de cours d'eau au sud de la zone d'étude.	Faible
Tourterelle malgache *Nesoenas picturatus*	Protégée	LC	LC	/	Océan indien	Faible	Espèce commune à La Réunion, observée sur l'ensemble de espaces végétalisés la zone d'étude. Reproduction au niveau des boisements de la zone d'étude / alimentation en milieu ouverts. Le cours d'eau du sud de la zone d'étude est très utilisé par l'espèce pour l'hydratation.	Faible

2 État initial des milieux naturels, de la flore et de la faune (dit « Scénario de référence »)

Nom vernaculaire *Nom scientifique*	Statut réglementaire	Statuts patrimoniaux				Enjeu spécifique	Habitats d'espèces et populations observées dans la zone d'étude	Enjeu contextualisé
		LR Monde	LR La Réunion	Dét. ZNIEFF	Endémicité			
Zostérops des Mascareignes *Zosterops borbonicus*	Protégée	LC	LC	/	Réunion	Faible	Espèce endémique commune à La Réunion, elle s'est très bien adaptée à la modification des milieux par l'Homme. Reproduction / alimentation sur l'ensemble des fourrés et secteurs végétalisés de la zone d'étude.	Faible
Phaéton à bec jaune *Phaethon lepturus*	Protégée	LC	LC	D	/	Faible	Espèce commune à la Réunion, nichant sur l'ensemble de lîle. Pas de reproduction sur la zone d'étude. Survol et transit toute l'année du fait de la présence de colonies éloignées dans la Rivière des Galets et sur les remparts de Bellemène.	Négligeable

Tableau 12. Espèces patrimoniales d'oiseaux sur la zone d'étude (Biotope 2021)

2 État initial des milieux naturels, de la flore et de la faune (dit « Scénario de référence »)



3.4 Chiroptères

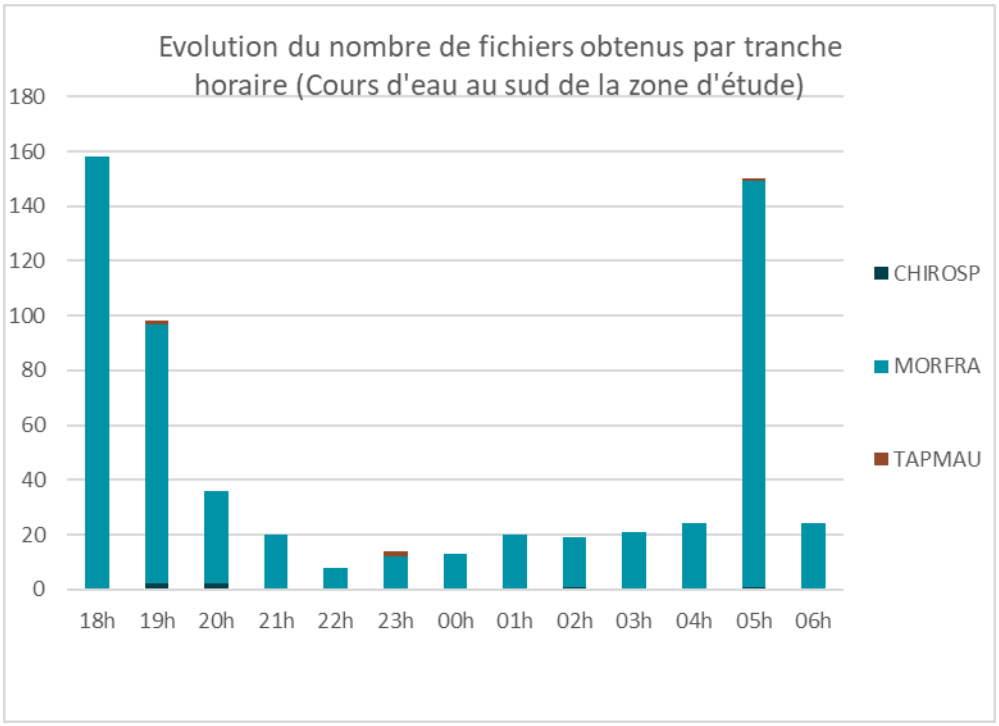
Les inventaires réalisés ont porté sur les chauves-souris, seul groupe d'espèces de mammifères indigènes à La Réunion. Ainsi, les modalités d'expertise se sont traduites par une étude acoustique et une recherche à vue afin d'établir la liste des espèces présentes, l'existence de gîtes potentiels et l'utilisation de la zone d'étude par ce groupe.

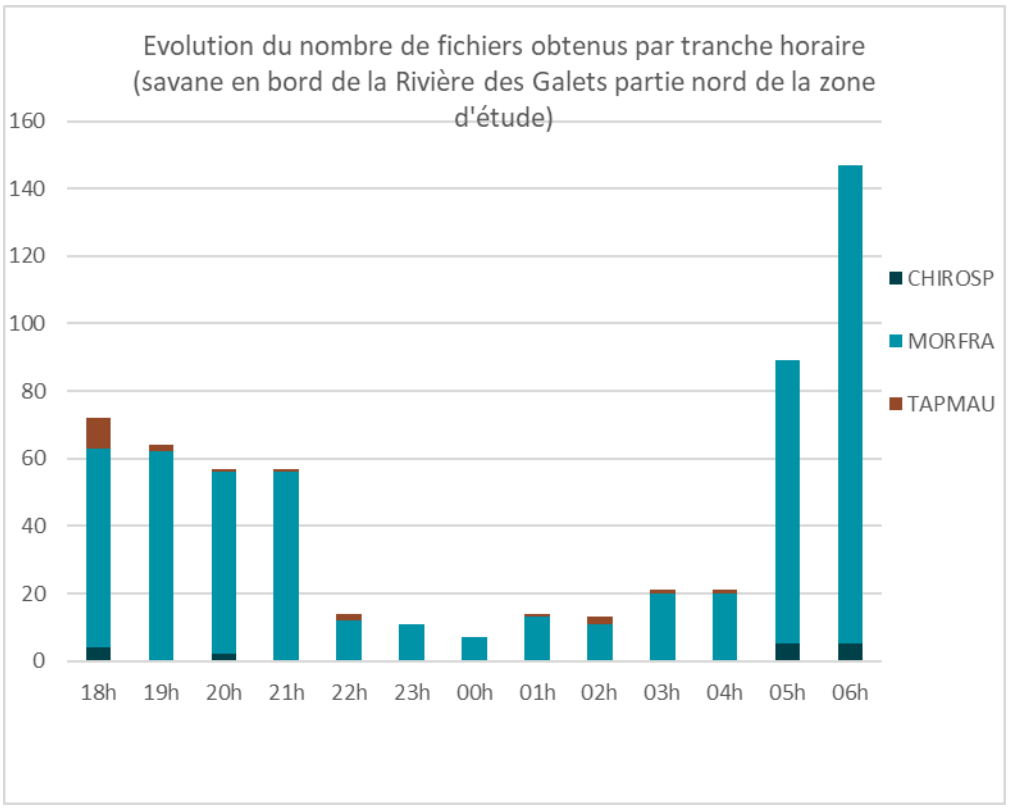
Deux espèces ont été contactées dans le cadre des inventaires :

- **Le Petit Molosse** (*Mormopterus francoismoutoui*) : Espèce endémique de la Réunion qui se retrouve dans la plupart des milieux de l'île jusqu'à 1800m d'altitude (Probst, 2002). Grégaire, elle affectionne les ravines et utilise les fissures ou cavités comme gîte mais s'est très bien adaptée aux activités humaines. La population réunionnaise n'est pas évaluée à ce jour, et sa dynamique de population est également mal connue. L'espèce semble avoir investie les constructions humaines pour l'établissement de gîte et utilise tous les types d'habitats y compris urbains pour l'alimentation où elle est considérée comme commune ;
- **Le Taphien de Maurice** *(Taphozous mauritianus)* : Espèce indigène, gîtant dans les arbres, peu répandue à la Réunion.

Les enregistrements et les observations sur site indiquent une utilisation continue de la zone d'étude tout au long de la nuit par le Petit Molosse pour le transit et l'alimentation. Le Taphien n'a pas été contacté tout au long de la nuit mais semble utiliser autant la partie sud de la zone d'étude que la partie nord pour l'alimentation.

2 État initial des milieux naturels, de la flore et de la faune (dit « Scénario de référence »)





2 État initial des milieux naturels, de la flore et de la faune (dit « Scénario de référence »)

Plusieurs gîtes de Petits Molosses sont connus sur ou aux alentours de la zone d'étude (dont le bâtiment désaffecté de l'ancienne antenne Omega abritant jusqu'à 14 000 individus et constituant deuxième plus grosse colonie connue à ce jour pour le petit molosse de La Réunion – GCOI, comm. pers. 2020), alors qu'un seul gîte de Taphiens est connu sur le pourtour de l'Etang Saint-Paul. La zone d'étude est de plus riche en proies (savanes) et est donc fréquentée pour l'alimentation.

3.4.1 Fonctionnement écologique de la zone d'étude

Deux éléments écologiques majeurs encadrent la zone d'étude :

- La Rivière des Galets au nord ;
- L'Etang Saint-Paul et les milieux associés au sud.

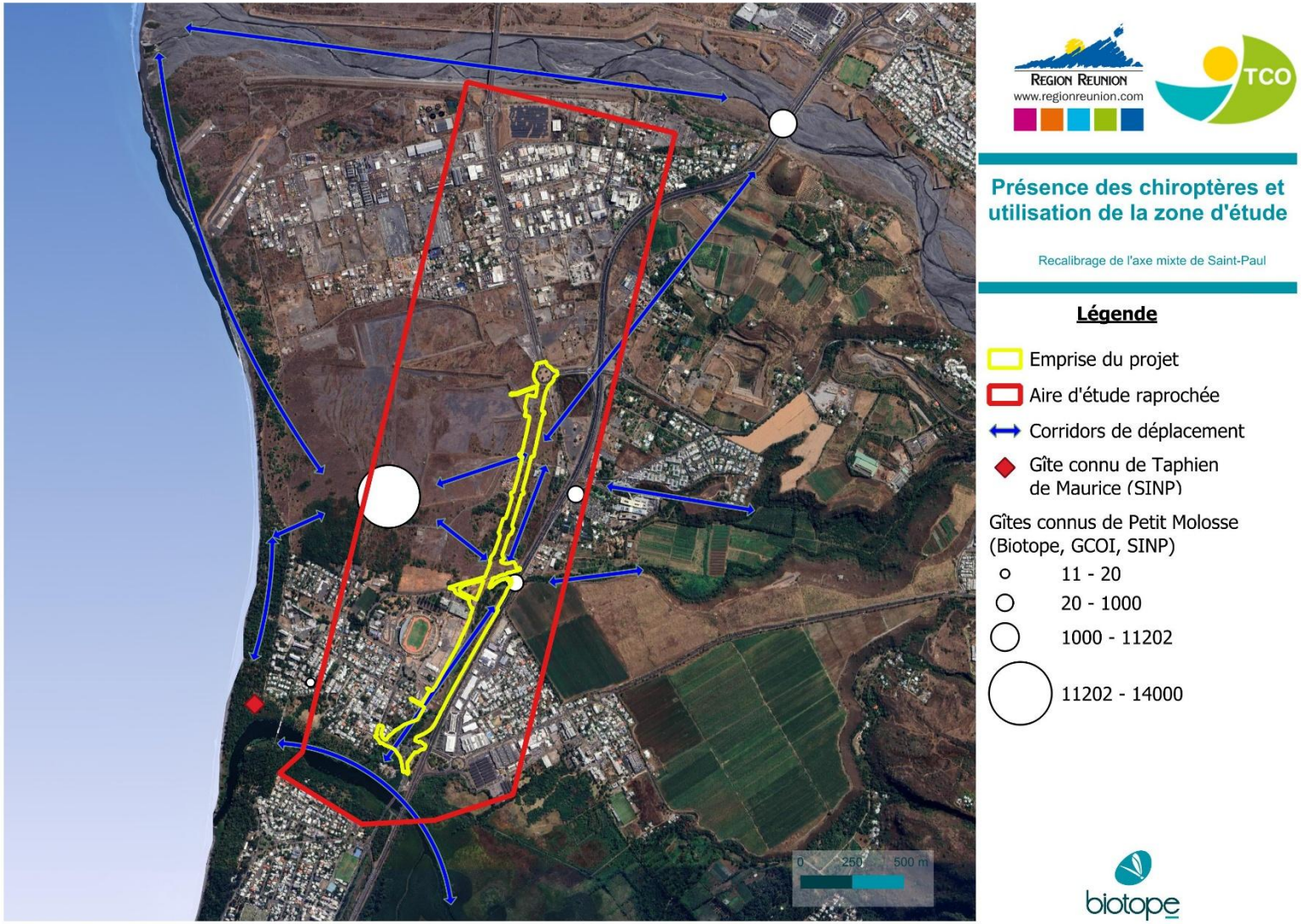
La plaine Chabrier, majoritairement couverte de savanes remaniées, représente un espace « naturel » refuge pour la biodiversité au cœur d'un secteur littoral très urbanisé.

2 État initial des milieux naturels, de la flore et de la faune (dit « Scénario de référence »)

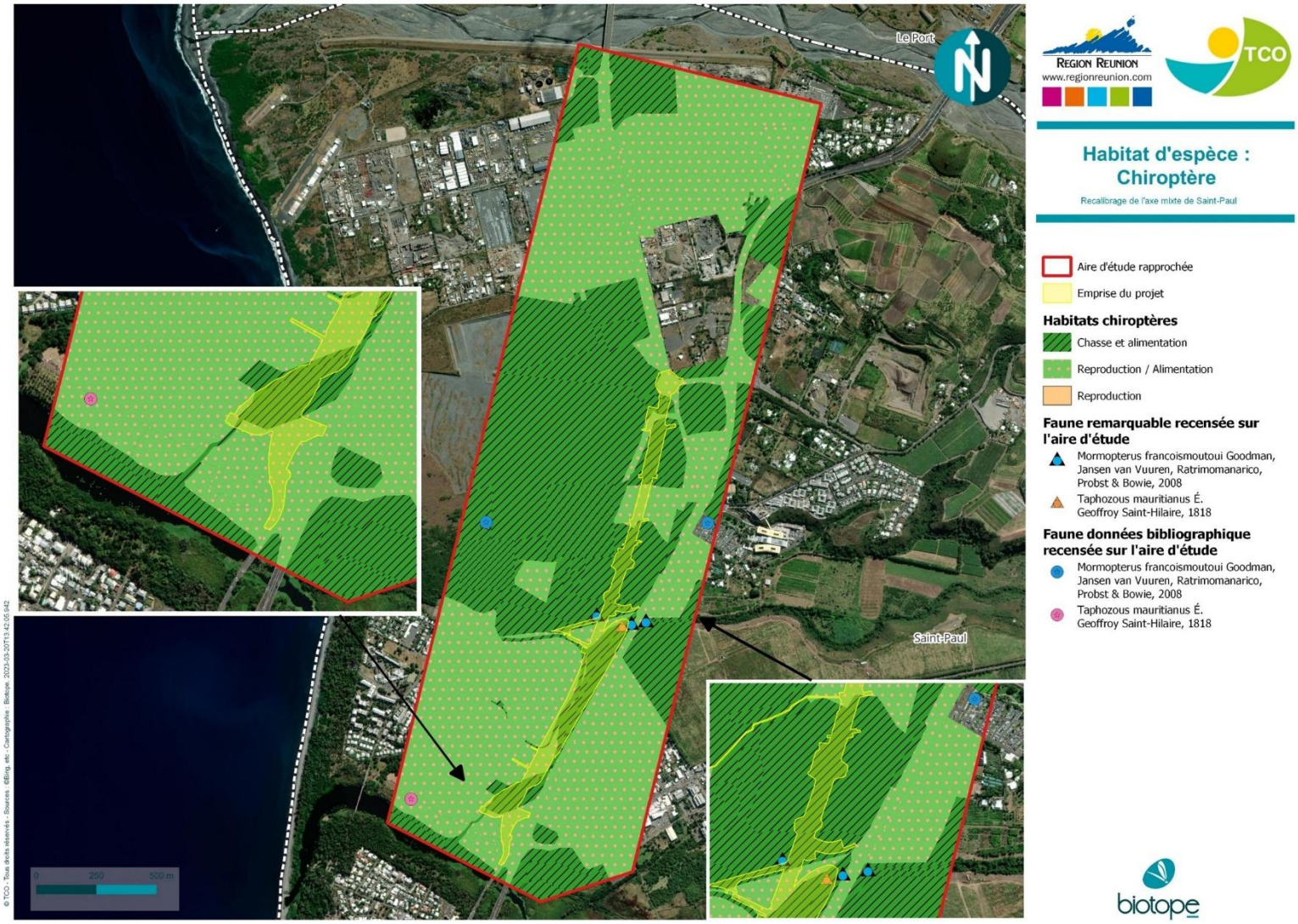
Tableau 13. Espèces patrimoniales de chiroptères sur la zone d'étude (Biotope 2021)

Nom vernaculaire *Nom scientifique*	Statut réglementaire	Statuts patrimoniaux				Enjeu spécifique	Habitats d'espèces et populations observées dans la zone d'étude	Enjeu contextualisé
		LR Monde	LR La Réunion	Dét. ZNIEFF	Endémicité			
Espèces patrimoniales et/ou réglementées								
Petit Molosse *Mormopterus francoismoutoui*	Protégée	LC	LC	D	Réunion	Faible	La zone d'étude inclut une colonie ayant élu domicile dans un bâtiment désaffecté sur la plaine Chabrier (Biotope, 2019) et regroupant près de 14 000 individus en période de reproduction (GCOI, 2021). Une seconde colonie (20 individus en septembre 2021) a été mise en évidence au sein d'un pont sous la N1 (chemin Laverdure). La ravine végétalisée reliant le pont à l'Etang Saint-Paul représente un corridor de déplacement pour ces individus a minima pour ces individus. La bibliographie fait état d'autres colonies comme celle du pont N1 de la Rivière des Galets à moins d'1 km de la zone d'étude. Les savanes de la zone d'étude, particulièrement riches en insectes sont très favorables à l'alimentation des chiroptères. Des observations directes à l'aide d'un appareil à ultrasons portatif attestent de l'activité de chasse du Petit Molosse dans les savanes de la Plaine Chabrier (Biotope, 2021).	Fort
Taphien de Maurice *Taphozous mauritianus*	Protégée	LC	NT	C	/	Moyen	Pas de reproduction connue sur la zone d'étude mais à proximité (cocoteraie de l'Etang Saint-Paul). Le cours d'eau de la zone d'étude et son prolongement jusqu'au pont de la N1 est un corridor de déplacement. De l'activité de chasse a été notée lors des prospections de terrain autour des éclairages du terrain de motocross partie sud de la zone d'étude (Biotope, 2021).	Faible

2 État initial des milieux naturels, de la flore et de la faune (dit « Scénario de référence »)



2 État initial des milieux naturels, de la flore et de la faune (dit « Scénario de référence »)



2 État initial des milieux naturels, de la flore et de la faune (dit « Scénario de référence »)

3.5 Inventaires complémentaires 2025

3.5.1 Entomofaune

Tableau 14 : Espèces d'insectes observées, statuts et enjeux (Source : Biotope, 2025)

Taxon	Groupe	Utilisation de l'aire d'étude	Endémicité	Protection	Espèces menacées en France (UICN, 2010)	ZNIEFF	Enjeu spécifique	Enjeu (Aire d'étude)
Espèces indigènes/assimilées indigènes observées sur l'aire d'étude : 14 espèces								
Heteropsis narcissus borbonica	Lépidoptères	Reproduction possible / Alimentation	Réunion	Non protégée	LC: Préoccupation mineure (LR UICN)	Complémentaire de ZNIEFF	Moyen	Moyen
Souffré africain *Catopsilia florella*	Lépidoptères	Reproduction probable / Alimentation	Non	Non protégée	LC: Préoccupation mineure (LR UICN)	Non concerné	Faible	Faible
Ceriagrion glabrum	Odonates	Reproduction probable / Alimentation	Afromalgache	Non protégée	LC: Préoccupation mineure (LR UICN)	Non concerné	Faible	Faible
Monarque africain *Danaus chrysippus*	Lépidoptères	Reproduction probable / Alimentation	Non	Non protégée	LC: Préoccupation mineure (LR UICN)	Non concerné	Faible	Faible
Diplacodes lefebvrii	Odonates	Reproduction certaine / Alimentation	Afromalgache	Non protégée	LC: Préoccupation mineure (LR UICN)	Non concerné	Faible	Faible
Ischnura senegalensis	Odonates	Reproduction probable / Alimentation	Pantropicale	Non protégée	LC: Préoccupation mineure (LR UICN)	Non concerné	Faible	Faible
Azuré porte-queue *Lampides boeticus*	Lépidoptères	Reproduction probable / Alimentation	Non	Non protégée	LC: Préoccupation mineure (LR UICN)	Non concerné	Faible	Faible
Azuré de la luzerne *Leptotes pirithous*	Lépidoptères	Reproduction probable / Alimentation	Non	Non protégée	LC: Préoccupation mineure (LR UICN)	Non concerné	Faible	Faible

2 État initial des milieux naturels, de la flore et de la faune (dit « Scénario de référence »)

Taxon	Groupe	Utilisation de l'aire d'étude	Endémicité	Protection	Espèces menacées en France (UICN, 2010)	ZNIEFF	Enjeu spécifique	Enjeu (Aire d'étude)
Orthetrum brachiale	Odonates	Reproduction probable / Alimentation	Afromalgache	Non protégée	LC: Préoccupation mineure (LR UICN)	Non concerné	Faible	Faible
Pantala flavescens	Odonates	Reproduction possible / Alimentation	Pantropicale	Non protégée	LC: Préoccupation mineure (LR UICN)	Non concerné	Faible	Faible
Phalanta phalantha	Lépidoptères	Reproduction probable / Alimentation	Non	Non protégée	LC: Préoccupation mineure (LR UICN)	Non concerné	Faible	Faible
Trametea limbata	Odonates	Reproduction certaine / Alimentation	Pantropicale	Non protégée	LC: Préoccupation mineure (LR UICN)	Non concerné	Faible	Faible
Trithemis annulata haematina	Odonates	Reproduction probable / Alimentation	Afromalgache	Non protégée	LC: Préoccupation mineure (LR UICN)	Non concerné	Faible	Faible
Zizeeria knysna	Lépidoptères	Reproduction probable / Alimentation	Non concerné	Non protégée	LC: Préoccupation mineure (LR UICN)	Non concerné	Faible	Faible
Espèces exotiques observées sur l'aire d'étude : 1 espèce								
Papillon de Vinson *Papilio demodocus*	Lépidoptères	Reproduction probable / Alimentation	Non	Non protégée	NA: Non applicable	Non concerné	Négligeable	Négligeable
Espèces au statut indéterminé observées sur l'aire d'étude : 2 espèces								
Dysdercus sp.	Hémiptères	Reproduction certaine / Alimentation	Indéterminé	Non protégée	NE: Non évalué	Non concerné	Faible	Faible
Junonia rhadama	Lépidoptères	Reproduction probable / Alimentation	Océan indien	Non protégée	NA: Non applicable	Non concerné	Faible	Faible

Au cours des prospections des 15/04 et 16/04, 17 espèces d'insectes ont été observées : 9 espèces de papillons (lépidoptères), 7 espèces de libellules (odonates) et 1 espèce de punaise (hémiptère). Parmi ces espèces, aucune n'est protégée et aucune ne présente un enjeu de conservation défavorable sur la liste rouge Réunion. Cependant, un taxon est endémique de la Réunion et est complémentaire ZNIEFF : *Heteropsis narcissus borbonica* présente un enjeu contextualisé à l'aire d'étude considéré comme moyen. Ce dernier est cependant hors de l'emprise du projet et ne sera donc pas directement impacté par le projet.

3.5.2 Herpétofaune

Tableau 15*:* Espèces de reptiles et d'amphibiens observées, statuts et enjeux (Source : Biotope, 2025)

Taxon	Groupe	Utilisation de l'aire d'étude	Endémicité	Protection	Espèces menacées en France (UICN, 2010)	ZNIEFF	Enjeu spécifique	Enjeu (Aire d'étude)
Espèces indigènes/assimilées indigènes observées sur l'aire d'étude : 0 espèces								
Espèces exotiques observées sur l'aire d'étude : 5 espèces								
Caméléon panthère *Furcifer pardalis*	Reptiles	Reproduction probable / Alimentation	Madagascar Mascareignes	Protégée	NA: Non applicable	Complémentaire de ZNIEFF	Faible	Faible
Agame des colons *Agama agama*	Reptiles	Reproduction possible / Alimentation	Non concerné	Non protégée	NA: Non applicable	Non concerné	Négligeable	Négligeable
Agame arlequin *Calotes versicolor*	Reptiles	Reproduction possible / Alimentation	Non concerné	Non protégée	NA: Non applicable	Non concerné	Négligeable	Négligeable
Gecko vert à poussière d'or *Phelsuma laticauda*	Reptiles	Reproduction probable / Alimentation	N.c	Non protégée	NA: Non applicable	Non concerné	Négligeable	Négligeable
Grenouille des Mascareignes *Ptychadena*	Amphibiens	Reproduction probable / Alimentation	N.c	Non protégée	NA: Non applicable	Non concerné	Négligeable	Négligeable

Taxon	Groupe	Utilisation de l'aire d'étude	Endémicité	Protection	Espèces menacées en France (UICN, 2010)	ZNIEFF	Enjeu spécifique	Enjeu (Aire d'étude)
mascarenie nsis								
Espèces au statut indéterminé observées sur l'aire d'étude : 1 espèce								
Gecko gris des maisons *Hemidactylus frenatus*	Reptiles	Reproduction possible / Alimentation	D.I	Non protégée	NA: Non applicable	Non concerné	Négligeable	Négligeable

Au cours des prospections des 15/04 et 16/04, 5 espèces de reptiles et 1 espèce d'amphibien ont été observées. Parmi ces espèces, aucune n'est indigène de la Réunion. Cependant, une espèce de reptile est protégée : le Caméléon panthère est présent dans les boisements et fourrés de l'aire d'étude rapprochée et présente un enjeu contextualisé considéré comme faible.

3.5.3 Mammofaune

Tableau 16 Espèces de mammifères observées, statuts et enjeux (Source : Biotope, 2025)

Taxon	Utilisation de l'aire d'étude	Endémicité	Protection	Espèces menacées en France (UICN, 2010)	ZNIEFF	Enjeu spécifique	Enjeu (Aire d'étude)
Espèces indigènes/assimilées indigènes observées sur l'aire d'étude : 2 espèces							
Petit Molosse de la Réunion *Mormopterus francoismoutoui*	Reproduction certaine / Alimentation	Réunion	Protégée	LC: Préoccupation mineure (LR UICN)	Déterminante de ZNIEFF	Moyen	Fort
Chauve-souris à ventre blanc *Taphozous mauritianus*	Reproduction certaine / Alimentation	Afromalgache	Protégée	NT: Quasi menacée (LR UICN)	Complémentaire de ZNIEFF	Moyen	Fort
Espèces exotiques observées sur l'aire d'étude : 1 espèce							

Tenrek *Tenrec ecaudatus*	Reproduction possible / Alimentation	N.c	Non protégée	NA: Non applicable	Non concerné	Négligeable	Négligeable

Au cours des prospections des 15 et 16/04, 3 espèces de mammifères (2 chiroptères et 1 mammifère terrestre) ont été observées. Les deux espèces de chiroptères sont protégées et se reproduisent au sein de l'aire d'étude rapprochée et présentent un enjeu contextualisé considéré comme fort. En effet, les colonies de reproduction connues des deux espèces de chauve-souris présentent au sein de l'aire d'étude rapprochée sont considérées parmi les plus importantes de l'île de la Réunion.

3.5.4 Avifaune

Tableau 17 : Espèces d'oiseaux observées, statuts et enjeux (Source : Biotope, 2025)

Taxon	Utilisation de l'aire d'étude	Endémicité	Protection	Espèces menacées en France (UICN, 2010)	ZNIEFF	Enjeu spécifique	Enjeu (Aire d'étude)
Espèces indigènes/assimilées indigènes observées sur l'aire d'étude : 6 espèces							
Héron strié *Butorides striata*	Reproduction possible / Alimentation	Afromalgache	Protégée	NT: Quasi menacée (LR UICN)	Déterminante de ZNIEFF	Moyen	Moyen
Gallinule poule-d'eau *Gallinula chloropus*	Reproduction probable / Alimentation	Afromalgache	Protégée	NT: Quasi menacée (LR UICN)	Déterminante de ZNIEFF	Moyen	Moyen
Zostérops des Mascareignes *Zosterops borbonicus*	Reproduction probable / Alimentation	Réunion	Protégée	LC: Préoccupation mineure (LR UICN)	Complémentaire de ZNIEFF	Moyen	Moyen
Salangane des Mascareignes *Aerodramus francicus*	Absence d'habitats favorables à la reproduction / Alimentation	Réunion; Maurice	Protégée	VU: Vulnérable (LR UICN)	Déterminante de ZNIEFF	Fort	Faible
Phaéton à bec jaune *Phaethon lepturus*	Absence d'habitats favorables à la	Pantropicale	Protégée	LC: Préoccupation mineure (LR UICN)	Déterminante de ZNIEFF	Moyen	Faible

2 État initial des milieux naturels, de la flore et de la faune (dit « Scénario de référence »)

Taxon	Utilisation de l'aire d'étude	Endémicité	Protection	Espèces menacées en France (UICN, 2010)	ZNIEFF	Enjeu spécifique	Enjeu (Aire d'étude)
	reproduction / Transit						
Tourterelle malgache *Nesoenas picturatus*	Reproduction probable / Alimentation	Pantropicale	Protégée	LC: Préoccupation mineure (LR UICN)	Non concerné	Faible	Faible
Espèces exotiques observées sur l'aire d'étude : 10 espèces							
Martin triste *Acridotheres tristis*	Reproduction probable / Alimentation	Non concerné	Non protégée	NA: Non applicable	Non concerné	Négligeable	Négligeable
Pigeon biset domestique *Columba livia*	Absence d'habitats favorables à la reproduction / Alimentation	Non concerné	Non protégée	NA: Non applicable	Non concerné	Négligeable	Négligeable
Astrild ondulé *Estrilda astrild*	Reproduction probable / Alimentation	Non concerné	Non protégée	NA: Non applicable	Non concerné	Négligeable	Négligeable
Foudi rouge *Foudia madagascariensis*	Reproduction certaine / Alimentation	Non concerné	Non protégée	NA: Non applicable	Non concerné	Négligeable	Négligeable
Géopélie zébrée *Geopelia striata*	Reproduction probable / Alimentation	Non concerné	Non protégée	NA: Non applicable	Non concerné	Négligeable	Négligeable
Moineau domestique *Passer domesticus*	Reproduction possible / Alimentation	Non concerné	Non protégée	NA: Non applicable	Non concerné	Négligeable	Négligeable
Tisserin gendarme *Ploceus cucullatus*	Reproduction possible / Alimentation	Non concerné	Non protégée	NA: Non applicable	Non concerné	Négligeable	Négligeable

2 État initial des milieux naturels, de la flore et de la faune (dit « Scénario de référence »)

Taxon	Utilisation de l'aire d'étude	Endémicité	Protection	Espèces menacées en France (UICN, 2010)	ZNIEFF	Enjeu spécifique	Enjeu (Aire d'étude)
Bulbul orphée *Pycnonotus jocosus*	Reproduction certaine / Alimentation	Non concerné	Non protégée	NA: Non applicable	Non concerné	Négligeable	Négligeable
Travailleur à bec rouge *Quelea quelea*	Reproduction possible / Alimentation	Non concerné	Non protégée	NA: Non applicable	Non concerné	Négligeable	Négligeable
Veuve dominicaine *Vidua macroura*	Reproduction possible / Alimentation	Non concerné	Non protégée	NA: Non applicable	Non concerné	Négligeable	Négligeable

Au cours des prospections des 15 et 16/04, 16 espèces d'oiseaux ont été observées. Parmi ces espèces 6 sont indigènes de la Réunion, soit 38%. Toutes les espèces indigènes sont protégées et trois espèces présentent un enjeu contextualisé considéré comme moyen sur l'aire d'étude rapprochée : le Héron strié, la Gallinule poule-d'eau et le Zostérops des Mascareignes. Les bordures végétalisées des milieux aquatiques et les boisements de l'aire d'étude rapprochée sont favorables à ces espèces.

2 État initial des milieux naturels, de la flore et de la faune (dit « Scénario de référence »)

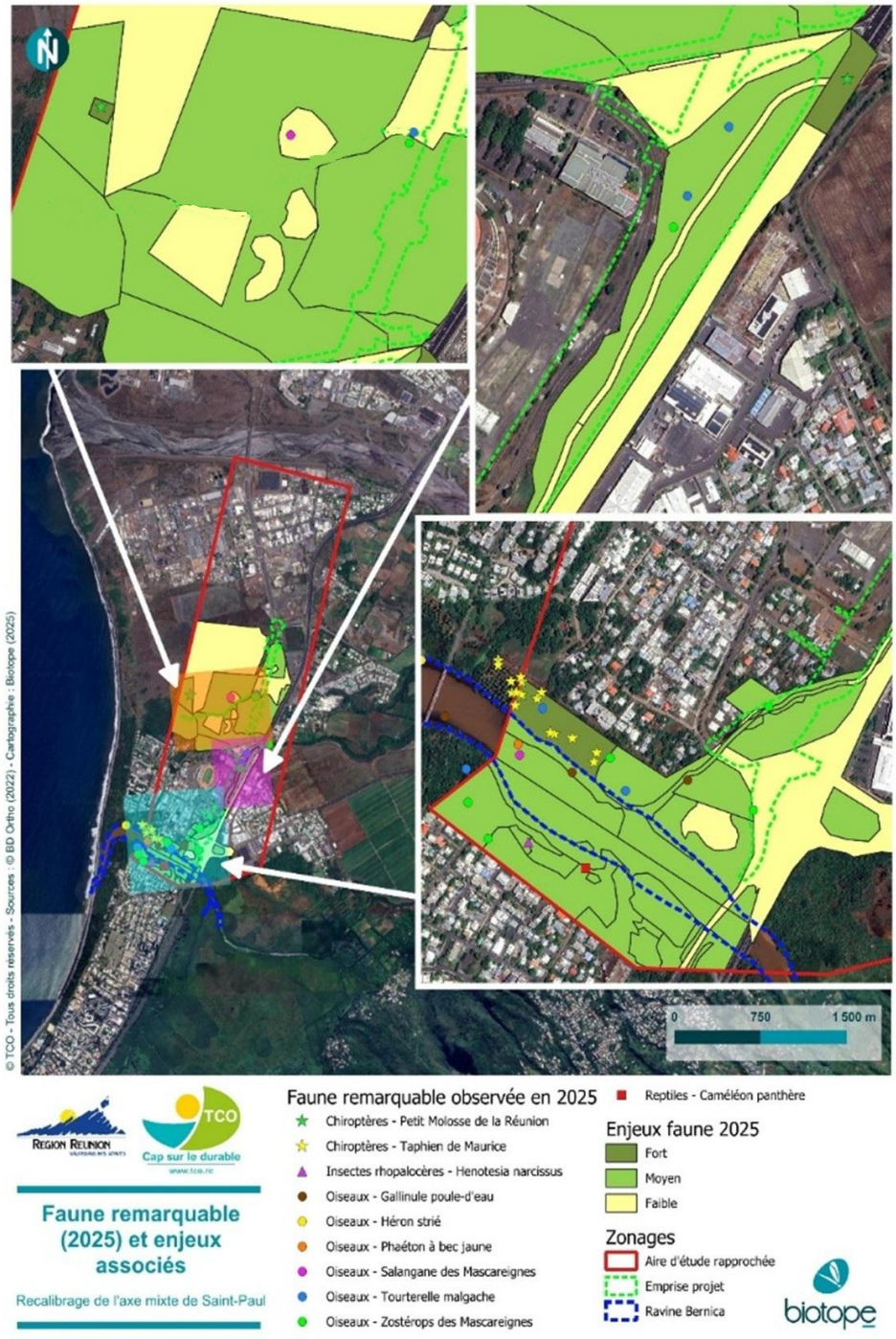


Figure 22 *:* Faune remarquable observée en 2025 et enjeux écologiques associés (Source : Biotope, 2025)

Concernant la faune, les enjeux écologiques principaux relevés en 2025 sont centrés sur les sites de reproduction des deux espèces de chiroptères : bâti et pont pour le Petit Molosse de la Réunion et cocoteraies pour le Taphien de Maurice. Ces habitats présentent un enjeu écologique considéré comme fort.

De plus, les zones buissonnantes et arborées favorable à la nidification du Zostérops des Mascareignes ainsi que les zones riches en végétation aquatique et semi-aquatique favorables à la reproduction du Héron strié et de la Gallinule poule-d'eau présentent un enjeu contextualisé considéré comme moyen.

4 Synthèse des enjeux écologiques au sein de l'aire d'étude rapprochée

Afin de mettre en évidence les principaux groupes à enjeu écologique au sein de l'aire d'étude rapprochée, une carte de localisation et de synthèse des enjeux écologiques a été établi.

Il est important de préciser que cette évaluation est relative à l'aire d'étude rapprochée et non à l'emprise du projet.

Les différentes données collectées dans le cadre de cette étude ont permis d'appréhender l'intérêt des milieux de l'aire d'étude rapprochée.

Une hiérarchisation en cinq niveaux d'enjeu écologique a été établie : enjeu nul à très fort.

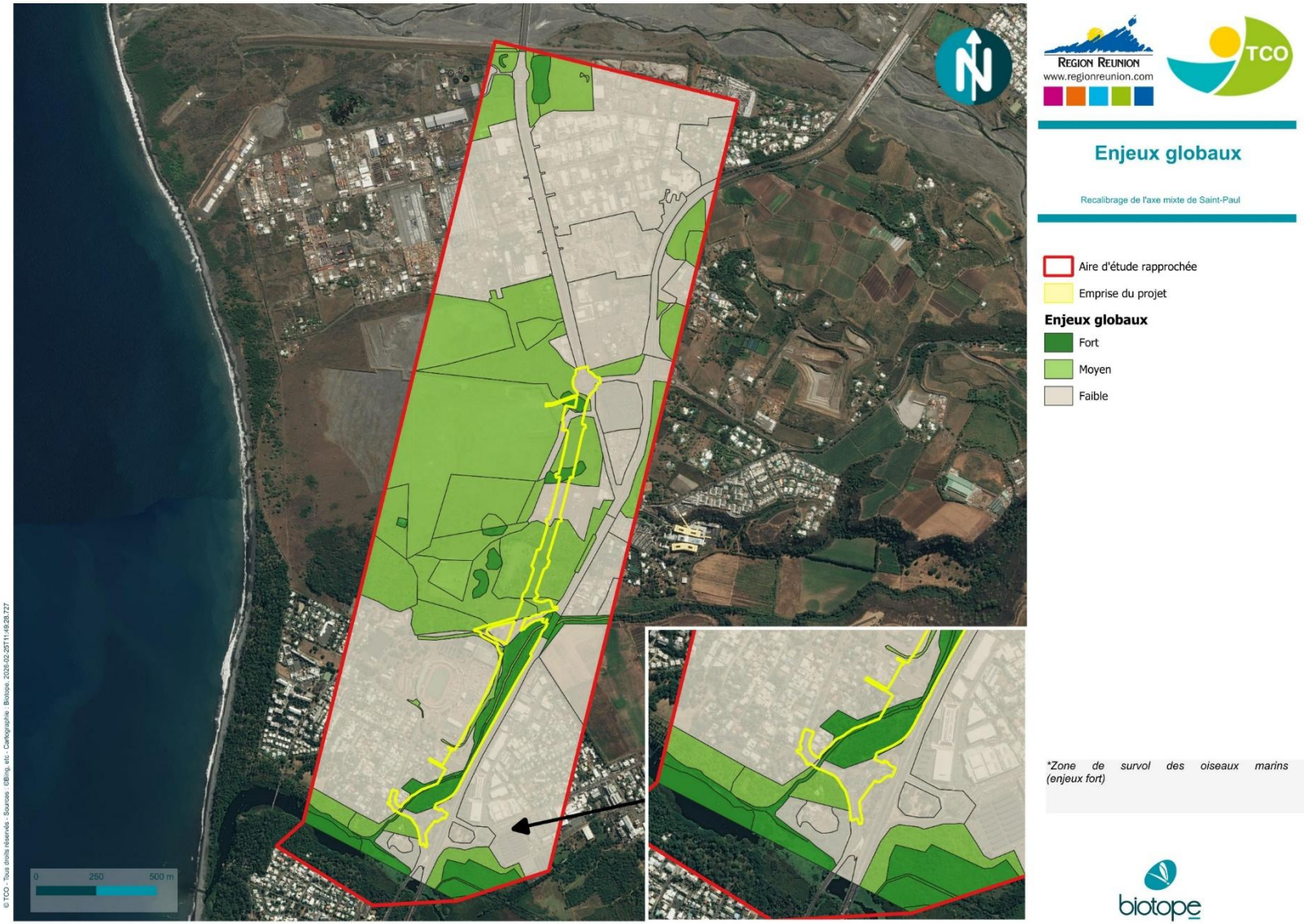
Enjeu	Enjeux écologiques sur l'aire d'étude rapprochée	
	Groupes et/ou espèces liés	Localisation/Description
Majeur	Pas d'enjeu majeur identifié sur ce site	
Très fort	Pas d'enjeu majeur identifié sur ce site	
Fort	**Zones humide / milieux rivulaires / Roselière à *Phragmites mauritianus***	Aval de la ravine La Plaine / lit majeur et formations rivulaires associées. Présence d'une population de *Phragmites mauritianus*, espèce végétale considérée comme « En danger » (UICN 2023) et protégée. Habitat de nidification de la poule d'eau et du Héron strié / libellules.
	Reliques de savane primaire à *Heteropogon contortus* et tonsures associées	Habitat « primaire » de Zornia gibbosa, espèce végétale considérée comme « Vulnérable » (UICN, 2023) et protégée.

2 État initial des milieux naturels, de la flore et de la faune (dit « Scénario de référence »)

Enjeu	Enjeux écologiques sur l'aire d'étude rapprochée	
	Groupes et/ou espèces liés	**Localisation/Description**
	Bâtiment désaffecté de l'ancienne antenne Chabrier	Présence d'une colonie d'importance régionale au sein de l'aire d'étude rapprochée, non concerné par l'emprise stricte du projet
Moyen	**Avifaune marine / corridor aérien**	Groupe particulièrement sensible à la pollution lumineuse, le Puffin tropical et le Pétrel de Barau font l'objet des enjeux les plus fort les concernant. Nidifiant à proximité pour le Puffin et utilisant le site comme corridor pour les deux espèces, la zone d'étude est donc dans sa globalité concernée par la problématique d'échouage des oiseaux marins.
	Fourrés arbustifs	Nidification du Zostérops des Mascareignes et de la Tourterelle malgache Présence du Caméléon panthère.
	Savane à *Heteropogon contortus plus ou moins dégradées*	Habitat indigène « sub-primaire » relique du cône de déjection de la rivière des Galets toutefois secondarisé (remaniements, endiguement de la rivière des Galets, carrières, introgression d'espèces exotiques envahissantes) et très dégradé dans l'aire d'étude rapprochée et a fortiori dans l'emprise du projet. Zone de chasse des chiroptères, du Phaéton à bec jaune et du Busard de Maillard / habitats pour les insectes.
Faible	Autres milieux anthropisés	Présence *de Zornia gibbosa,* espèce végétale protégée, ne constituant cependant pas son habitat primaire (habitat de substitution lié au caractère pionnier des milieux artificialisé).

Pour une connaissance approfondie de ces enjeux écologiques, il convient de se référer aux chapitres présentés précédemment relatifs aux différentes thématiques faune-flore.

2 État initial des milieux naturels, de la flore et de la faune (dit « Scénario de référence »)



3

Analyse des effets du projet et mesures associées

1 Présentation et justification de la solution retenue

Compte tenu des contraintes en présence (projet Ecoquartier Cambaie-Omega et emprise actuelle de la route des Tamarins), ce volet naturel sur le projet de prolongement de l'Axe Mixte ne donne pas lieu à l'analyse de différentes variantes.

2 Appréciation des effets prévisibles du projet sur les habitats naturels, la faune et la flore

2.1 Présentation des effets génériques de ce type de projet

Tout projet d'aménagement peut engendrer des impacts sur les milieux naturels et les espèces qui leur sont associées.

De manière générale, différents types d'effets sont évalués :

- Les effets temporaires dont les conséquences sont limitées dans le temps et réversibles une fois la perturbation terminée ;
- Les effets permanents dont les effets sont irréversibles. Ils peuvent être liés à l'emprise du projet ainsi qu'à la phase de travaux, d'entretien et de fonctionnement du projet.

Les effets temporaires et permanents peuvent eux-mêmes être divisés en deux autres catégories :

- Les effets directs, liés aux travaux touchant directement les habitats naturels ou les espèces ; on peut distinguer les effets dus à la construction même du projet et ceux liés à l'exploitation et à l'entretien de l'infrastructure ;
- Les effets indirects qui ne résultent pas directement des travaux ou du projet mais qui ont des conséquences sur les habitats naturels et les espèces et peuvent apparaître dans un délai plus ou moins long (eutrophisation due à un développement d'algues provoqué par la diminution des débits liée à un pompage, raréfaction d'un prédateur suite à un impact important sur ses proies, etc.).

Les effets pressentis du projet présentés sont des effets avérés pour certains (destruction d'habitats naturels et d'espèces, destruction d'individus) ou potentiels pour d'autres (détérioration des conditions d'habitats). Ils préfigurent quels pourraient être les impacts du projet en l'absence de mesures d'évitement et de réduction.

La définition des impacts bruts du projet prend en compte la phase chantier et la phase d'exploitation.

Les impacts liés à la phase chantier peuvent être à la fois temporaires et permanents. Tous les impacts liés à la phase d'exploitation sont considérés comme permanents. D'autres impacts, ayant comme origine la phase chantier, peuvent être permanents.

Dans l'analyse suivante, les enjeux déterminés dans l'état initial sont donc pondérés au regard de de l'extension envisagée l'aménagement existant.

2.1.1 Impacts bruts sur les zones de protection ou d'inventaire

Aucun espace règlementaire ou document d'inventaire concernant les milieux naturels ne régissent la zone d'emprise du projet. Cependant, la présence de la Réserve Naturelle Régionale de l'étang de Saint Paul se situe à proximité du projet. En effet, l'aire d'étude rapprochée intercepte la zone de protection modérée de la RN à l'extrémité Nord, bien que l'emprise stricte du projet ne soit pas concernée. De plus, le projet prévoit de franchir trois fois la ravine de la Plaine qui est connectée à l'étang de Saint-Paul à son exutoire.

Impact brut négatif, indirect, permanent et moyen

2.1.2 Impacts bruts sur les habitats et la flore

L'emprise du projet étant déjà en partie aménagée, l'impact de destruction sur les habitats et la flore reste localisée.

Impact de l'Axe Mixte en phase chantier et en phase d'exploitation

Des travaux de débroussaillage, terrassement et de remodelage des voies sont prévus et localisés sur des zones d'enjeu de conservation pour la flore et les habitats recensés.

Les **habitats naturels ou semi-naturels** qui seront directement détruits par l'emprise du projet sont :

- CB 87.191 / TDHR 3.1.1.3 - Savanes herbacées (6 140 m² impactés) ;
- CB 59.211 / TDHR 2.1 - Végétation marécageuse de basse altitude (4 050 m² impactés).
- CB 59.2113 / TDHR 2.1.3.12 - Végétation hélophytique à *Phragmites mauritianus* (220 m² impactés).

Les **habitats secondaires** qui seront directement détruits par l'emprise du projet sont :

- CB 87.193 / TDHR 3.1.2 Fourrés secondaires de diverses espèces exotiques à tendance semi xérophile (75 860m² impactés)

- CB 87.191 x 87.193 / TDHR 3.1.1.3 x 3.1.2 Savanes herbacées en cours d'embroussaillement (27 120 m² impactés)

Le reste des habitats dans l'emprise de projet ne sont pas d'intérêt particulier car anthropisés.

Il n'est prévu aucun effet sur l'habitat « 18.2912 Ourlet hélophytique à *Fimbristylis cymosa* » car les travaux prévus initialement sur le secteur 3 ont été retirés du présent projet. De la même manière il n'est attendu aucun effet sur l'habitat « 59.211.3 Végétations hélophytique à *Typha domingensis* » et « 59.211.6 Prairie marécageuse à Setaria geminata » du fait de leur localisation éloignée des emprises du projet (au Sud-Ouest).

Concernant la flore remarquable inventoriée, seule *Zornia Gibbosa*, espèce protégée sera impactée (32 stations au total) par l'emprise directe du projet. Les autres espèces végétales indigènes impactées par l'emprise de l'axe mixte sont communes et présente donc un enjeu moyen à faible (*Typha domingensis, Persicaria senegalensis*).

Concernant les habitats naturels, l'impact brut peut être considéré comme **négatif, direct, permanent et fort** pour l'habitat naturel végétations marécageuses de basse altitude et la végétation hélophytique à Phragmites *mauritianus* (cf. ci-après) et **négatif, direct, permanent et moyen** pour les savanes herbacées qui restent communes.

Concernant les habitats secondaires, l'impact brut est considéré comme **négatif, direct, permanent et faible.**

Concernant la flore, l'impact brut sur *Zornia Gibbosa* est considéré comme **négatif, directe, permanent et fort.**

Impact du recalibrage de la ravine La Plaine sur les habitats et la flore

De nombreux habitats naturels, déterminant ZNIEFF de type 1 ou de type 2 sont présent sur le secteur 2 au niveau de la ravine des Plaine qui est connectée est à l'étang de Saint-Paul à son exutoire. Pour rappel, l'étang Saint-Paul, en périphérie et connexion avec la zone d'étude par continuité écologique aquatique, est une zone humide unique au monde et exceptionnelle au niveau d'une île comme la Réunion (classé site RAMSAR et Réserve Naturelle).

Le recalibrage de la ravine va avoir pour effet la destruction d'habitats marécageux situés le long de la ravine, notamment les roselières et les prairies humides.

De plus, les inventaires complémentaires réalisés en 2025 (cf. rapport de synthèse des inventaires complémentaires en annexe du présent rapport) ont révélé la présence d'une espèce floristique protégée dans le lit et en bordure de la Ravine La Plaine. En effet, on y observe une végétation hélophytique dont une station à ***Phragmites mauritianus*** (enjeu très fort), une végétation aquatique à Ipomoea aquatica et

Ludwigia stolonifera (enjeu moyen), ainsi que des prairies humides à Cenchrus purpureus (enjeu faible). Toutefois, ce secteur est témoin de dégradations récurrentes, notamment la station de *Phragmites* comme nous avons pu le démontrer précédemment.

La moitié nord, asséchée, est dominée par des formations exotiques secondaires (jachère à Urochloa maxima, fourrés à Prosopis juliflora, à Leucaena leucocephala, ainsi que des boisements à Pithecellobium dulce). Ces habitats secondaires exotiques sont fortement dégradés et de faible enjeu écologique.

L'évaluation de l'impact du recalibrage de la ravine La Plaine ne prend pas directement en considération la Réserve naturelle nationale de l'Etang de Saint-Paul puisque **l'emprise du projet ne chevauche à aucun moment cette réserve**. Seul la remise en suspension de sédiment pourrait avoir un impact sur la réserve par continuité écologique aquatique (pour lequel l'impact est évalué dans la partie ci-après).

Impact brut négatif, direct, permanent et très fort.

Impact de la remise en suspension de sédiments causée par les travaux de la Ravine la Plaine sur les espèces floristiques et habitats en aval

Les travaux de recalibrage vont créer une remise en suspension des sédiments. Cette turbidité, si elle n'est pas contrôlée, pourrait avoir un impact sur les roselières et les prairies humides en aval du projet et notamment *Nesea triflora*, *Setaria geminata*, *Typha domingensis* et *Paspalum vaginatum*. En effet, l'étang Saint-Paul est en connexion avec la zone d'étude par continuité écologique aquatique, c'est-à-dire par le Ravine La Plaine.

Impact brut négatif, indirect, temporaire et moyen.

Impact des déchets et des pollutions accidentelles sur les habitats et la flore en phase travaux

Ce risque existe en phase chantier par la fréquentation importante de l'aie d'étude par les entreprises et leur personnel et par l'apport et l'utilisation de divers matériaux emballés, conditionnés ou polluants issus des engins de chantier par exemple.

Impact brut négatif, direct et indirect, temporaire et fort.

Impact de la prolifération des espèces végétales invasives en phase travaux

Il existe un risque de prolifération de plusieurs espèces invasives, au sein ou à proximité des zones de travaux, du fait de leur prolifération normale mais très rapide et préoccupante pour les milieux naturels alentour.

Ce risque concerne à la fois le site des travaux, les zones de stockage provisoire des déchets verts et les milieux traversés lors de leur évacuation. Ce point est renforcé par le fait que la zone d'étude est constituée en grande partie d'espèces exotiques dont certaines sont connues pour être envahissantes avec notamment le Cassi (*Leucaena leucocephala*), le faux poivrier (*Schinus terebinthifolia*) et le Bois de caraïbe (*Tecoma stans*). Leur prolifération peut provenir de la dissémination de graines des espèces invasives présentes sur le site avant et pendant les travaux ; des boutures présentes dans les déchets végétaux lors de leur stockage au sol ; de l'ouverture des milieux remaniés générant un développement plus rapide des espèces invasives.

Impact brut négatif, permanent, direct et indirect et fort

2.1.3 Impacts bruts sur la faune

Impact du projet en phase travaux et exploitation

Pendant les travaux, réside un risque de destruction d'habitats d'espèces et/ou de nichées et/ou de perturbation de la faune dans le cas de proximité immédiate de zones favorables à leur reproduction.

Les végétations aquatiques flottantes héliophile à *Eichocomia crassipes* et *Pistia stratieotes* (22.491.2) ainsi que la végétation marécageuse de basse altitude (59.211) et le lit de rivière (24.10) sont des habitats d'alimentation et de reproduction des libellules notamment de *Pseudagrion puntun*, espèce endémique de Madagascar mais aussi de la Gallinule poule d'eau ou encore le Héron strié qui fréquentent surtout la Réserve de l'étang et les milieux humides adjacents à végétation dense. Le risque de destruction d'habitat réside donc lors de la réalisation des ouvrages d'arts et du recalibrage de la ravine mais aussi dans le potentiel risque de pollution (MES) dans le lit de rivière.

Concernant le Caméléon panthère, ce dernier n'a pas été observé mais les boisements et fourrés denses présents sont favorables à sa présence. Certains de ses habitats de reproductions seront détruits comme les fourrés secondaires. L'impact brut est jugé moyen.

Enfin, l'aire d'étude rapprochée inclut plusieurs colonies de petit molosse dont une présente dans un bâtiment désaffecté sur la plaine Chabrier avec prêt de 14 000 individus en période de reproduction. L'emprise du projet aura un impact direct sur les habitats de chasses et sites de transit pour les deux espèces recensées. Cependant, ces habitats sont très artificialisés ou ne sont composés que de savanes secondaires avec peu d'intérêt écologique pour les chiroptères. L'impact brut pour la destruction et/ou altération des habitats pour les chiroptères est jugé faible car les colonies connus des deux espèces ne sont pas concernées par l'emprise projet.

Seuls les travaux prévus à proximité d'une colonie peuvent perturber la faune.

L'impact brut de destruction d'habitat d'espèce ou perturbation de la faune est considéré comme négatif, direct et indirect, temporaire et permanent et moyen à faible pour la faune.

Impact des éclairages sur l'avifaune en phase de travaux

Pendant la phase de travaux, en cas de mise en œuvre nocturne, l'éclairage est susceptible d'avoir un impact sur les oiseaux dont le Puffin tropical qui survole la zone de projet. Pour ces espèces, les ravines représentent des couloirs de transfert importants entre les colonies et l'océan. Ce sont plus précisément les jeunes, lors de leur envol qui sont majoritairement affectés par ces lumières. L'espèce essentiellement concernée ici est le Puffin tropical.

Cette problématique éclairage/avifaune est particulièrement aigüe à La Réunion puisque l'île héberge 4 espèces de pétrels et puffins nicheuses dont : le Pétrel noir de Bourbon, endémique, en danger critique d'extinction; le Pétrel de Barau, endémique, en danger d'extinction (600 à 800 oiseaux victimes des lumières chaque année sur l'île) ; le Puffin tropical, endémique des Mascareignes (800 à 900 individus victimes annuellement des lumières artificielles sur l'ensemble de l'île) ; le Puffin du Pacifique, espèce pantropicale (moins d'une dizaine d'individus victimes d'échouage chaque année).

Impact brut négatif, direct, temporaire et fort.

Impact des éclairages sur l'avifaune en phase d'exploitation

En phase d'exploitation, avec les lumières nocturne, l'éclairage est susceptible d'avoir un impact sur les oiseaux Procellariidae, dont le Puffin tropical et le Pétrel de Barau qui survolent la zone.

Impact brut négatif, direct, permanent et fort.

Impact des ouvrages d'art sur les circulations aériennes en phase d'exploitation

En phase d'exploitation, la mise en œuvre des ouvrages d'arts sont susceptibles d'avoir un impact sur l'avifaune. En effet, la mise en place d'ouvrages nouveaux dans l'environnement peut provoquer un risque de collision. Cependant, Le choix des ouvrages retenus a déjà été justifié dans la conception du PROjet, notamment au regard d'autres solutions jugées plus problématiques, en particulier en matière de franchissement hydraulique et de gestion du risque d'inondation.

Le projet prévoit un tablier sans superstructure (sans hauban) et un éclairage adapté positionné en rives et non au centre de l'ouvrage, conformément aux choix de conception présentés dans le dossier.

Les analyses comparatives réalisées dans le cadre des études EPOA sont présentées dans le rapport d'évaluation qui précise les caractéristiques techniques ayant conduit au choix de la solution retenue.

S'agissant de la passerelle, l'ouvrage retenu est similaire à celui existant au franchissement de la ravine de l'Étang qui n'a jamais fait l'objet d'un signalement spécifique vis-à-vis de l'impact collision.

À ce stade, il n'est pas avéré que les ouvrages retenus présentent donc un risque particulier de collision pour l'avifaune.

Impact brut négatif, direct, permanent et moyen à faible.

2.2 Synthèse des impacts bruts

Concernant les surfaces impactées, le tableau ci-après présente les surfaces en hectares des habitats impactées, de la flore impactées et des habitats d'espèces impactées.

Tableau 18. Surface impactés par le projet concernant les habitats et les habitats d'espèces (Biotope, 2026)

Habitats impactés	ENJEUX	Surface (ha)	Habitat d'espèce
86.00 villes, villages, sites industriels	Faible	5,124	Chasse et transit Chiroptères
59.211 végétation marécageuse de basse altitude (Réunion)	Fort	0,405	Habitat Poule d'eau et Héron strié Roselière à *Phragmites mauritianus*
87.193 fourrés secondaires de diverses espèces exotiques à tendance semi-xérophile	Moyen	7,586	Nidification oiseaux forestiers Caméléon panthère Chasse et transit Busard de Maillard et Chiroptères (chasse et transit)
87.191 savanes herbacées x 87.193 fourrés secondaires de diverses espèces exotiques à tendance semi-xérophile	Moyen	2,712	
87.191 savanes herbacées	Moyen à fort	0,614	Habitat Zornia Chasse et transit Busard de Maillard et Chiroptères
86.41 carrières, sablières	Faible	0,564	Chasse et transit Busard de Maillard et Chiroptères

Tableau 19. Surface impactés par le projet concernant les espèces floristiques (Biotope, 2026)

3 Analyse des effets du projet et mesures associées

	Enjeu	Protection	Nombre de stations impactées	Surface habitat impactée (ha)	Effectifs impactés (estimation)
Zornia gibbosa Span., 1841	Fort	PR	32	0,614	7 050
Phragmites m. Kunth	Fort	PR	1	0,02	1*
**Espèce "en rhizome" donc 1 individu et surface à considérer surtout*					

Conformément aux attentes DEAL une approche sur la représentativité de l'impact sur les habitats à enjeux et les plus prégnants vis-à-vis des deux espèces de flore protégées et de l'avifaune de milieux humides a été approchée afin d'avoir une vision relative de la représentativité à l'échelle régionale :

TDHR	Habitats impactés (Corine Biotopes)	ENJEUX	Habitat d'espèce	Surface impactée (ha)	Surface habitat 974 (estimation bibliographique)
2.1.3.12	59.2113 Végétation hélophytique à Phragmites mauritianus	Fort	**Présence de prhagmites m.** Reproduction oiseaux forestiers Reproduction Caméléon panthère Chasse Chiroptères Libellule -Reproduction/Alimentation Reproduction transit alimentation pour la faune aquatique	0,022	Croisement avec la couche des habitat littoraux de la Réunion 2016 264,4 ha
2.1.3.2	Non codé - Végétation aquatique hélophytique à Ipomoea aquatica et Ludwigia stolonifera	Moyen	Reproduction oiseaux forestiers Reproduction Caméléon panthère Chasse Chiroptères Libellule -Reproduction/Alimentation Reproduction transit alimentation pour la faune aquatique	0,058	
2.1	59.211 végétation marécageuse de basse altitude (Réunion)	Faible à localement très fort	Habitat Poule d'eau et Héron strié	0,405	
3.1.1.3	87.191 savanes herbacées	Moyen à fort	**Habitat Zornia** Chasse et transit Busard de Maillard et Chiroptères	0,614	Croisement avec la couche des habitat littoraux de la Réunion 2016 406,4 ha

Sous total surfaces impactées habitats enjeu moyen à fort	1,099	
Milieux "humides" ou assimilés impactés à enjeu	0,485	264,4
% Impact habitat régional		**0,18%**
87.191 Savanes jugées à "enjeu fort" (zornia) impactés	0,614	406,4
% Impact habitat régional		**0,15%**

3 Analyse des effets du projet et mesures associées

Tableau 20. Synthèse des impacts bruts du prolongement de l'Axe Mixte sur la faune et la flore et les habitats (Biotope, 2023 - 2026)

IMPACTS BRUTS TEMPORAIRES			TYPE	INTENSITE (Impact brut)
Impact sur les habitats naturels et la flore	**IT1**	**Impact des déchets et des pollutions accidentelles sur les habitats et la flore en phase travaux**	Direct et Indirect	**Fort**
Impact sur la faune	**IT2**	**Impact des éclairages sur l'avifaune en phase de travaux**	Direct	**Fort**
IMPACTS BRUTS PERMANENTS			**TYPE**	**INTENSITE (Impact brut)**
Impacts sur les zones de protection ou d'inventaire	**IP1**	**Impact sur les zones de protection ou d'inventaire**	Indirect	**Moyen**
Impact sur les habitats naturels et la flore	**IP3**	**Impact de l'Axe Mixte en phase chantier et en phase d'exploitation**	Direct	**Fort à faible**
	IP4	**Impact du recalibrage de la ravine La Plaine sur les habitats et la flore**	Direct	**Très Fort**
	IP5	**Impact de la prolifération des espèces végétales invasives**	Direct et Indirect	**Fort**
	IP6	**Impact de la remise en suspension de sédiments causée par les travaux de la Ravine la Plaine sur les espèces floristiques et habitats en aval**	Indirect	**Moyen**
Impacts sur la faune	**IP7**	**Impact du projet sur la faune en phase travaux et exploitation**	Direct et indirect	**Moyen à faible**
	IP8	**Impact des éclairages sur l'avifaune en phase travaux et d'exploitation**	Direct	**Fort**
	IP9	**Impact des ouvrages d'art sur les circulations aériennes en phase d'exploitation**	Direct	**Moyen à faible**

3 Engagements du maitre d'ouvrage en faveur de l'environnement

3.1 Mesures d'évitement et de réduction des impacts

Au regard des impacts potentiels du projet sur le patrimoine naturel, le porteur de projet s'est engagé à l'élaboration d'un panel de mesures d'évitement et de réduction d'impact visant à limiter les effets dommageables prévisibles.

Classiquement, plusieurs mesures de bonnes pratiques et d'adaptation de planning en phase de travaux sont développées. Elles permettent de minimiser voire d'éviter des impacts lors du chantier, aussi bien concernant les atteintes aux habitats que les perturbations ou risques de destruction de spécimens.

D'autres mesures, spécifiques au contexte du projet, ont été proposées pour éviter ou réduire les impacts.

Les différentes mesures d'évitement et réduction décrites ci-après ont été définies pour supprimer ou limiter les impacts du projet, prioritairement sur les espèces présentant les plus forts enjeux, impactées par le projet. Toutefois, ces mesures sont également bénéfiques pour l'ensemble des espèces des communautés biologiques locales.

3.1.1 Liste des mesures d'évitement et de réduction

Dans le cadre de ce projet, il n'y a pas de mesures d'évitements proposées en lien avec la

Toutes les mesures de réduction proposées sont synthétisées dans le tableau suivant.

Tableau 21 : Liste des mesures d'évitement et de réduction (Biotope, 2023-2026)

Code	Intitulé mesure	Phase concernée	Compartiments écologiques concernés
Mesures d'évitements			
ME01	Proscription des travaux nocturnes	Travaux	Chiroptères et avifaune
ME02	Balisage des espèces floristiques à enjeu en amont de la phase chantier	Travaux	Habitats à enjeux (Marais et tonsures des savanes) et espèces associées (*Typha domingensis, Persicaria senegalensis, Zornia gibbosa*)
Mesures de réductions			
MR01	Biosécurité en phase chantier	Travaux	Espèces exotiques envahissantes
MR02	Adaptation de la période des travaux en dehors de la période de reproduction de la faune	Travaux	Oiseaux nicheur (Poule d'eau, Héron strié, Tourterelle malgache et Zostérops des Mascareignes
MR03	Mise en place des travaux sensibles en dehors de la période de plus forte activité pour les chauves-souris (été austral)	Travaux	Chiroptères
MR04	Adaptation du mode de défrichement pour faciliter la fuite de la faune	Travaux	Oiseaux nicheur (Poule d'eau, Héron strié, Tourterelle malgache et Zostérops des Mascareignes
MR05	Définition des éclairages du projet pour éviter les échouages d'oiseaux marins (durant l'exploitation)	Exploitation	Avifaune marine
MR06	Gestion des pollutions accidentelles et qualité de l'eau durant la phase travaux	Travaux	Toutes les espèces

3 Analyse des effets du projet et mesures associées

Code	Intitulé mesure	Phase concernée	Compartiments écologiques concernés
MR07	Renaturation de la partie avale de la ravine La Plaine	Travaux	Poule d'eau, Héron strié
MR08	Déplacement des horizons superficiels du sol (Zornia)	Travaux	*Zornia gibbosa*
MR09	Réaliser une pêche de sauvetage en amont et en aval de la Ravine La Plaine en phase travaux (ouvrages de franchissement)	Travaux	Faune aquatique
MR10	Limiter la propagation des espèces exotiques envahissantes	Travaux / Exploitation	Flore / Habitats
MR11	Adaptation du choix des ouvrages d'art sur la ravine La Plaine pour limiter le risque de collision	Travaux / Exploitation	Avifaune

3.1.2 Présentation détaillée des mesures d'évitement

ME01-Proscription des travaux nocturnes

ME01	Proscription des travaux nocturnes
Objectif(s)	Éviter la perturbation d'espèces animales nocturnes, notamment les chiroptères.
Communautés biologiques visées	Faune
Localisation	Ensemble du chantier
Acteurs	Maître d'ouvrage, maître d'œuvre
Modalités de mise en œuvre	Le chantier sera organisé de manière à n'être en activité que de jour. Les éclairages nocturnes, en dehors de ceux préexistants (voirie publique) seront proscrits sur l'ensemble des emprises chantier. Cette mesure se traduit par l'absence de travaux dès la tombée de la nuit, ainsi que l'absence d'éclairage des accès, des installations de chantier et des zones de stockage.
Indication de coût	Coût intégré au travaux
Phase du projet	Phase travaux
Suivis de la mesure	CR de visites de l'écologue en charge de la coordination environnement

ME02 - Balisage des espèces floristiques à enjeu en amont de la phase chantier

ME02	Balisage des espèces floristiques à enjeu en amont de la phase chantier
Objectif(s)	Éviter la destruction des plants floristiques à enjeu
Communautés biologiques visées	*Typha domingensis* *Persicaria senegalensis*
Localisation	Point GPS des espèces recensées au Sud de la Zone d'étude sur le secteur 1
Acteurs	Maître d'ouvrage, maître d'œuvre et expert écologue
Modalités de mise en œuvre	Passage d'un écologue expert qui balisera par du ruban les zones a ne pas détruire. L'expert sera accompagné du responsable du chantier et une formation auprès du personnel en charge des travaux sera réalisée.
Indication de coût	Coût intégré au travaux
Phase du projet	Phase travaux
Suivis de la mesure	CR de visites de l'écologue en charge de la coordination environnement

3.1.3 Présentation détaillée des mesures de réduction

MR01 – Biosécurité en phase chantier

MR01	Mesure de biosécurité en phase chantier
Objectif(s)	Réduire la dispersion d'espèces exotiques envahissantes associée aux opérations de défrichements et de travaux sur le site (action préventive)
Communautés biologiques visées	Faune et flore exotiques et indigènes
Localisation	Emprise chantier et aire d'étude rapprochée
Acteurs	Entreprises en charge des travaux, coordinateur environnement
Modalités de mise en œuvre	Les actions suivantes permettront de limiter le risque de dispersion des EEE : Les travaux de défrichement seront réalisés par étape : les déchets verts seront disposés par tas sur les parcelles défrichées et sur du géotextile en vue de diminuer la dispersion des graines. Un broyage à l'aide d'un godet broyeur-cribleur sera réalisé (permet de traiter les végétaux verts et des portions de sol en même temps) 24 à 48h après andainage sur les parcelles. Les déchets verts grossiers et non passés au broyeur-cribleur seront acheminés vers un centre de traitement adéquat. Nettoyage préalable et au fil du chantier des aires dédiées au stockage des déblais et autres installations de chantier. Une aire dédiée au lavage des roues des véhicules de transport sera mise en place afin de limiter l'exportation d'EEE hors du site.

3 Analyse des effets du projet et mesures associées

MR01	Mesure de biosécurité en phase chantier
	Tout stockage temporaire sera effectué sur géotextile pour limiter la dispersion de diaspores d'EEE. Inspection des intrants, et notamment des intrants minéraux et végétaux (présence éventuelle de parasites, mauvaises herbes, pontes de reptiles ou insectes exotiques, etc.) Gestion des déblais / remblais afin de limiter au maximum les mouvements de terre, notamment en ce qui concerne la terre végétale (horizons supérieurs contenant la majorité des semences viables d'EEE) Suivi à pied d'œuvre du chantier par l'ingénieur écologue sous l'angle de la biosécurité (foyers d'invasion, risques et mesures associées) D'autre part, une gestion des déchets organiques et poubelles adaptée sera mise en place en phase travaux en vue de limiter l'attractivité envers les rats, chats et chiens.
Indication de coût	Coût intégré au projet (phase travaux)
Phase du projet	Phase travaux
Suivis de la mesure	Vérification des prescriptions par l'ingénieur écologue (en phase de défrichement)

MR02 – Adaptation de la période des travaux en dehors de la période de reproduction de la faune

MR02	Adaptation de la période des travaux en dehors de la période de reproduction de la faune
Objectif(s)	Cette mesure intègre la phénologie des espèces sensibles potentiellement présentes dans les habitats visés par les travaux. La conduite des travaux va prendre en compte les périodes jugées sensibles pour certaines espèces animales. En outre, cette mesure vise à réduire les nuisances vis-à-vis des espèces sensibles durant les périodes de reproduction. Il convient de privilégier la période **mai à août** pour les phases de préparation du terrain (défrichage, réalisation des accès, remodelage) pour éviter, autant que faire se peut, les travaux pendant la période de reproduction des espèces protégées recensées (période de présence de nids, oisillons et jeunes non volants pour les oiseaux, œufs pour les reptiles), généralement de novembre à mars.
Communautés biologiques visées	Cette mesure visent les espèces d'oiseaux nicheuses présentent sur la zone d'implantation du projet et les reptiles.
Localisation	L'emprise stricte du projet
Acteurs	Maitre d'ouvrage et concepteurs associés
Modalités de mise en œuvre	Il s'agit de réduire au maximum le dérangement et les risques de destruction de la faune lors des interventions en phase travaux en effectuant ces opérations au cours des périodes les moins sensibles sur le plan écologique (hors période de reproduction notamment). Afin d'éviter la période de reproduction des espèces d'oiseaux nicheurs (Gallinule poule-d'eau, Héron strié, Tourterelle malgache) et de reptiles (Caméléon panthère), les travaux devront avoir lieu **lors de la saison sèche (hiver austral). La période à privilégier est comprise entre mai et août.**
Indication de coût	Coût intégré au projet (phase conception)
Phase du projet	Phase travaux
Suivis de la mesure	Vérification du respect de la période de réalisation des travaux par l'expert écologue.

MR03 - Mise en place des travaux sensibles en dehors de la période de plus forte activité pour les chauves-souris (été austral)

MR03	Mise en place des travaux sensibles en dehors de la période de plus forte activité pour les chauves-souris (été austral)
Objectif(s)	Limiter le dérangement de la colonie de chauves-souris en procédant aux travaux sensibles en période de moindre activité (hiver austral), quand le nombre d'individus présents à la colonie est au plus bas. Les travaux concernés sont ceux générant de la perturbation potentielle type : bruits, poussières, éclairages et aux périodes (crépuscule à l'aube) et en saison estivale à plus forte activité connue. Les travaux de nuits sont proscrits dans les mesures d'évitement déjà définies. Le repérage balisage d'espèce à enjeux est prévu être actualisé au lancement du chantier pour une maitrise à jour des impacts potentiels à ce propos. Une coordination environnementale de chantier accompagnera le chantier et le MOA et MOE pour prendre les dispositions nécessaires à ce propos et largement connues et expérimentées au travers de nombreuses opérations déjà réalisées sur l'île et instruites de cette façon par les services instructeurs.
Communautés biologiques visées	Dérangement des individus en phase travaux
Localisation	Ensemble des gîtes présents sur l'aire d'étude rapprochée
Acteurs	Maitre d'ouvrage et concepteurs associés
Modalités de mise en œuvre	C'est durant la période d'été austral que cette espèce se regroupe en masse pour la parturition et l'élevage des jeunes, ce qui la rend particulièrement vulnérable. Plus concrètement, d'après la bibliographie, cette période s'étend entre les mois d'octobre et mai. Ainsi le moment de l'année le plus propice aux travaux dit sensibles est l'hiver austral et plus particulièrement de **mi-Juin à mi-Septembre**, lorsque les individus se retrouvent isolés ou en petits essaims. Les gîtes identifiés seront donc inoccupés ou occupés par un nombre limité d'individus.
Indication de coût	Coût intégré au projet (phase conception) : cette mesure induit uniquement une organisation et un phasage précis des travaux.
Phase du projet	Phase travaux
Suivis de la mesure	Vérification du respect de la période de réalisation des travaux par l'expert écologue.

MR04 – Adaptation du mode de défrichement pour faciliter la fuite de la faune

MR04	Adaptation du mode de défrichement pour faciliter la fuite de la faune
Objectif(s)	Réduire la mortalité des espèces faunistiques lors de la phase de défrichement
Communautés biologiques visées	Faune remarquable mobile (reptiles notamment)
Localisation	Emprise chantier
Acteurs	Entreprise en charge des travaux et accompagnement d'un expert écologue sur le terrain
Modalités de mise en œuvre	Afin que les reptiles puissent quitter les secteurs cibles : Passage d'un écologue en amont (Il existe une dérogation simplifiée concernant le Caméléon panthère avec mesures de translocation avant débroussaillage) ; Les défrichements se feront de l'intérieur vers l'extérieur ; Pas de broyages immédiats ; Les rémanents seront laissés sur zone entre 12h et 48h. Ce stockage temporaire sera effectué sur géotextile pour limiter la dispersion de diaspores d'EEE, et permettra ainsi à la faune piégée lors du défrichement de rejoindre des habitats favorables. Les déchets verts ne devront pas être entreposés ainsi pendant une durée excessive (> 48h) pour empêcher la faune environnante (notamment la microfaune) de revenir s'abriter parmi les débris de végétaux. Le personnel en charge du défrichement sera particulièrement attentif aux troncs d'arbres ou branches avec cavités. Ces éléments devront être posés délicatement sur le sol et laissés 12 à 48h s'ils doivent être exportés. Ils pourront dans le meilleur des cas être disposés dans le milieu agroforestier alentours au projet afin d'y favoriser la biodiversité (chaîne naturelle de dégradation du bois). De même, si du bois mort sur pied se retrouvait sur les emprises de chantier, il sera déplacé et laissé sur site au sol hors des emprises.
Indication de coût	Coût intégré au projet (phase travaux) + coordination environnementale
Phase du projet	Phase travaux
Suivis de la mesure	CR de visite de chantier par l'écologue

MR05 - Définition des éclairages du projet pour éviter les échouages d'oiseaux marins (durant l'exploitation)

MR05	Définition des éclairages du projet pour éviter les échouages d'oiseaux marins (durant l'exploitation)
Objectif(s)	Cette mesure permet de réduire la pollution lumineuse pour éviter tous les risques d'échouages des oiseaux marins dans l'aire d'étude rapprochée lors de son exploitation. En proposant des éclairages adaptés (et supprimant tous les éclairages jugés sensibles), il est donc possible d'éviter ce risque.
Habitats et/ou groupes biologiques visés	Oiseaux marins nocturnes (activités nocturnes) : Pétrel de Barau et Puffin tropical
Localisation	Ensemble du projet
Acteurs	Maitre d'ouvrage et Entreprise en charge des travaux
Modalités techniques	Dans le cas où des éclairages importants sont nécessaires (contraintes liées aux obligations routières), il conviendra de respecter les différentes modalités typiques d'adaptation des éclairages en faveur des oiseaux marins (mesure R01 - Adaptation des éclairages en phase travaux pour éviter les échouages d'oiseaux marins) : Orientation des rayons lumineux vers le sol ; Limitation des hauteurs de sources d'éclairages ; Lumière ne générant aucun ultra-violet ; Lampe à sodium faible intensité ou équivalent en termes de spectre lumineux **Type de lampes :** Les lampes émettant uniquement dans le visible et de couleur jaune à orange sont à privilégier, comme les lampes à sodium à basse pression. Les verres plats devront être privilégiés par rapport aux vitres bombées dispersant plus la lumière. La puissance des lampes sera adaptée aux réels besoins.
Indication de coût	Coût intégré au projet
Phase du projet	Exploitation
Suivis de la mesure	CR de visite de fin de chantier par l'écologue

MR06– Maîtrise de la qualité des eaux et écosystèmes aquatiques durant la phase travaux

MR06	Gestion des pollutions accidentelles et de la qualité de l'eau durant la phase travaux
Objectif(s)	Au regard des travaux prévus au sein de la Ravine, il ressort la nécessité de définir différentes mesures garantissant la conservation de la qualité de l'eau dans la zone d'influence des travaux. Cela doit donc se traduire par : La maîtrise de la dégradation des eaux aquatiques par la mise/remise en suspension de sédiments. La maîtrise des pollutions chimiques, notamment dans le cadre des bétonnages en milieu marin. La limitation des effets de conditions météos particulières (fortes pluies et vent) sur la qualité de l'eau en protégeant au maximum le chantier lors de ces évènements.
Communautés biologiques visées	Habitats, flore et faune au sein ou en aval des travaux prévus au sein de la ravine La Plaine
Localisation	Ravine la Plaine
Acteurs	Maître d'ouvrage, maître d'œuvre
Modalités de mise en œuvre	Dans le cadre des travaux, il convient de mettre en place un ensemble de mesures permettant la conservation de la qualité de l'eau au sein de la ravine La Plaine. **Aménager la zone de chantier pour la gestion des rejets dans les eaux côtières** Il s'agit de mettre en place l'ensemble des mesures garantissant le rejet d'une eau de bonne qualité : Mise en place des installations de chantier, avec organisation et stockage adapté de l'ensemble du matériel (limitation des ruissellements ou des embâcles…) ; Stockage des produits polluants sur une aire dédiée et protégée ; Stationnement adapté et entretien régulier de l'ensemble des engins (avec assainissement/rétention des rejets lors du lavage des véhicules…).

MR06	Gestion des pollutions accidentelles et de la qualité de l'eau durant la phase travaux
	Limiter les risques de pollution accidentelle Un ensemble de mesures est à mettre en place pour la gestion de ce risque : Définition d'un plan d'intervention pour la gestion des pollutions accidentelles terrestres et aquatiques ; Définition et sécurisation des zones de ravitaillement et entretien des engins et matériel de chantier (zone imperméable, dispositifs de rétention et assainissement, kit anti-pollution…) ; Définition des procédures pour la manipulation et l'utilisation des produits polluants. **Limiter les remises en suspension des sédiments causées par certaines opérations dans le milieu aquatique** Pour limiter les pollutions de remise en suspension des sédiments dans les eaux aquatiques en phase travaux, différents dispositifs existent et peuvent être mis en place notamment un filet anti-MES. Le dimensionnement et conception d'un filet anti MES permet de délimiter la ravine en 2 parties. Les longueur et largeur devront tenir compte de la dimension de la pièce d'eau. Le procédé permettant la flottaison de la partie supérieure du filet devra être conçue de telle sorte à garantir une parfaite ligne de flottaison (exemple : distance réduite entre les flotteurs), les bidims gorgés d'eau et de MES ayant naturellement tendance à couler.
Indication de coût	Coût intégré au travaux
Phase du projet	Travaux
Suivis de la mesure	Dans le cadre des travaux jugés sensibles (risque avéré de relargage MES), tout au long des travaux, un suivi de la turbidité en aval immédiat de la zone de travaux au niveau de l'exutoire devra être effectué de façon à s'assurer que les travaux n'entrainent pas une forte élévation de la turbidité et par conséquent afin de s'assurer de l'efficacité de la mesure

MR06	Gestion des pollutions accidentelles et de la qualité de l'eau durant la phase travaux
	de réduction (filet anti-MES). Ce suivi s'ajoute au suivi environnemental classique de chantier (surveillance visuelle pendant les travaux au droit des zones à enjeux environnemental). Il n'est pas défini de seuil de vigilance au regard de la nature des travaux prévus pour ce marché.

MR07 – Renaturation de la partie avale de la ravine La Plaine

MR07	Renaturation de la partie avale de la ravine La Plaine
Objectif(s)	La renaturation n'est pas considérée comme une compensation, s'agissant d'habitats à enjeux relatifs du fait de leur état de conservation sur le secteur concerné à l'exception de la station de phragmite qui, elle, fait bien l'objet d'une compensation dédiée. La mesure de renaturation vise à introduire des espèces qui ne sont pas impactées, qui seront introduites à partir de prélèvement de semences sur des individus proches hors emprise, et dans l'objectif de fournir un ensemble floristique de qualité écologique supérieure à l'essentiel des cortèges présents. Cette mesure vise à générer un gain de biodiversité sur les espaces réaménagés avec de la plus-value écologique (introduction d'une palette végétale d'intérêt écologique) sur les berges en particulier, les habitats humides (hors phragmites) se reconstitueront spontanément selon les conditions hydrologiques et hydro-morphologiques qui se mettront en place en exploitation et qui seront similaires à celles préexistantes. Ainsi les objectifs visés sont : Recréer des habitats favorables à la faune aquatique (invertébrés et oiseaux d'eau) grâce à la récréation d'une mosaïque d'habitats hygrophiles : végétation de sub-mangrove sur berge et végétation hélophytique sur terrasse ; Garantir la mise en place d'un corridor biologique à proximité de la réserve Naturelle Nationale de l'Etang de Saint Paul permettant le déplacement des espèces animales et végétales caractéristiques de ce milieu d'intérêt ; Limiter le développement d'espèces exotiques envahissante grâce à la végétalisation des berges et du fond du lit. En termes de surface, **la renaturation couvre la totalité de la surface impactée** soit : 5 800m² de berges plantées ; 660m² de zone de compensation de phragmite ; 2 900 m² de berges avec semis de prairie uniquement.
Communautés biologiques visées	Végétations aquatiques et hygrophiles : sub-mangrove, roselières et prairies humides Faune aquatiques (invertébrés benthiques, oiseaux d'eau et poissons)
Localisation	Aval de la ravine La Plaine secteur 2, **cf. plan de plantation 03.2A et coupes incluses au plan 3.4 du PRO pour le détail associé.** Extrait du plan 03.2A de localisation de la zone de recalibrage de la Ravine La Plaine :

MR07 — Renaturation de la partie avale de la ravine La Plaine

Extrait de la légende de plantation (plan 03.2A) :

LEGENDE PLANTATION

Grand arbre d'alignement

AM	Arbre à miel	(Inga laurina)
BE	Benjoin	(Terminalia bentzoe)
MA	Mantaly	(Terminalia mantaly)
NE	Neem	(Azadirachta indica)
BBr	Bois blanc rouge	(Poupartia borbonica)
BEp	Bois d'éponge	(Polyscias cutispongia)
BR	Bois rouge	(Elaeodendron orientale)
PJ	Pomme jacot	(Mimusops coriacea)
TK	Takamaka bord de mer	(Calophyllum inophyllum)

Arbre projet à petit développement

AO	Arbre orchidée	(Bauhinia variegata)
BAr	Bois d'arnette	(Dodonaea viscosa var angustifolia)
BCd	Bois de chandelle	(Dracaena reflexa)
BCh	Bois de chenille	(Volkameria heterophylla)
BDe	Bois de demoiselle	(Doratoxylon apetalum var. apetalum)
BGa	Bois de gaulette	(Doratoxylon apetalum var. apetalum)
BH	Bois d'huile	(Erythroxylum hypericifolium)
BJc	Bois de joli cœur	(Pittosporum tenacia))
BJu	Bois de judas	(Cossinia pinnata)
BNe	Bois de néfle à petites feuilles	(Eugenia buxifolia)
BOn	Bois d'olive noir	(Olea europaea subsp. Cuspidata)
BPu	Bois puant	(Foetidia mauritiana)
BSb	Bois de senteur blanc	(Ruizia cordata)
RB	Rince-bouteille	(Callistemon citrinus)
FR	Frangipanier	(Plumeria alba / rubra)
SE	Sébestier	(Cordia sebestana)
TG	Tanguin	(Stillingia lineata)
VE	Veloutier bord de mer	(Heliotropium foertherianum)

Grand arbre isolé pour surlageur

AP	Arbre à pluie	(Samanea saman)
BD	Badamier	(Terminalia catappa)
BB	Baobab	(Adansonia digitata)
BE	Benjoin	(Terminalia bentzoe)
BR	Bois rouge	(Elaeodendron orientale)
BV	Bonnet d'évêque	(Barringtonia asiatica)
FL	Flamboyant	(Delonix regia)
FLj	Flamboyant jaune	(Peltophorum pterocarpum)
NE	Neem	(Azadirachta indica)
TM	Tamarin des bas	(Tamarindus indica)

Palmier projet

DN	Dattier nain	(Phoenix roebelenii)
LT	Latanier rouge	(Latania lontaroides)
PBe	Palmier à bétel	(Areca catechu)
PBa	Palmier bambou	(Rhapis excelsa)
PBo	Palmier Bombonne	(Hyophorbe lagenicaulis)
PR	Palmier de la reine	(Syagrus romanzoffiana)
PM	Palmier de Madagascar	(Dypsis madagascariensis)
PMc	Palmier Mac Arthur	(Ptychosperma macarthurii)
PQp	Palmier queue de poisson	(Caryota mitis)

Palmier isolé pour surlargeur

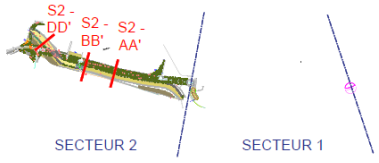
PB	Palmier de Bismarck	(Bismarckia nobilis)
PT	Palmier triangle	(Dypsis decaryi)

Latanier existant à conserver

Latanier existant à transplanter

Arbre existant à conserver

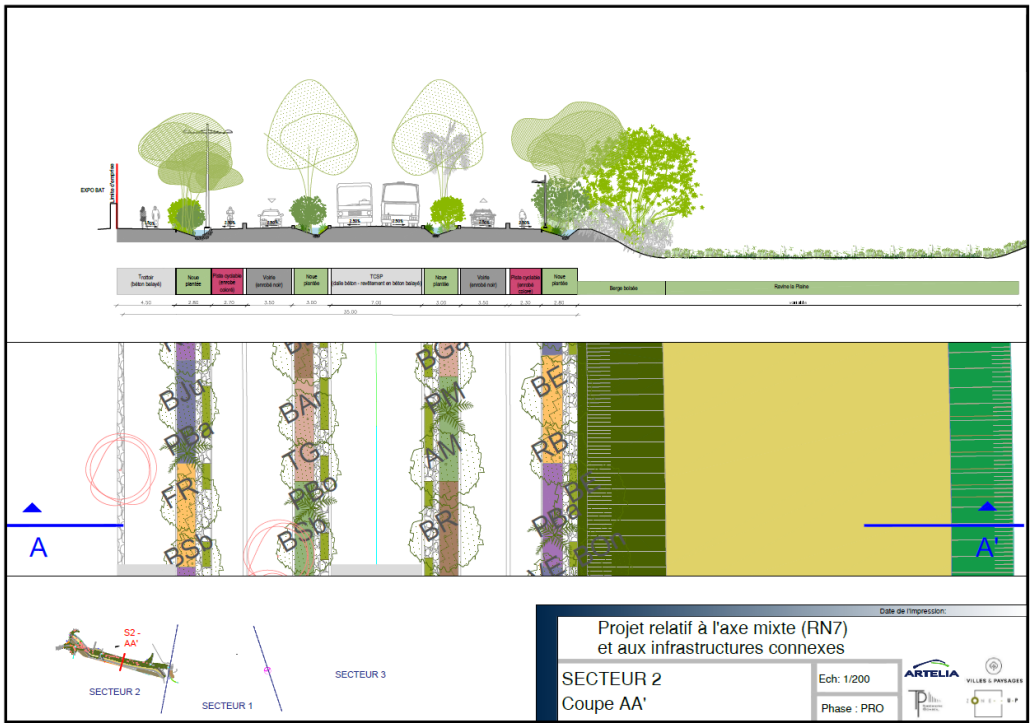
Arbre existant à supprimer

MR07	Renaturation de la partie avale de la ravine La Plaine
Acteurs	Maitre d'œuvre, écologue en charge du suivi, entreprise de terrassement et d'aménagement paysager
Modalités de mise en œuvre	Sur le secteur 2, les berges et le fond du lit de la ravine La Plaine seront reprofilées afin de créer des terrasses inondées en été et exondées en hiver. Sur les berges côté Axe Mixte, les plantations arborées et arbustives seront réalisées à partir d'espèces indigènes hygrophiles de sub-mangrove telles que *Heritiera littoralis, Hibiscus (=Tilliparti) tiliaceus, Thespesia populnea, Thespesia populneoides*. Elles seront complétées par des espèces herbacées en pied de berge et sur les terrasses telles que *Ludwigia octovalvis, Paspalum (=Setaria) geminatum, Paspalum vaginatum, Typha domingensis, Cyperus articulatus*. S'agissant des modalités de collectes de graines, à ce stade du projet, il n'est pas possible de préciser de manière exhaustive la méthodologie opérationnelle (au-delà des espèces cibles, de leur localisation géographique d'ensemble proche du site d'aménagement et où les espèces cibles sont présentes, ou encore le nombre d'individus à raison de 200 par espèces arbustives et dont les protégées font l'objet d'un CERFA dédié pour la collecte). En effet, ces interventions étant prévues en phase d'aménagement paysager, soit en fin de calendrier du projet et, autrement dit dans plusieurs années à date, elles seront donc précisées le moment venu. Par ailleurs, et comme déjà stipulé dans les dossiers, la mise en œuvre de la mesure a fait l'objet d'une consultation préalable du CBNM, et sera anticipée et coordonnée par la maîtrise d'œuvre, le paysagiste et la coordination environnementale de chantier (MA01), et fera l'objet d'échanges et validations avec la DEAL et le CBNM avant réalisation. L'action de récolte de semences concerne des individus existants situés hors emprise du projet, qui ne sont donc pas impactés par aucun des travaux ni par l'emprise définitive de projet. Ces prélèvements seront réalisés à proximité du site, notamment aux alentours de la RNESP (mais hors d'elle) et en rive droite de la ravine de l'étang notamment, afin de garantir une cohérence écologique et génétique des plantations à réaliser ensuite dans la zone d'application de la mesure. Si nécessaire, ces actions pourront faire l'objet d'un CERFA spécifique ultérieurement, lorsque les modalités précises seront objectivement connues. Elles seront en revanche identifiées dans le cadre du suivi de la mise en œuvre de la mesure. Ces plantations seront aménagées sur un profil de ravine alternant zones en eau et zones émergées, tel que présenté sur les profils ci-dessous : Extrait du plan de coupes (3.4) du secteur recalibré de la ravine La Plaine : 

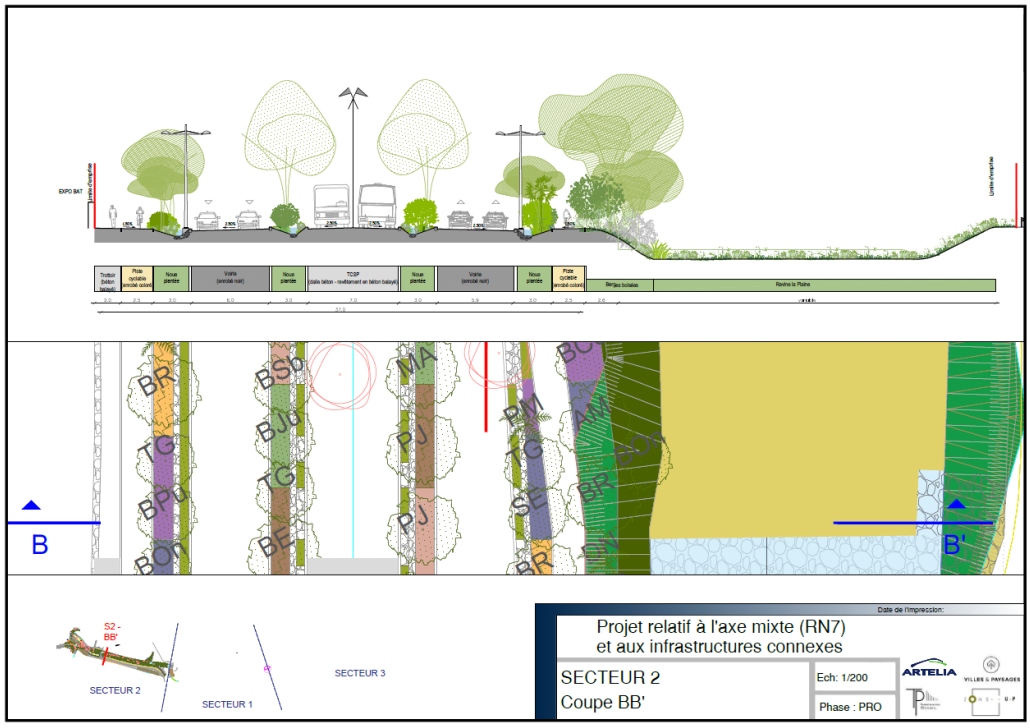
3 Analyse des effets du projet et mesures associées

MR07	Renaturation de la partie avale de la ravine La Plaine

Coupe A-A' :



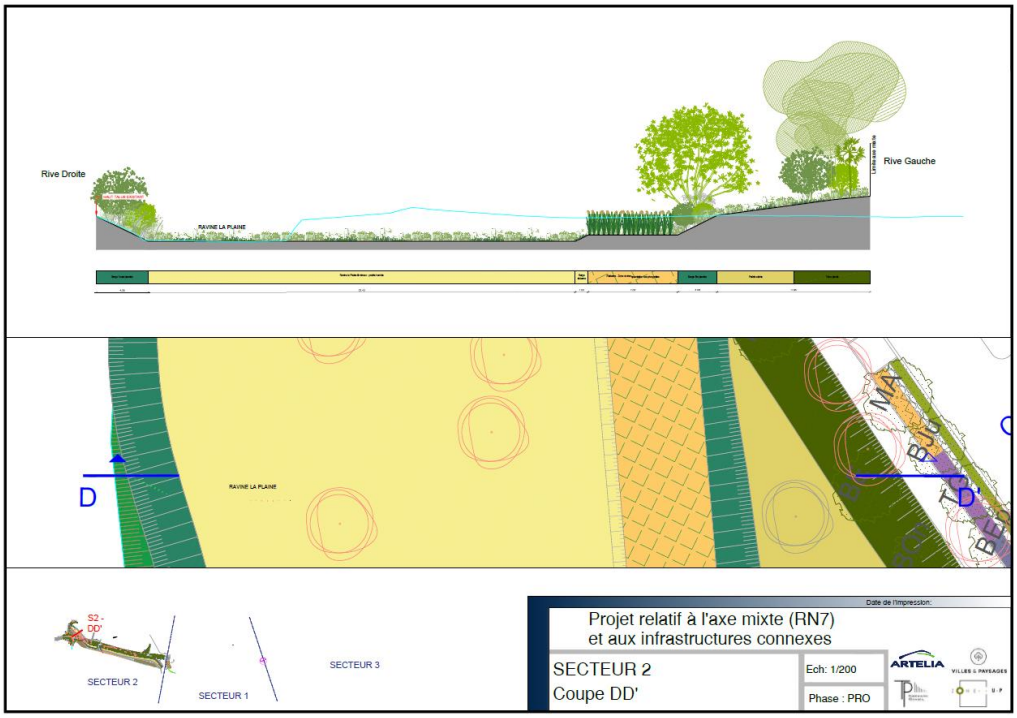
Coupe B-B' :



3 Analyse des effets du projet et mesures associées

MR07	Renaturation de la partie avale de la ravine La Plaine

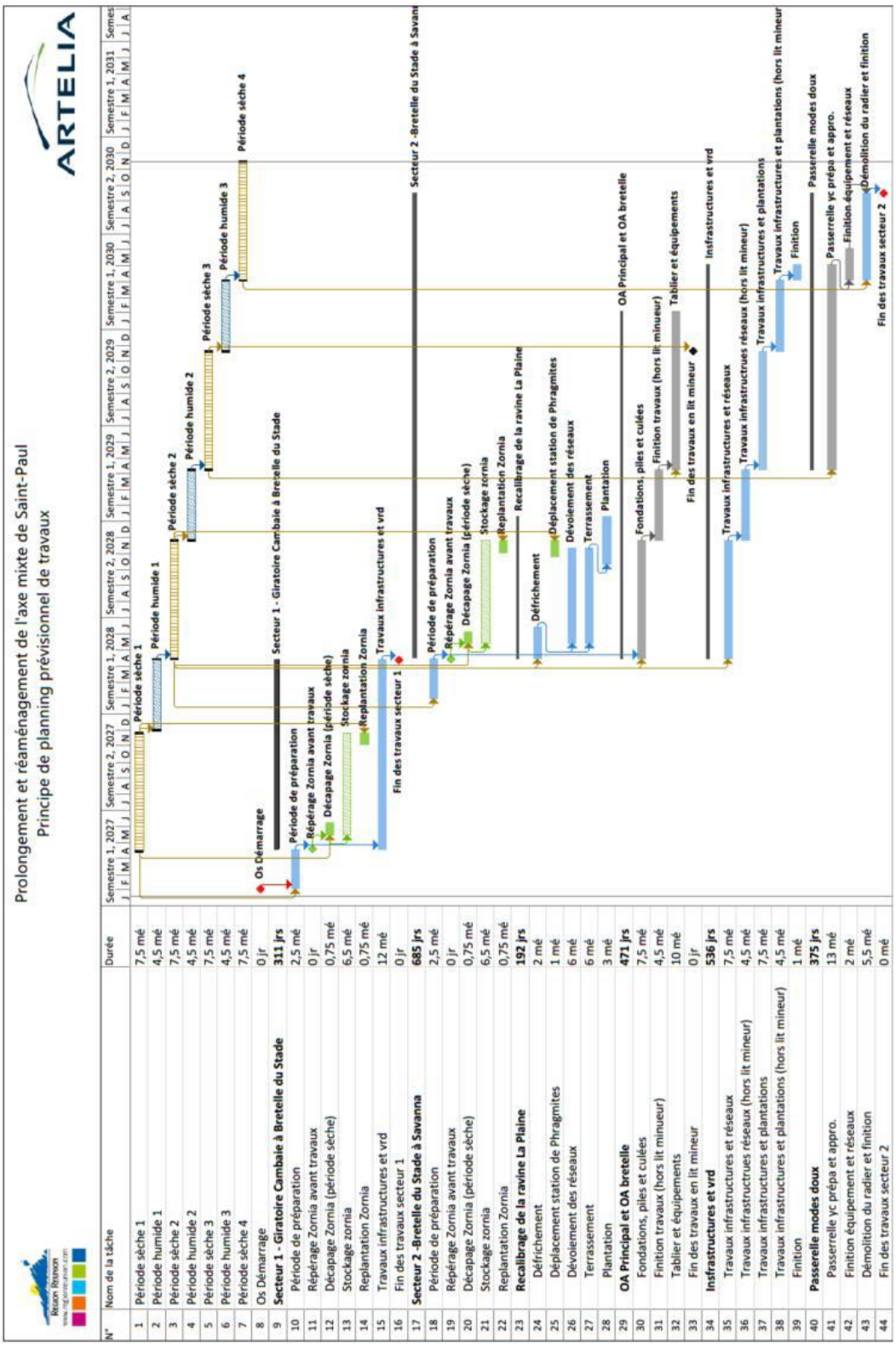
Coupe D-D' :



Le calendrier prévisionnel des travaux est précisé ci-après :

3 Analyse des effets du projet et mesures associées

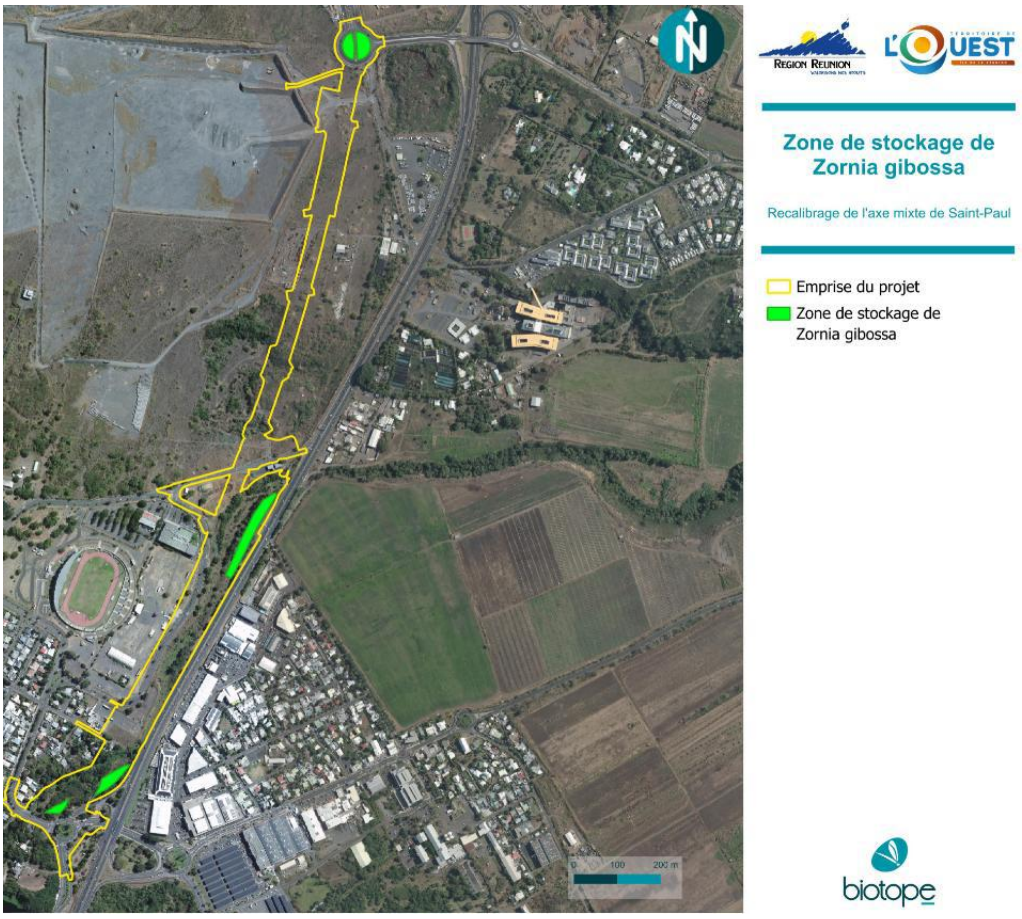
MR07 — **Renaturation de la partie avale de la ravine La Plaine**



N°	Nom de la tâche	Durée
1	Période sèche 1	7,5 mé
2	Période humide 1	4,5 mé
3	Période sèche 2	7,5 mé
4	Période humide 2	4,5 mé
5	Période sèche 3	7,5 mé
6	Période humide 3	4,5 mé
7	Période sèche 4	7,5 mé
8	Os Démarrage	0 jr
9	**Secteur 1 - Giratoire Cambaie à Bretelle du Stade**	**311 jrs**
10	Période de préparation	2,5 mé
11	Répérage Zornia avant travaux	0 jr
12	Décapage Zornia (période sèche)	0,75 mé
13	Stockage zornia	6,5 mé
14	Replantation Zornia	0,75 mé
15	Travaux infrastructures et vrd	12 mé
16	Fin des travaux secteur 1	0 jr
17	**Secteur 2 -Bretelle du Stade à Savanna**	**685 jrs**
18	Période de préparation	2,5 mé
19	Répérage Zornia avant travaux	0 jr
20	Décapage Zornia (période sèche)	0,75 mé
21	Stockage zornia	6,5 mé
22	Replantation Zornia	0,75 mé
23	**Recalibrage de la ravine La Plaine**	**192 jrs**
24	Défrichement	2 mé
25	Déplacement station de Phragmites	1 mé
26	Dévoiement des réseaux	6 mé
27	Terrassement	6 mé
28	Plantation	3 mé
29	**OA Principal et OA bretelle**	**471 jrs**
30	Fondations, piles et culées	7,5 mé
31	Finition travaux (hors lit minueur)	4,5 mé
32	Tablier et équipements	10 mé
33	Fin des travaux en lit mineur	0 jr
34	**Insfrastructures et vrd**	**536 jrs**
35	Travaux infrastructures et réseaux	7,5 mé
36	Travaux infrastructrues réseaux (hors lit mineur)	4,5 mé
37	Travaux infrastructures et plantations	7,5 mé
38	Travaux infrastructures et plantations (hors lit mineur)	4,5 mé
39	Finition	1 mé
40	**Passerelle modes doux**	**375 jrs**
41	Passerelle yc prépa et appro.	13 mé
42	Finition équipement et réseaux	2 mé
43	Démolition du radier et finition	5,5 mé
44	Fin des travaux secteur 2	0 mé

MR07	Renaturation de la partie avale de la ravine La Plaine
	Il décrit notamment les travaux de recalibrage de la ravine, les opérations de plantation et de renaturation (cf. tâches 23 à 28, et la durée globale du chantier. Ces éléments demeurent toutefois indicatifs au stade actuel des études, le calendrier définitif dépendant notamment du délai d'instruction et de l'obtention des autorisations nécessaires, de l'attribution des marchés et des mises au point éventuelles en phase d'EXEcution. La prise en compte des périodes de sensibilité de la faune sera quoi qu'il en soit appliquée, avec des principes évidents qui seront respectés tels que des interventions réduites en périodes cyclonique à risque de crues, qui sont des périodes favorables à la fréquentation des oiseaux d'eau par exemple. Les inventaires réalisés montrent que le secteur présente un intérêt nettement inférieur à celui de la RNESP, les observations d'oiseaux d'eau y étant ponctuelles et sans nidification-reproduction observée. Le risque de fréquentation ponctuelle ne peut être totalement exclu mais sera pris en compte dans le cadre des mesures prévues pour le chantier, notamment : ME02 (repérage et balisage écologique) MA01 (coordination environnementale)
Indication de coût	Intégré au projet
Phase du projet	Travaux de plantations post profilage de la ravine La Plaine
Suivis de la mesure	Suivi écologique en phase travaux (MA01) Suivi phytosociologique des zones de transplantation et des oiseaux d'eau sur 5 années après intervention (MS01) Gestion des EEE (MR10)

MR08 – Déplacement des horizons superficiels du sol

MR08	Déplacement des horizons superficiels du sol
Objectif(s)	Assurer la conservation du pool génétique des stations de *Zornia gibbosa* impactées par le projet (espèce annuelle non transplantable). Favoriser la recolonisation par Zornia des zones de traitements paysagers bien adaptées-exposées ; Créer des corridors de dissémination pour cette espèce et communautés végétales associées (savanes herbacées).
Communautés biologiques visées	Stations de *Zornia gibbosa*, tonsures des savanes et communautés végétales associées
Localisation	Zones de prélèvement : station de *Zornia gibbosa* (fortes densités) impactées par le projet Zone de translocation : zones drainantes destinées à être restaurées en savane herbacée (délaissés). Les zones de stockage des terres et banques de graines de zornia sont localisée dans la carte ci-dessous : 

<table>
<tr><th>MR08</th><th>Déplacement des horizons superficiels du sol</th></tr>
<tr><td></td><td>
Il est toutefois précisé que ces dispositions constituent des principes de gestion, dans la mesure où l'organisation précise des zones de stockage dépendra également du phasage des travaux et des zones disponibles au sein de l'emprise de chantier.

Des ajustements pourront donc intervenir en cours de chantier, notamment pour permettre le déplacement temporaire des stockages avant leur mise en œuvre finale, lors de la phase d'aménagement paysager.

Les horizons de sols seront ensuite réutilisés dans le cadre des aménagements écologiques du projet dans les mêmes zones que celles de stockage, notamment sur les berges de la ravine la Plaine rive gauche et sur les espaces réaménagés du rond-point de Cambaie, afin de favoriser la reconstitution de la végétation locale.

L'analyse complémentaire en termes d'impact et de bilan sur l'absence de perte nette de biodiversité sur l'habitat 87.191 savanes herbacées conclue sur le résultat suivant :

<table>
<tr><th>Habitats impactés</th><th>ENJEUX</th><th>Habitat d'espèce</th><th>Surface impactée (ha)</th><th>Surface habitat 974 (estimation bibliographique)</th><th>Mesures concernées</th><th>Surface restaurée</th><th>Delta impact / mesures (ha)</th><th>Impact résiduel</th><th>Compensation écolgique</th></tr>
<tr><td>87.191 savanes herbacées</td><td>Fort</td><td>Habitat Zornia
Chasse et transit Busard de Maillard et Chiroptères</td><td>0,614</td><td>Croisement avec la couche des habitat littoraux de la Réunion 2016
406,4 ha</td><td>MR08</td><td>0,91</td><td>0,296</td><td>Positif</td><td>Non</td></tr>
</table>

Il permet de comprendre que l'habitat cible et l'impact est relatif (0,15%) à l'échelle de l'habitat type selon les données issues de la cartographie des habitats semi-xérophiles de La Réunion, qu'un gain net est visé grâce à la mesure MR08, qu'il n'est en conséquence pas nécessaire de procéder à des compensations. Enfin il appartient difficilement concevable par ailleurs et comme échangés lors des rencontres entre MO, MOE, DEAL et experts, d'exiger du seul projet de l'Axe mixte dont l'impact est très réduit et sur un habitat dégradé, de faire une approche cumulée des projets ayant un impact sur cet habitat.

Enfin, l'aménagement du projet conduira à la création de délaissés et d'accotements routiers, qui pourront constituer des habitats de substitution favorables au développement spontané de Zornia. Ces espaces, associés aux zones de valorisation paysagère de type prairial, présentent des surfaces nettement supérieures aux surfaces directement impactées.
</td></tr>
<tr><td>Acteurs</td><td>Maitre d'œuvre, écologue en charge du suivi, entreprise de terrassement et de travaux paysagers</td></tr>
<tr><td>Modalités de mise en œuvre</td><td>
Le principe consiste à décaper les 10-20 premiers cm de de sol sur les stations de Zornia gibbosa (et savanes associées) contenant les semences de l'espèce et associées, puis de stocker ces décapages provisoirement à proximité afin de les régaler in fine sur des zones favorables (zones drainantes bien exposées) en fin de chantier (phase de remise en état).

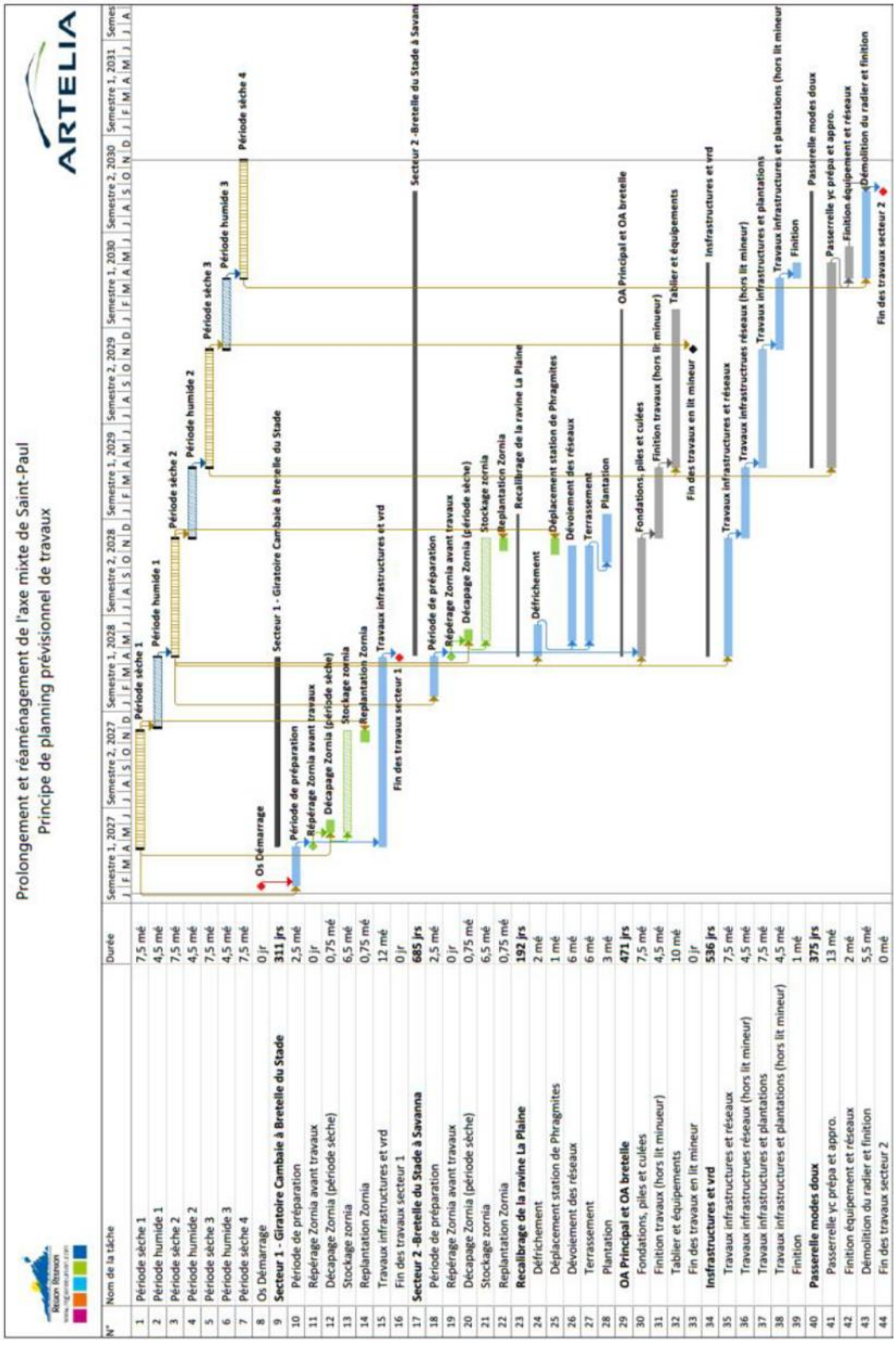
Etapes de réalisation :

1. Piquetage préalable des stations à forte densité de Zornia gibbosa, notamment au sein des savanes en bon état de conservation impactées par le projet (éviter les zones de friches contenant de nombreuses espèces exotiques) ;
2. Décapage à la lame (pelle mécanique à godet lisse) les premiers horizons de sol contenant les semences, sur 10-20 cm de profondeur. La période propice au décapage coïncidera à
</td></tr>
</table>

MR08	Déplacement des horizons superficiels du sol
	l'ouverture des emprises et respectera de fait le principe suivant : hors saison d'émergence. Les opérations seront donc privilégiées durant la phase de dormance végétative, correspondant à l'hiver austral. Ce point sera consolidé dans le phasage du chantier lors de sa préparation. 3. Stockage provisoire des couches décapées à proximité de la zone sur géotextile en les séparant et les isolant des autres stocks de déblais. Les terres ne devront pas être mélangées pour éviter la pollution par des espèces végétales exotiques envahissantes. Ces terres devront être entreposées sous une première bâche géotextile puis une seconde, imperméable, pendant toute la durée de stockage. Les zones de stockage seront matérialisées pour éviter tout risque que le chantier les détériore. 4. Régalage du substrat sur 10 à 20 cm d'épaisseur sur des zones favorables (sol drainant, bien exposé à destination herbacée) : berges non végétalisées à l'aide d'essences ligneuses et délaissés destinés à être conservés en prairie / savanes. Ce régalage sera opéré en fin de terrassement lorsque la côte finale sera atteinte ; 5. Compactage léger des terres ainsi régalées afin d'assurer une cohérence des matériaux à la sous-couche drainante et favoriser le rejet des espèces pionnières indigènes. 6. Ensemencement de ces surfaces à l'aide d'Heteropogon contortus et Cynodon dactylon en faibles densités afin de favoriser la création de tonsures (zones pionnières) ; 7. Débroussaillage régulier à 5-10 cm du sol avec élimination systématique des ligneux exotiques et exportation des produits de la fauche afin d'augmenter les chances de résilience de la formation et maintenir des fasciés hétérogènes (tonsures alternant avec zone herbacée plus dense). Le calendrier de mise en œuvre des différentes étapes de la mesure s'inscrit donc dans celui de chantier mentionné préalablement (cf. MR07) et repris en suivant :

3 Analyse des effets du projet et mesures associées

MR08 — **Déplacement des horizons superficiels du sol**



N°	Nom de la tâche	Durée
1	Période sèche 1	7,5 mé
2	Période humide 1	4,5 mé
3	Période sèche 2	7,5 mé
4	Période humide 2	4,5 mé
5	Période sèche 3	7,5 mé
6	Période humide 3	4,5 mé
7	Période sèche 4	7,5 mé
8	Os Démarrage	0 jr
9	**Secteur 1 - Giratoire Cambaie à Bretelle du Stade**	**311 jrs**
10	Période de préparation	2,5 mé
11	Répérage Zornia avant travaux	0 jr
12	Décapage Zornia (période sèche)	0,75 mé
13	Stockage zornia	6,5 mé
14	Replantation Zornia	0,75 mé
15	Travaux infrastructures et vrd	12 mé
16	Fin des travaux secteur 1	0 jr
17	**Secteur 2 -Bretelle du Stade à Savanna**	**685 jrs**
18	Période de préparation	2,5 mé
19	Répérage Zornia avant travaux	0 jr
20	Décapage Zornia (période sèche)	0,75 mé
21	Stockage zornia	6,5 mé
22	Replantation Zornia	0,75 mé
23	**Recalibrage de la ravine La Plaine**	**192 jrs**
24	Défrichement	2 mé
25	Déplacement station de Phragmites	1 mé
26	Dévoiement des réseaux	6 mé
27	Terrassement	6 mé
28	Plantation	3 mé
29	**OA Principal et OA bretelle**	**471 jrs**
30	Fondations, piles et culées	7,5 mé
31	Finition travaux (hors lit minueur)	4,5 mé
32	Tablier et équipements	10 mé
33	Fin des travaux en lit mineur	0 jr
34	**Insfrastructures et vrd**	**536 jrs**
35	Travaux infrastructures et réseaux	7,5 mé
36	Travaux infrastructrues réseaux (hors lit mineur)	4,5 mé
37	Travaux infrastructures et plantations	7,5 mé
38	Travaux infrastructures et plantations (hors lit mineur)	4,5 mé
39	Finition	1 mé
40	**Passerelle modes doux**	**375 jrs**
41	Passerelle yc prépa et appro.	13 mé
42	Finition équipement et réseaux	2 mé
43	Démolition du radier et finition	5,5 mé
44	Fin des travaux secteur 2	0 mé

3 Analyse des effets du projet et mesures associées

MR08	Déplacement des horizons superficiels du sol
Indication de coût	Intégré au coût des travaux
Phase du projet	Phase préparatoire (piquetage préalable) jusqu'à la remise en état (régalage sur zone de destination et réensemencement) conformément aux tâches mentionnées au planning présenté plus haut
Suivis de la mesure	Repérage et balisage écologique (ME02) Suivi écologique en phase travaux (MA01) Suivi phytosociologique des zones de transplantation sur 5 années après intervention (MS01) Gestion des EEE (MR10)

MR09 – Réaliser une pêche de sauvetage en amont et en aval de la Ravine La Plaine

MR09	Réaliser une pêche de sauvetage en amont et en aval de la Ravine La Plaine
Objectif(s)	Préserver les espèces aquatiques des travaux de recalibrage de la ravine La Plaine
Communautés biologiques visées	Ichtyofaune aquatique d'eau douce
Localisation	Ravine La Plaine
Acteurs	Maître d'ouvrage, maître d'œuvre
Modalités de mise en œuvre	Afin de préserver les espèces aquatiques des travaux de recalibrage de la ravine La Plaine, des pêches électriques de sauvetage sont mises en place et permettent de transférer les poissons d'un site à un autre, par exemple lors de la mise en assec d'un tronçon de cours d'eau ou de canal dans le cadre de travaux. Il s'agit d'attirer les poissons grâce à l'émission d'un faible champ électrique créé par une anode, en connexion avec une cathode mise à l'eau à proximité. Les poissons se trouvant à quelques m² de l'anode seront attirés vers elle et prélevés à l'aide d'une ou plusieurs épuisettes avant d'être déposés dans les seaux. Le matériel de capture est relié à une armoire électrique alimentée par un groupe électrogène (ou par batterie). Les pêches sont réalisées dans le cadre d'un arrêté préfectoral. Le personnel est habilité pour la réalisation des échantillonnages, et muni de waders en néoprène, ainsi que de gants et gilets de sauvetage (à bord du bateau) afin de garantir sa sécurité. Le travail d'équipe est coordonné pour garantir la survie des poissons entre le prélèvement et la remise à l'eau.
Indication de coût	Coût intégré au projet
Phase du projet	Travaux
Suivis de la mesure	CR de mission de terrain réalisée par l'écologue

MR10 – Limiter la propagation des espèces exotiques envahissantes sur les surfaces travaillées

MR10	Limiter la propagation des espèces exotiques envahissantes
Objectif(s)	Limiter la propagation des espèces exotiques envahissantes sur les secteurs remaniés Limiter l'embroussaillement des systèmes savanaires restaurés et/ou préservés aux abords des emprises projet Favoriser la préservation d'habitats favorables au développement d'espèces indigènes patrimoniales
Communautés biologiques visées	Eviter la propagation des EEE
Localisation	Sur l'ensemble du projet
Acteurs	Maître d'ouvrage, maître d'œuvre, délégation de gestion éventuelle
Modalités de mise en œuvre	Afin d'éviter le recouvrement du tracé par les Espèces Exotiques Envahissantes et limiter l'érosion de surface après travaux, il est envisagé de procéder à un ré-ensemencement avec une espèce couvrante, type *Heteropogon contortus* (Z'herbe polisson) des surfaces travaillées après la fin des travaux sur le prolongement de l'Axe Mixte. L'itinéraire technique de cette graminée indigène, particulièrement adaptée aux conditions bioclimatiques du site d'étude, est maintenant bien maitrisée à La Réunion. Elle peut notamment être ensemencée sous forme d'hydro-seeding à réaliser en début d'été. D'autres espèces indigènes type légumineuses (Tephrosia purpurea notamment) pourront également utilement être incorporées au mélange grainier utilisé. En fonction de la fin des travaux, la période de remise en état et de plantation sera à effectuer en début d'été austral, avant la période des pluies afin de garantir une meilleure reprise. En parallèle de ces mesures de revégétalisation, des opérations de lutte et de contrôle des espèces exotiques envahissantes ligneuses seront réalisées dès la phase travaux et durant toute la phase exploitation sur les systèmes savanaires préservés ou renaturés dans l'emprise DRR et/ou TO dans le cadre de délégations-conventions de gestion appropriées (secteur Ravine La Plaine). Ces opérations de lutte consisteront d'abords (phase travaux) en l'arrachage mécanique des espèces exotiques ligneuses telles que *Lantana strigocamara, Leucaena leucocephala, Schinus terebinthifolia, Prosolpis juliflora, Dichrostachys cinerea, Acaia farnesiana, Acacia mangium*, etc. Ces opérations

MR10	Limiter la propagation des espèces exotiques envahissantes
	seront ensuite complétées en phase exploitation par des campagnes d'arrachage manuel de ces espèces et par l'entretien courant des pelouses et savanes (débroussaillage et/ou pâturage). Au niveau des zones enherbées ou bénéficiant de plantations, le suivi et l'entretien des végétaux autour du projet sera effectué à raison de 2 passages par an pendant sur les deux premières années, prévoyant regarnissage et arrosage éventuel. Sur la zone qui sera hydroseedée, une lutte EEE sera réalisée à raison de 4 passages par an sur les deux premières années. Les périodes les plus propices ainsi que la liste d'espèces qui fera l'objet de lutte seront définis en début de marché. Après ces deux premières années d'entretien, les campagnes de lutte pourront être espacées suivant l'envahissement constaté et devront être associées à l'entretien courant des espaces herbacés. La durée de gestion des EEE sur l'ensemble des zones concernées s'étirera sur 10 ans minimum, considérant que la gestion qui incombera à la DRR et/ou au TO en fonction des zones concernées est durable dans le cadre de leurs responsabilités et prérogatives respectives sur ces secteurs (Routes, PAPI-DPF). En effet, les gestionnaires finaux assureront l'entretien à long terme des emprises, permettant de prolonger cette action au-delà de cette durée minimale de 10 ans. Dans le cas où des secteurs aménagés seraient susceptibles d'être rétrocédés à d'autres gestionnaires que la DRR et le TO, les conventions associées intégreront la nécessité de maintenir ces actions dans la durée.
Indication de coût	Coût intégré au projet et à l'entretien courant
Phase du projet	Travaux / Exploitation
Suivis de la mesure	MS01 - Suivi écologique des milieux reconstitués Suivi incombant aux gestionnaires des zones aménagées en phase exploitation et de longue durée (DRR, TO et autres si besoin)

MR11 - Adaptation du choix des ouvrages d'art sur la ravine La Plaine pour limiter le risque de collision

MR11	Adaptation du choix des ouvrages d'art sur la ravine La Plaine pour limiter le risque de collision
Objectif(s)	Afin d'éviter le risque de collision entre les nouveaux ouvrages d'arts qui seront réalisés au niveau de la Ravine la Plaine et l'avifaune présente sur la zone d'étude, le Maitre d'Ouvrage a décidé d'adapter ses ouvrages dès la phase de conception. Les analyses comparatives réalisées dans le cadre des études EPOA sont présentées dans le rapport d'évaluation qui précise les caractéristiques techniques ayant conduit au choix de la solution retenue. Le choix des ouvrages retenus a donc déjà été justifié dans le rapport, notamment au regard d'autres solutions jugées plus problématiques, en particulier en matière de franchissement hydraulique et de gestion du risque d'inondation. Ainsi pour les ouvrages de type routiers, le projet prévoit un tablier sans superstructure (sans hauban) et un éclairage adapté positionné en rives et non au centre de l'ouvrage, conformément aux choix de conception présentés dans le dossier. S'agissant de la passerelle, l'ouvrage retenu sera de type Warren qui sont des treillis métalliques avec des structures visibles et ouvertes en comparaison à des ouvrages de type hauban avec des câbles là encore. L'ouvrage retenu est d'ailleurs similaire à celui existant au franchissement de la ravine de l'Étang et qui ne fait pas l'objet de signalements problématiques connus à ce jour vis-à-vis du risque de collision. À ce stade, il n'est donc pas avéré que les ouvrages retenus présentent un risque particulier de collision pour l'avifaune. Le risque de collision pour les oiseaux en vol seront ainsi réduits. Ce type d'ouvrage a déjà été mis en œuvre et atteste une moindre incidence sur le risque de collision avec l'avifaune. Les observations réalisées dans le cadre des inventaires montrent que l'enjeu avifaunistique est localement réduit et apparaît davantage lié aux travaux de recalibrage et à la perte temporaire d'habitats favorables à la fréquentation, plutôt qu'à la présence des ouvrages eux-mêmes, considérant qu'en amont de la zone en eau de la ravine La Plaine les habitats sont très rapidement non propices aux espèces à enjeux. Nonobstant, le suivi écologique prévu en phase d'exploitation comprend un suivi avifaunistique, qui permettra de prendre toute action correctrices nécessaires à ce propos en cas de constatation contraire.

3 Analyse des effets du projet et mesures associées

MR11	Adaptation du choix des ouvrages d'art sur la ravine La Plaine pour limiter le risque de collision
Communautés biologiques visées	Avifaune sensible de milieux aquatiques en zone aval de la Ravine La Plaine
Localisation	Sur les ouvrages d'arts prévus au niveau de la ravine La Plaine notamment aval
Acteurs	Maître d'ouvrage, maître d'œuvre, prestataire en charge du suivi en phase d'exploitation
Modalités de mise en œuvre	/
Indication de coût	Coût intégré au projet
Phase du projet	Travaux / Exploitation
Suivis de la mesure	MS01 - Suivi écologique des milieux reconstitués – Volet Avifaune

3.2 Démarche d'accompagnement et de suivi

3.2.1 Liste des mesures d'accompagnement et de suivi

Tableau 22 : Liste des mesures d'accompagnement et de suivi (Biotope, 2023-2026)

Code Catégorie	Intitulé mesure	Phase concernée
Mesures d'accompagnement		
MA01	Coordination environnementale de chantier	Travaux
Mesures de suivis		
MS01	Suivi écologique des milieux reconstitués	Exploitation

3.2.2 Présentation détaillée des mesures d'accompagnement (MA)

MA01 – Coordination environnementale de chantier

MA01	Coordination environnementale de chantier
Objectif(s)	Cette mesure vise à réduire le risque d'atteinte à l'environnement en phase travaux en vérifiant l'applicabilité des mesures environnementales préconisées dans l'étude d'impact
Communautés biologiques visées	Ensemble des habitats naturels, ensemble des groupes de faune et de flore.
Localisation	Emprise stricte du projet et sa zone d'influence
Acteurs	Maître d'ouvrage dans la conception du projet, entreprises intervenantes durant les travaux et coordonnateur environnement (écologue).
Modalités de mise en œuvre	L'ingénieur-écologue en charge de l'assistance environnementale et du suivi écologique de chantier interviendra en amont et pendant le chantier : **Phase préliminaire** • Suivi des espèces végétales et animales sur le terrain (mise à jour de l'état de référence et notamment de la localisation des éléments à enjeux), en appui à l'ingénieur environnement du chantier (si une personne est nommée sur le chantier en question). • Rédaction du cahier des prescriptions écologiques, à destination des entreprises en charge des travaux. ©Biotope

MA01	Coordination environnementale de chantier

Phase préparatoire du chantier.

- Sensibilisation des entreprises aux enjeux écologiques. Cette sensibilisation se fera dans le cadre de la formation / accueil général des entreprises,
- Localisation des zones sensibles du point de vue écologique, situées à proximité de la zone de chantier et à baliser,
- Élaboration d'un programme d'exécution sur le volet biodiversité,
- Analyse des plans fournis par les entreprises en fonction des contraintes écologiques et appui de l'ingénieur environnement pour la validation des plans.

Phase chantier

- Sensibilisation continue des entreprises au respect des milieux naturels ;
- Suivi des espèces végétales et animales sur le terrain. Ce suivi concernera l'ensemble des zones sensibles identifiées à proximité du chantier mais aussi directement au sein de l'emprise des travaux ;
- En fonction des difficultés rencontrées sur le terrain, proposition de nouvelles prescriptions ou révision de certaines prescriptions pour les futures consultations d'entreprises ;
- Vérification régulière sur le terrain du bon état des installations mises en place pour la protection des milieux naturels ;
- Dans le cadre du suivi écologique du chantier, des comptes-rendus de suivi écologique seront réalisés par l'ingénieur-écologue en charge du suivi écologique.

En conclusion, une telle assistance environnementale offre les avantages principaux suivants :

- Une meilleure appréhension des effets du projet au fur et à mesure de l'évolution et de la précision de ce dernier ;
- La garantie du respect et de la mise en œuvre des différentes mesures d'atténuation proposées ;

3 Analyse des effets du projet et mesures associées

MA01	Coordination environnementale de chantier
	• Une meilleure réactivité face à un certain nombre d'impacts difficiles à prévoir avant la phase chantier ou imprévisibles lors des phases d'étude et qui peuvent apparaître au cours des travaux.
Indications sur le coût	Environ 750€/jour
Planning	Phase travaux, dès les phases amont jusqu'à réception
Suivis de la mesure	Nomination d'un coordonnateur environnement CR de visites de l'écologue, registre de consignation

3.2.3 Présentation détaillée des mesures de suivi (MS)

MS01 – Suivi des milieux écologiques reconstitués

MS01	Suivi des milieux écologiques reconstitués
Objectif(s)	Suivre les milieux écologiques qui ont été reconstitués issus des mesures MR07, 08, 09 et 10
Communautés biologiques visées	Suivi Zornia Suivi Ravine La Plaine (suivi phyto + avifaune nicheuse)
Localisation	Au niveau de la mise en œuvre des mesures MR07, 08, 09 et 10
Acteurs	Maître d'ouvrage dans la conception du projet, entreprises intervenantes durant les travaux et coordonnateur environnement (écologue).
Modalités de mise en œuvre	Pendant les travaux, un suivi écologique sera mis en œuvre tout au long de la durée de cette phase. Un suivi phytosociologique des zones de transplantation et un suivi des oiseaux d'eau seront réalisés sur 5 ans en phase d'exploitation après travaux.
Indications sur le coût	750€/jour
Planning	Phase exploitation
Suivis de la mesure	Rapport de suivi des mesures mises en œuvre par l'expert écologue

4 Impacts résiduels du projet

4.1 Impacts résiduels sur les habitats naturels

Tableau 23 : Impacts résiduels du projet sur les habitats naturels (Biotope, 2023-2026)

Habitat concerné	Effet prévisible	Phase du projet	Impact brut	Mesure d'atténuation	Impact résiduel
59.211 Végétation marécageuse de basse altitude (dont roselières à *Phragmites mauritianus*) (Enjeu Fort)	Destruction ou dégradation physique Impact des déchets et pollutions accidentelles Destruction d'espèce protégée et de son habitat	Travaux et exploitation	Fort	MR01 – Biosécurité en phase chantier MR07 – Renaturation de la partie avale de la ravine La Plaine MR10 - Limiter la propagation des espèces exotiques envahissantes MA01- Coordination environnementale de chantier MS01 – Suivi des milieux écologiques reconstitués	Faible La renaturation de la ravine et la suppression du radier garantira, à terme, une meilleure continuité écologique terrestre / aquatique et l'établissement de mosaïques d'habitats hygrohiles à semi-xérophiles indigènes favorables à la faune et à la flore. L'impact résiduel est jugé faible à court terme et positif à long terme (5-10 ans). **Les mesures d'évitement et de réduction ne compensent toutefois pas l'impact du projet sur l'habitat du Phragmites mauritianus dont la station est directement impactée par le recalibrage de la ravine La Plaine (cf. impact du projet sur les espèces). Celle-ci fait l'objet d'une mesure de compensation en conséquence.**
18.2912 Ourlet hélophytique à *Fimbristylis cymosa* (Enjeu Fort)	Aucun effet prévisible attendu	Travaux et exploitation	Moyen	MR06 – Maitrise de la qualité des eaux et écosystèmes aquatiques durant la phase travaux MR07 – Renaturation de la partie avale de la ravine La Plaine	Nul

3 Analyse des effets du projet et mesures associées

Habitat concerné	Effet prévisible	Phase du projet	Impact brut	Mesure d'atténuation	Impact résiduel
59.211.3 Végétations hélophytique à Typha domingensis (Enjeu Fort)	Aucun effet prévisible attendu	Travaux et exploitation	Moyen	MR06 – Maitrise de la qualité des eaux et écosystèmes aquatiques durant la phase travaux MR07 – Renaturation de la partie avale de la ravine La Plaine ME02 - Balisage des espèces floristiques à enjeu en amont de la phase chantier	Nul
59.211.6 Prairie marécageuse à Setaria geminata (Enjeu Fort)	Aucun effet prévisible attendu	Travaux et exploitation	Moyen	MR06 – Maitrise de la qualité des eaux et écosystèmes aquatiques durant la phase travaux MR07 – Renaturation de la partie avale de la ravine La Plaine	Nul
24.10 Lits des rivières (Enjeu Moyen)	Destruction ou dégradation physique Perturbation du milieu par les déchets et pollutions accidentelles	Travaux	Fort	MR01 – Biosécurité en phase chantier MR06- Gestion des pollutions accidentelles et qualité de l'eau durant la phase travaux MR09 - Réaliser une pêche de sauvetage en amont et en aval de la Ravine La Plaine en phase travaux (ouvrages de franchissement) MA01- Coordination environnementale de chantier	Faible Au vu de la distance entre les emprises travaux prévus dans la ravine La Plaine et l'habitat, la mesure de réduction proposée permettra de contenir toute pollution accidentelle ou remise en suspension des sédiments dans un périmètre réduit

3 Analyse des effets du projet et mesures associées

Habitat concerné	Effet prévisible	Phase du projet	Impact brut	Mesure d'atténuation	Impact résiduel
				MS01 – Suivi des milieux écologiques reconstitués	
87.191 Savanes herbacées (Enjeu Moyen)	Destruction ou dégradation physique Perturbation du milieu par les déchets et pollutions accidentelles	Travaux et exploitation	Moyen	MR01 – Biosécurité en phase chantier MR08 – Déplacement des horizons superficiels du sol MR10 - Limiter la propagation des espèces exotiques envahissantes MA01- Coordination environnementale de chantier MS01 – Suivi des milieux écologiques reconstitués	Nul à Positif Au niveau de la Plaine Chabrier, les emprises du projet vont détruire quelques savanes dites sub-primaires relictuelles mais celles-ci sont en réalité en cours de colonisation pour les Espèces Exotiques Envahissantes buissonnantes. Il convient de rappeler que ces formations correspondent à des savanes herbacées secondaires communes sur l'île, par opposition aux savanes primaires plus rares localisées notamment aux abords de la Rivière des Galets (LACOSTE & PICOT, 2014). Dans ce contexte, les habitats présents dans la zone d'emprise correspondent à des savanes communes, et non à des savanes primaires au sens strict. En créant en parallèle des délaissés, des accotements et des noues et en luttant contre les espèces exotiques envahissantes on peut juger l'impact résiduel comme étant faible voire positif, car les surfaces de régalage des horizons de sols à zornia sont a minima équivalentes à celles impactées et l'aménagement paysager global et son entretien offriront probablement des potentialités pour son expansion à moyen-long terme de ce type d'habitat comme de l'espèce.
22.491.2 Végétation aquatique flottante héliophyle *à Eichhornia crassipes* et *Pistia stratiotes* (Enjeu Faible)	Perturbation du milieu par les déchets et pollutions accidentelles	Travaux	Fort	MR01 – Biosécurité en phase chantier MR06 - Gestion des pollutions accidentelles et qualité de l'eau durant la phase travaux	Nul Au vu de la distance entre les emprises travaux prévus dans la ravine La Plaine et l'habitat, la mesure de réduction proposée permettra de

3 Analyse des effets du projet et mesures associées

Habitat concerné	Effet prévisible	Phase du projet	Impact brut	Mesure d'atténuation	Impact résiduel
				MR07 – Renaturation de la partie avale de la ravine La Plaine MS01 – Suivi des milieux écologiques reconstitués	contenir toute pollution accidentelle ou remise en suspension des sédiments dans un périmètre réduit
87.193 Fourrés secondaires de diverses espèces exotiques à tendance semi-xérophile (Enjeu Faible)	Destruction ou dégradation physique Perturbation du milieu par les déchets et pollutions accidentelles	Travaux et exploitation	Faible	MR01 – Biosécurité en phase chantier MR10 – Limiter la propagation des espèces exotiques envahissantes MS01 – Suivi des milieux écologiques reconstitués	Nul L'impact résiduel est nul au vu de la surface de fourrés secondaires détruite par l'emprise du projet et peut même être considéré comme positif avec les mesures de re-végétalisation mises en place.
Habitats anthropiques (Enjeu Nul)	Aucun effet prévisible attendu	Travaux et exploitation	Nul	/	Nul

4.2 Impacts résiduels sur les espèces végétales

Tableau 24 : Impacts résiduels du projet sur les espèces végétales (Biotope, 2023-2026)

Espèce concernées	Effet prévisible	Phase du projet	Impact brut	Mesure d'atténuation	Impact résiduel	Implication réglementaire (L. 411-2)
Zornia gibbosa (Enjeu fort)	Destruction ou dégradation physique	Travaux et exploitation	Fort	MR01 – Biosécurité en phase chantier MR08 – Déplacement des horizons superficiels du sol MR10 – Limiter la propagation des espèces exotiques envahissantes MA01- Coordination environnementale de chantier MS01 – Suivi des milieux écologiques reconstitués	Faible Les principales stations impactées par le projet sont d'origine anthropiques (délaissés et accotements routiers) et pourront donc naturellement se reconstituer après travaux (milieux pionniers sur substrats drainants) sur des surfaces supérieures à celles impactées.	**Oui** **Espèce protégée au titre de l'arrêté du 27 octobre 2017**
Phragmites mauritianus *(Enjeu fort)*			Fort	MR07 – Renaturation de la partie avale de la ravine La Plaine MR10 – Limiter la propagation des espèces exotiques envahissantes MA01- Coordination environnementale de chantier MS01 – Suivi des milieux écologiques reconstitués	Moyen La renaturation de la ravine et la suppression du radier garantira, à terme, une meilleure continuité écologique terrestre / aquatique et l'établissement de mosaïques d'habitats hygrohiles à semi-xérophiles indigènes favorables à la faune et à la flore. L'impact résiduel est jugé faible à court terme et positif à long terme (5-10 ans). **Les mesures d'évitement et de réduction ne compensent toutefois pas l'impact du projet sur l'habitat du Phragmites**	**Oui** **Espèce protégée au titre de l'arrêté du 27 octobre 2017**

3 Analyse des effets du projet et mesures associées

Espèce concernées	Effet prévisible	Phase du projet	Impact brut	Mesure d'atténuation	Impact résiduel	Implication réglementaire (L. 411-2)
					mauritianus dont la station est directement impactée par le recalibrage de la ravine La Plaine -> Nécessité de mesures compensatoires (MC01).	
Typha domingensis *(Enjeu Moyen)*			Moyen	ME02 - Balisage des espèces floristiques à enjeu en amont de la phase chantier	Nul	Non
Persicaria senegalensis *(Enjeu Moyen)*			Moyen	ME02 - Balisage des espèces floristiques à enjeu en amont de la phase chantier	Nul	Non

En synthèse sur les habitats et espèces à enjeux, il est proposé en complément de l'analyse précédente suite à l'application des mesures ERC, d'avoir une analyse de pertes et de gains de biodiversité comme suit (information reprises des fiches mesures MR08 et MC01 également) :

Habitats impactés	ENJEUX	Habitat d'espèce	Surface impactée (ha)	Surface habitat 974 (estimation bibliographique)	Mesures concernées	Surface restaurée	Delta impact / mesures (ha)	Impact résiduel	Compensation écolgique
87.191 savanes herbacées	Fort	Habitat Zornia Chasse et transit Busard de Maillard et Chiroptères	0,614	Croisement avec la couche des habitat littoraux de la Réunion 2016 406,4 ha	MR08	0,91	0,296	Positif	Non

3 Analyse des effets du projet et mesures associées

Il permet de constater l'absence de perte nette de biodiversité sur l'habitat 87.191et qu'un gain net est visé grâce à la mesure MR08, et qu'en conséquence, il n'est pas nécessaire de procéder à des compensations, l'habitat cible et l'impact étant relatif (0,15%) à l'échelle de l'habitat type selon les données issues de la cartographie des habitats semi-xérophiles de La Réunion et compte tenu de son état de dégradation dans la zone de projet.

Quant aux habitats de milieux humides impactés et la station de phragmites à enjeux, eux aussi de nature dégradée initialement voire régulièrement entretenus pour une bonne partie comme indiqué précédemment, et les fiches de mesure de réduction MR07 et compensatoire MC01 (qui précise que l'objectif est de tripler la surface de la station de phragmites suite à sa mise en œuvre), le bilan s'agissant de l'ensemble des milieux assimilés « humides » du secteur porte les résultats suivants :

Habitats impactés	ENJEUX	Habitat d'espèce	Surface impactée (ha)	Surface habitat 974 (estimation bibliographique)	Mesures concernées	Surface restaurée	Delta impact / mesures (ha)	Impact résiduel	Compensation écolgique
2.1.3.12 Végétation hélophytique	Fort	**Présence de prhagmites m.** Reproduction oiseaux forestiers Reproduction Caméléon panthère Chasse Chiroptères Libellule -Reproduction/Alimentation Reproduction transit alimentation pour la faune aquatique	0,022	Croisement avec la couche des habitat littoraux de la Réunion 2016 264,4 ha	MR07 + MC01	*3 = 660 m²	0,044	Positif	MC01
2.1.3.2 Végétation aquatique hélophytique à Ipomoea aquatica et Ludwigia stolonifera	Fort	Reproduction oiseaux forestiers Reproduction Caméléon panthère Chasse Chiroptères Libellule -Reproduction/Alimentation Reproduction transit alimentation pour la faune aquatique	0,058		MR07	identique à l'impact - Totalité MR07	0	NUL	Non
2.1.6.2 Prairie humide à Cenchrus purpureus	Fort	Reproduction oiseaux forestiers Reproduction Caméléon panthère Chasse Chiroptères Libellule -Reproduction/Alimentation Reproduction transit alimentation pour la faune aquatique	0,011						
59.211 végétation marécageuse de basse altitude (Réunion)	Fort	Habitat Poule d'eau et Héron strié	0,405				0	NUL	Non

Soit en cumul 0,496 ha ou 0,19% de la surface totale de ces habitats à l'échelle de la cartographie des habitats littoraux de La Réunion (264,4 ha), l'absence de perte nette de biodiversité s'agissant des habitats concernés (avec l'objectif d'une meilleure qualité des cortèges à terme) et un gain net de surface (x 3) spécifiquement à la mesure MCO1 concernant phragmites sp.

4.3 Impacts résiduels sur la faune

Tableau 25. Impacts résiduels du projet sur la faune (Biotope, 2023-2026)

Espèce ou groupe d'espèce concerné	Effet prévisible	Phase du projet	Impact brut	Mesure d'atténuation	Impact résiduel	Implication réglementaire (L. 411-2)
Reptiles Caméléon panthère (*Furcifer pardalis)*	Destruction d'espèce Destruction ou dégradation d'habitat d'espèce	Travaux et exploitation	Moyen	MR02 - Adaptation de la période des travaux en dehors de la période de reproduction de la faune MR04 – Adaptation du mode de défrichement pour faciliter la fuite de la faune MA01- Coordination environnementale de chantier MS01 – Suivi des milieux écologiques reconstitués	Négligeable Cette espèce n'a pas été observée sur la zone d'étude mais les boisements denses sont néanmoins favorables à sa présence. Un protocole de dérogation simplifié relative au caméléon panthère est présent dans le dossier de dérogation espèce protégée réalisé en parallèle du présent rapport.	Oui Il existe une dérogation simplifiée concernant le Caméléon panthère avec mesures de translocation avant débroussaillage
Insectes	Dégradation d'habitat d'espèce	Travaux et exploitation	Moyen	MR04 – Adaptation du mode de défrichement pour faciliter la fuite de la faune	Négligeable Aucune espèce protégée n'est présente. La présence de milieux aquatiques et l'Etang	Non

Espèce ou groupe d'espèce concerné	Effet prévisible	Phase du projet	Impact brut	Mesure d'atténuation	Impact résiduel	Implication réglementaire (L. 411-2)
				MR07 – Renaturation de la partie avale de la ravine La Plaine MR08 – Déplacement des horizons superficiels du sol MA01- Coordination environnementale de chantier	Saint-Paul rendent le Sud de l'aire d'étude rapprochée attractif au groupe des insectes. Cependant, l'étang de Thau reste bien en dehors des emprises du projet et les mesures de réductions mises en œuvre permettront de créer d'une part un futur habitat favorable au sein de la ravine en phase d'exploitation.	
Avifaune forestière nicheuse *Nesoenas picturata* *Zosterops borbonicus*	Destruction ou dégradation d'habitat d'espèce Dérangement de la faune par pollution lumineuse	Travaux et exploitation	Moyen	MR02 - Adaptation de la période des travaux en dehors de la période de reproduction de la faune MR07 – Renaturation de la partie avale de la ravine La Plaine MA01- Coordination environnementale de chantier	Négligeable en phase travaux suite à la mise en œuvre des déboisements en dehors de la période de nidification de l'avifaune / Faible en phase exploitation *car ces espèces s'adaptent à* l'ensemble des espaces végétalisés qui seront reconstitués.	Potentielle si destruction de nids ou d'individus
Avifaune aquatique nicheuse *Gallinula chloropus pyrrhorrhoa* *Butorides striata*	Destruction ou dégradation d'habitat d'espèce Dérangement de la faune par pollution lumineuse	Travaux et exploitation	Fort	ME01- Proscrire les travaux nocturnes MR02 - Adaptation de la période des travaux en dehors de la période de reproduction de la faune	Faible pour *Gallinula chloropus pyrrhorrhoa* et *Butorides striata* car la renaturation de la ravine et la suppression du radier garantira, à terme, une meilleure continuité écologique terrestre / aquatique et l'établissement de mosaïques d'habitats hygrohiles à semi-xérophiles indigènes favorables à la faune et à	Oui

Espèce ou groupe d'espèce concerné	Effet prévisible	Phase du projet	Impact brut	Mesure d'atténuation	Impact résiduel	Implication réglementaire (L. 411-2)
				MR07 – Renaturation de la partie avale de la ravine La Plaine MA01- Coordination environnementale de chantier MS01 – Suivi des milieux écologiques reconstitués	la flore. L'impact résiduel est jugé faible à court terme et positif à long terme (5-10 ans).	
Avifaune marine en déplacement	Dérangement de la faune par pollution lumineuse	Travaux et exploitation	Moyen	ME01- Proscrire les travaux nocturnes MR05 – Définition des éclairages du projet pour éviter les échouages d'oiseaux marins en phase d'exploitation MA01- Coordination environnementale de chantier MR11 - Adaptation du choix des ouvrages d'art sur la ravine La Plaine pour limiter le risque de collision	Faible Les mesures d'évitement et de réductions proposées pour l'avifaune marine permettront de préserver les espèces en transit.	Non
Chiroptères	Dérangement de la faune par pollution lumineuse et sonore	Travaux et Exploitation	Moyen à faible	MR03 - Mise en place des travaux sensibles en dehors de la période de plus forte activité pour les chauves-souris	Faible car les habitats de chasse sont très artificialisés ou ne sont composés que de savanes secondaires avec peu d'intérêt écologique pour les chiroptères. L'impact résiduel pour la destruction et/ou altération	Non

3 Analyse des effets du projet et mesures associées

Espèce ou groupe d'espèce concerné	Effet prévisible	Phase du projet	Impact brut	Mesure d'atténuation	Impact résiduel	Implication réglementaire (L. 411-2)
	Destruction ou dégradation d'habitat d'espèce			MA01- Coordination environnementale de chantier	des habitats pour les chiroptères est jugé nul et faible pour le dérangement.	

5 Impacts cumulés du projet avec d'autres projets

Dans le cadre de cette évaluation environnementale, il convient également de prendre en compte les autres projets ayant des impacts sur la faune et la flore. Sont à prendre en compte les projets *à l'échelle de l'aire d'étude rapprochée* qui, lors du dépôt de l'étude d'impact (cf. e) du 5° du II de l'article R. 122-5) :

- Ont fait l'objet d'un document d'incidences au titre de l'article R. 214-6 et d'une enquête publique ;
- Ont fait l'objet d'une évaluation environnementale […] et pour lesquels un avis de l'autorité environnementale a été rendu public.

A l'échelle de l'aire d'étude élargie, les projets :

- Ayant des impacts paysagers potentiels et/ou sur le patrimoine ;
- Ayant des impacts potentiels sur la faune volante ;
- Les très grands aménagements et très grandes infrastructures.

Tableau 26 : Synthèse des principaux impacts cumulés possibles avec d'autres projets (Biotope, 2023)

Nom du projet et maitre d'ouvrage	Type et date de l'avis	Communes concernées par le projet	Éléments d'analyse des impacts cumulés issus des avis	Présence/Absence impacts cumulés et quantifications
Le projet de centrale photovoltaïque au sol à Saint-Paul (ancienne décharge de Cambaie)	Avis MRAE. 2020	Saint Paul	Le projet de centrale photovoltaïque de Cambaie s'inscrit en entrée de l'axe principal du secteur stratégique ÉcoCité de la plaine de Cambaie.	Nous pouvons considérer qu'il y a un effet cumulé jugé fort en phase d'exploitation sur l'avifaune marine par l'effet de la pollution lumineuse. Le projet de décharge impacte environ 300 000 pieds de Zornia. L'impact cumulé des deux projets restent donc fort.
Projet de modification de l'autorisation d'exploiter la carrière au lieu-dit « Plaine Défaud »	Avis MRAE. 2020.	Saint Paul	La société HOLCIM Réunion procède actuellement à l'extraction de matériaux alluvionnaires dans une carrière à ciel ouvert située à Saint-Paul au lieu-dit « Plaine Defaud ». L'exploitation de cette carrière sur un périmètre de 42,7 hectares comprenant une station de transit de matériaux, est autorisée par arrêté préfectoral en date du 16 juin 2015 pour une durée de 15 ans.	Il existe un impact cumulé jugé fort concernant le groupe faunistique des chiroptères par la perte d'une partie de leur zone de chasse de leur zone de chasse par la construction in fine d'une ZAC sur la carrière en fin d'exploitation.

Nom du projet et maitre d'ouvrage	Type et date de l'avis	Communes concernées par le projet	Éléments d'analyse des impacts cumulés issus des avis	Présence/Absence impacts cumulés et quantifications
			Conformément à la décision du tribunal administratif de La Réunion prise à la suite d'un recours visant la régularité de l'arrêté préfectoral d'autorisation, la société HOLCIM Réunion a produit un dossier présentant les nouvelles conditions d'exploitation de la carrière de la Plaine Défaud.	
Projet d'extension d'une carrière SCPR de matériaux alluvionnaires sur la commune de Saint-Paul au lieu-dit « plaine Chabrier »	Avis MRAE.2020.	Plaine Chabrier	Le projet d'extension de carrière de matériaux SCPR a fait l'objet d'un avis de l'AE du 09/10/2020 qui souhaite que des justifications soient apportées, notamment en lien avec le futur projet urbain Ecocité dont le prolongement de l'axe mixte fait partie. De par la présence avérée d'une colonie de chiroptères dans un ancien bâtiment désaffecté à proximité, l'Ae demande au pétitionnaire :	Il existe un impact cumulé jugé fort sur les chiroptères et l'avifaune par la destruction d'habitat d'espèces (chasse, alimentation et reproduction). A cours terme cet extension de carrière (déjà réalisée) sera couverte par le réaménagement de la ZAC Cambaie (confère à la ligne ZAC Cambaie).

Nom du projet et maitre d'ouvrage	Type et date de l'avis	Communes concernées par le projet	Éléments d'analyse des impacts cumulés issus des avis	Présence/Absence impacts cumulés et quantifications
			• « de préciser, en lien avec le Territoire de la Côte Ouest (TCO), le devenir de cette construction, sachant qu'elle se situe dans le périmètre d'extraction défini dans le cadre de la future ÉcoCité ; • de réaliser un diagnostic sur site plus précis et actualisé, avec un spécialiste des chiroptères, qui devra définir les mesures de réduction, de compensation et de suivi complémentaires éventuellement nécessaires avant toute intervention (y compris en termes de procédure réglementaire de dérogation d'espèces protégées) » Une étude de suivi préconisée par la DEAL a été réalisée en 2021 par le TCO et l'EPFR propriétaire du site. Cette étude fait suite à deux visites de comptage réalisées par GCOI. Le	

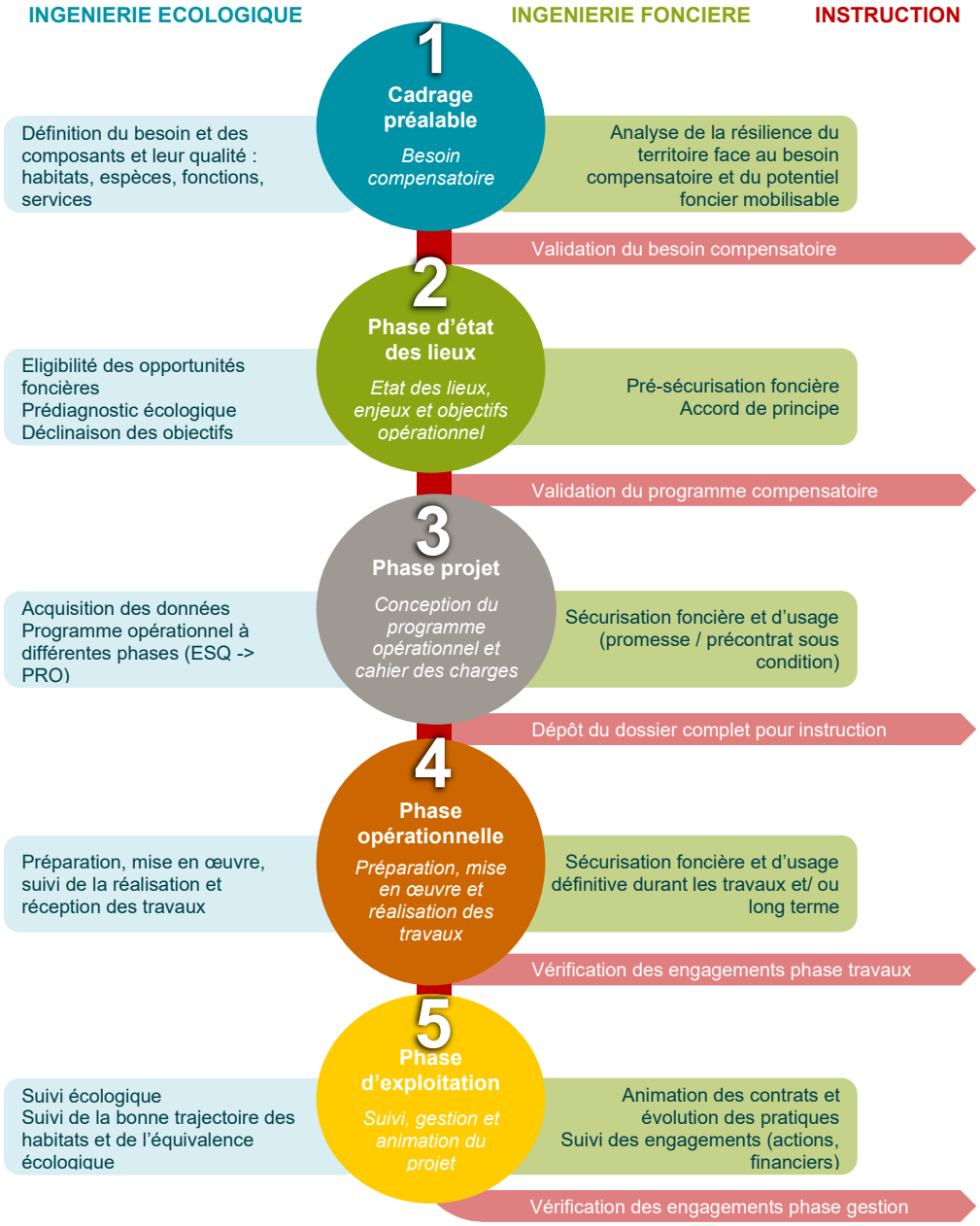
Nom du projet et maitre d'ouvrage	Type et date de l'avis	Communes concernées par le projet	Éléments d'analyse des impacts cumulés issus des avis	Présence/Absence impacts cumulés et quantifications
			traitement du bâtiment dans le cadre du projet sera défini en concertation avec la DEAL aux vues des résultats de l'étude.	
ZAC Omega Cambaie	Avis MRAE. 2021.	Saint Paul	Création de ZAC sur les carrières	On note une diminution notable du terrain de chasse des papangues et des chiroptères mais aussi des oiseaux forestiers. Il y a donc un impact cumulé jugé fort sur ces espèces/groupe d'espèce. De plus, la ZAC a un impact fort sur les sites de reproduction du petit Molosse et un impact fort sur les savanes primaires abritant notamment l'espèce protégée floristique *Zornia gibbosa*. Enfin, la création de la ZAC et du prolongement de l'Axe Mixte crée un impact cumulé jugé fort de la

Nom du projet et maitre d'ouvrage	Type et date de l'avis	Communes concernées par le projet	Éléments d'analyse des impacts cumulés issus des avis	Présence/Absence impacts cumulés et quantifications
				pollution lumineuse sur l'avifaune marine en phase d'exploitation.

6 Programme compensatoire

La compensation écologique se définit comme un ensemble d'actions en faveur des milieux naturels, permettant de contrebalancer les dommages causés par la réalisation d'un projet qui n'ont pu être suffisamment évités ou réduits. Ces actions, appelées mesures compensatoires, doivent générer un gain écologique au moins égal à la perte n'ayant pu être évitée ou réduite, afin d'atteindre une absence de perte nette de biodiversité.

Le programme compensatoire se décline de la manière suivante :



6.1 Dimensionnement de la compensation

6.1.1 Définitions génériques

Le « Guide de mise en œuvre de l'approche standardisée du dimensionnement de la compensation écologique » (Andreadakis *et al.,* 2021) propose une approche standardisée du dimensionnement de la compensation écologique.

Selon ce guide, il existe actuellement une trentaine de méthodes de dimensionnement des mesures de compensation, plus ou moins complexes. Celles-ci peuvent être regroupées en trois grandes familles : les méthodes par **ratio minimal**, les méthodes d'équivalence par **pondération** ou encore d'équivalence par **écarts de milieux**.

Méthodes par ratio minimal

Dans le cas présent, seules les pertes causées par le projet sont considérées. Le raisonnement est basé principalement sur des métriques (surfaces ou linéaires), auxquelles est joint un ratio qui peut être prédéfini ou bien lié à un niveau d'enjeu : les enjeux faibles se verront attribués un faible ratio tandis qu'il sera plutôt élevé pour les enjeux forts.

Les méthodes par ratio minimal peuvent être résumées de cette manière :

Métrique à compenser = ratio minimal préétabli x métrique affectée

Méthodes d'équivalence par pondération

Les pertes et les gains associés respectivement au site impacté et au site de compensation sont considérés et quantifiés séparément. Les métriques sont pondérées par des coefficients de « pertes » et de « gains » déterminés selon différents critères. Pour les pertes, seront considérés les critères de niveau d'enjeu des habitats et des espèces, de type d'impact etc. Pour les gains, seront considérés l'efficacité des mesures compensatoires, l'équivalence écologique, l'éloignement au site impacté etc.

Les méthodes d'équivalence par pondération peuvent être résumées de cette manière :

Métrique à compenser = (coefficient pertes/coefficient gains) x métrique affectée

Méthodes d'équivalence par écarts de milieux

De même que dans les méthodes précédentes, les pertes et les gains sont quantifiés séparément mais cette fois-ci, selon des indicateurs identiques que ce soit pour le site impacté ou pour le site de compensation. Ici, est comparé l'état/la capacité d'accueil des milieux :

- Pour le site impacté, il s'agira de comparer le site concerné avant et après impact (Δ = différentiel) ;

- Pour le site de compensation, il s'agira de comparer le site concerné avant et après compensation.

Il est important de noter qu'ici les métriques utilisées (affectées par l'impact et à compenser) doivent être identiques, même si tout au long du processus, le raisonnement se fera davantage en termes d'unités de compensation, qui est une surface qualifiée, autrement dit une surface sur laquelle la qualité écologique/le niveau d'intérêt a été précisé.

Les méthodes d'équivalence par écarts de milieux peuvent être résumées de cette manière :

Métrique à compenser = (I Δpertes/ Δgains I) x métrique affectée

6.1.2 OPTION A : Choix de la méthode par ratio minimal

Méthode de calcul

Dans le cadre du présent dossier, la méthode choisie pour définir le besoin de compensation est une approche surfacique. Les objectifs du programme de compensation sont ainsi définis sur la base de surfaces d'habitats d'espèces sur lesquelles seront définies des mesures de préservation, de gestion et de restauration à l'origine d'une plus-value écologique. L'habitat est en effet l'entrée la plus appropriée pour apporter une réponse compensatoire : les pertes de biodiversité sont très majoritairement liées à des pertes d'habitats d'espèces (intégrant les pertes indirectes d'habitats d'espèces par délaissement d'un habitat subissant un dérangement trop important ou encore perte de fonctionnalité d'un habitat lié à un rabattement de nappe par exemple).

Ces surfaces sont évaluées sur la base de l'application d'un coefficient de compensation supérieur ou égal à 1 appliqué aux habitats et habitats d'espèces concernés par un impact résiduel notable. Ce coefficient de compensation est défini sur la base de l'enjeu écologique de l'habitat. Cet enjeu écologique (défini à l'issue du diagnostic écologique) apparait comme intégrateur de la diversité spécifique observée, de la patrimonialité des espèces dont il est le support, de son rôle dans le cycle de vie de ces espèces mais aussi de sa participation au réseau écologique régional et local. Il apporte ainsi une vision fonctionnelle à l'habitat considéré. Nous parlerons par la suite d'un besoin de compensation dimensionné au travers d'une "surface qualifiée".

Le tableau suivant explicite le lien établi entre l'enjeu écologique de l'élément considéré et le coefficient de compensation défini.

Tableau 27 : Méthode d'évaluation du coefficient de compensation

	Niveau d'enjeu écologique				
	Faible	Moyen	Fort	Très fort	Majeur

	Niveau d'enjeu écologique				
Coefficient de compensation (Minimal)	1	1,5	2	3	5

Le coefficient de compensation ainsi défini est appliqué à chaque habitat concerné par une perte nette de biodiversité, de telle sorte que la réponse compensatoire soit adaptée et proportionnée. L'approche surfacique est ainsi abordée sous un angle fonctionnel afin de répondre à la réglementation en vigueur et notamment à un point fondamental énoncé dans le cadre de la loi n° 2016-1087 du 8 août 2016 pour la reconquête de la biodiversité, de la nature et des paysages : **l'objectif d'absence de perte nette, voire de gain de biodiversité.**

Evaluation du besoin de compensation

Le tableau suivant détaille les coefficients de compensation définis pour chaque entité concernée par une perte nette de biodiversité et précise les surfaces de compensation et les qualifie sous un angle fonctionnel. Le tableau suivant détaille ainsi le besoin de compensation.

Rappel de l'impact résiduel					Définition du besoin de compensation		
Grand type de milieu	**Libellé de l'habitat concerné par un impact résiduel notable**	**Espèces associées et concernées par un impact résiduel notable**	**Surface résiduelle impactée (ha)**	**Enjeu écologique**	**Coefficient de compensation**	**Surface de compensation correspondante**	**Fonctionnalité de l'habitat recherchée**
Zone humide	Végétation à Phragmites mauritianus (TDHR 2.1.3.12)	*Phragmites mauritianus*	220 m²	Très fort	3	660 m²	Habitat d'accueil pour les espèces végétales caractéristiques des zones humides
Total			**220 m²**		**3**	**660 m²**	

6.2 Présentation des critères d'éligibilité

Plusieurs critères doivent être étudiés pour évaluer de l'éligibilité d'une mesure de compensation. Ils sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Critères d'éligibilité d'une mesure de compensation

Critère d'éligibilité	Définition
Proximité géographique	Les mesures de compensation doivent être mises en œuvre **à proximité des impacts causés** par le projet afin d'atteindre une absence de perte nette de biodiversité à une échelle écologique cohérente au regard des espèces concernées.
Efficacité	Les mesures compensatoires sont soumises à une obligation de résultat. Les mesures compensatoires doivent être assorties d'objectifs de résultats clairs, précis et contrôlables, et de modalités de suivi de leur efficacité et de leur effet afin d'attester de l'atteinte de ces objectifs.
Temporalité	Les mesures de compensation sont idéalement, pleinement **effectives au moment des impacts**. Pour cela, elles doivent être réalisées en anticipation des atteintes sur la biodiversité. Un calendrier de la mise en œuvre des mesures permet d'apprécier cette condition.
Pérennité	Les mesures de compensation doivent être **effectives pendant toute la durée des atteintes du projet d'aménagement**. Leur pérennité doit donc être assurée et justifiée d'un point de vue foncier et financier dans la conception.
Additionnalité	Toute mesure de compensation doit démontrer à la fois une **additionnalité écologique**, c'est-à-dire qu'elle génère un gain écologique qui n'aurait pas pu être

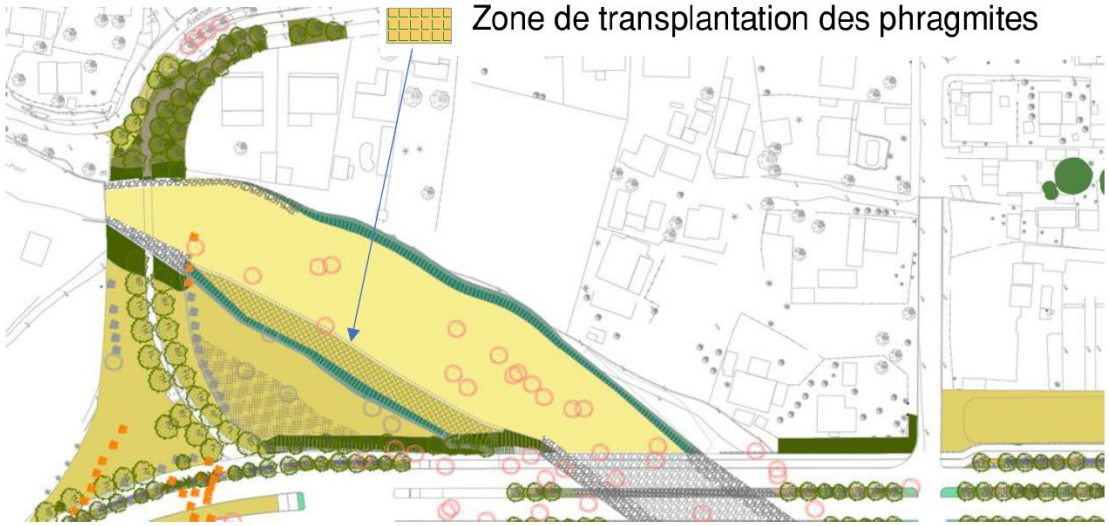
Critère d'éligibilité	Définition
	atteint en son absence, et une **additionnalité administrative**, aux engagements publics et privés. En effet, les mesures compensatoires doivent être additionnelles aux actions publiques existantes ou prévues en matière de protection de l'environnement (plan de protection d'espèces, instauration d'un espace protégé, programme de mesure de la directive-cadre sur l'eau, trame verte et bleue…). Elles peuvent conforter ces actions publiques, mais ne pas s'y substituer.

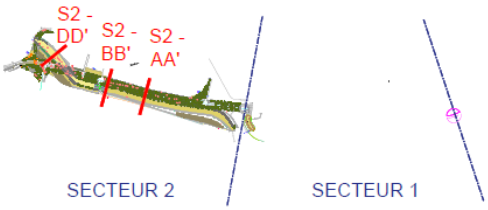
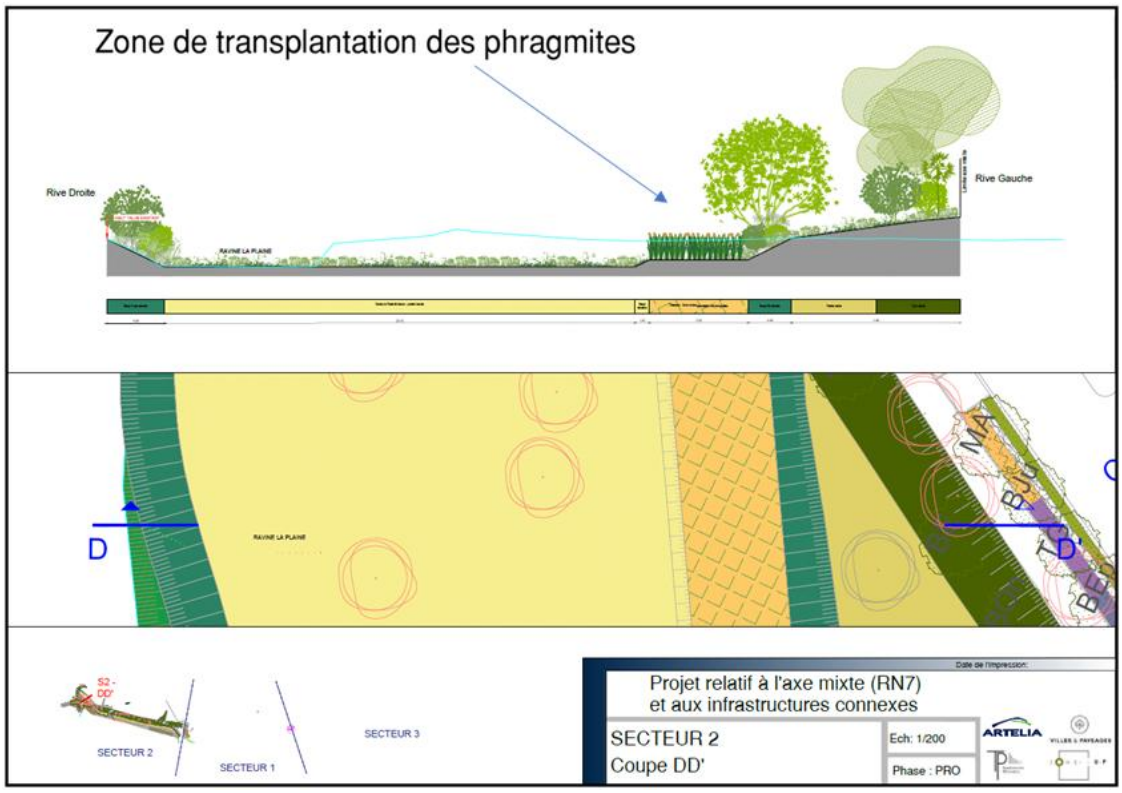
Ces conditions d'éligibilité sont au service de deux objectifs **d'absence de perte nette** et **d'équivalence écologique**. Chacune de ces conditions est nécessaire mais non suffisante à l'atteinte de ces objectifs.

L'absence de perte nette est l'objectif selon lequel, à l'issue de l'application de la séquence ERC, des pertes de biodiversité, c'est-à-dire des impacts remettant en cause l'état de conservation d'une espèce, d'un habitat ou d'une fonction (autrement dit, des impacts significatifs) ne doivent pas persister.

L'équivalence écologique implique avant tout une dimension écologique (mêmes composantes naturelles que celles impactées) mais également une dimension fonctionnelle (fonctionnalité des composantes naturelles recherchées) et temporelle (le site impacté dans le cadre du projet ne doit pas avoir subi de dommages irréversibles avant que les mesures compensatoires ne soient mises en place).

6.3 Proposition de la mesure compensatoire

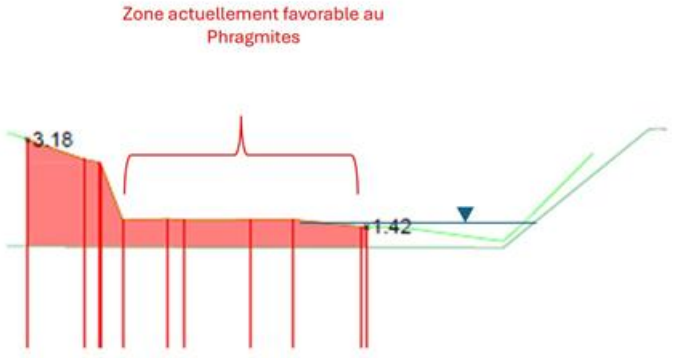
MC01	Création d'un habitat favorable à la transplantation et l'extension d'une station de *Phragmites m.*
Objectif(s)	Les inventaires 2025 ont effectivement mis en évidence une station de phragmites subspontanée dans la zone en eau du tronçon aval de la ravine la plaine et qui, comme démontré lors d'un passage de contrôle (spontané cette fois-ci) de 2026, se situe dans une zone largement anthropisée et faisant même l'objet d'entretien dont la station identifiée en 2025 en a fait de lourds frais (cf. remarque et photos associées). Ce point peut laisser penser aussi qu'elle ait pu être très peu détectable en 2021 dont les prises de vues aériennes témoignent d'une situation d'entretien également autour des inventaires initiaux (et régulièrement entre les deux périodes de plus). Dans ce contexte, les objectifs de la mesure sont les suivants : • Compenser la perte de biodiversité causée par la destruction de la station de Phragmites • Recréer un habitat fonctionnel • Conserver le pool génétique d'une population d'espèce rare L'objectif est de tripler la surface de la station de phragmites suite à la mise en œuvre de la mesure (220 m² impactés pour 660 m² compensés) visant un gain net de biodiversité
Communautés biologiques visées	• Habitats des zones humides ; • Végétation des zones humides (*Phragmites mauritianus)*
Localisation	La mesure sera mise en œuvre dans la zone de recalibrage de la ravine La Plaine impactée. La localisation est jointe ci-dessous : Extrait du plan 03.2A de localisation de la zone de recalibrage de la Ravine La Plaine : 

MC01	Création d'un habitat favorable à la transplantation et l'extension d'une station de *Phragmites m.*
	Extrait du plan de coupes (3.4) du secteur recalibré de la ravine La Plaine :  Coupe D-D' : 
Acteurs	Écologue en charge de l'assistance environnementale / Maitre d'œuvre / Entreprise en charge des travaux et des aménagements paysagers
Modalités de mise en œuvre	L'emplacement actuel de la station de Phragmite va être détruite lors des travaux de conception du secteur 2 de l'axe mixte. La population de Phragmite va donc être déplacée dans un secteur aménagé préalablement et favorable à l'espèce au sein même de la zone de recalibrage de la Ravine La Plaine. Plusieurs risbermes vont être créées dont une favorable à la réimplantation des rhizomes déplacés. Quelques préconisations doivent être suivis afin que la transplantation des Phragmites soit la plus efficiente possible.

MC01	Création d'un habitat favorable à la transplantation et l'extension d'une station de *Phragmites m.*

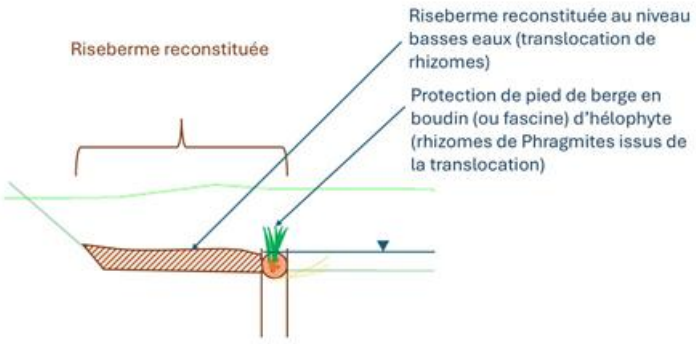
Tout d'abord, une risberme dédiée doit être créée et calée sur le niveau des basses eaux (étiage), comme c'est le cas à l'état initial. De plus, il faut que les risbermes soient positionnées sur les secteurs où la pente du profil en long est la plus faible (zones lenthiques).

Profil en travers - Etat initial



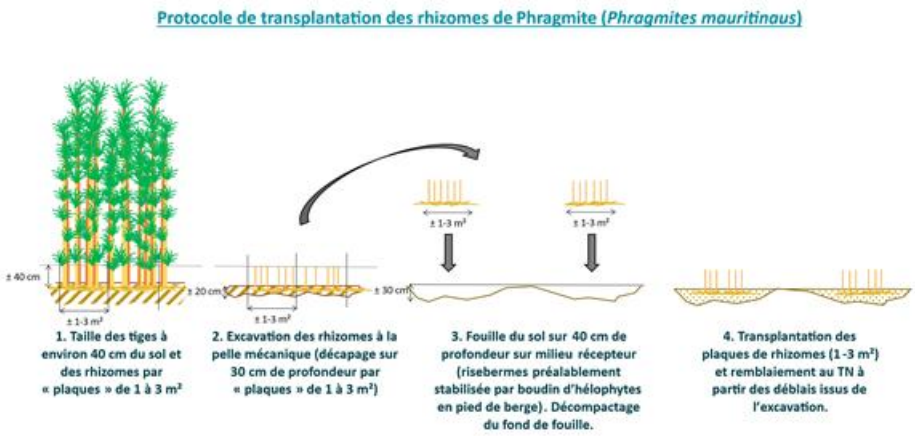
Afin que les risbermes soient stables, nous préconisons d'installer des boudins d'hélophytes en pied de berges (meilleure stabilité pour éviter que tout soit détruit dès la première crue).

Profil en travers – Lit réaménagé



Nous proposons donc de mettre 3 stations favorables de 200 m² (par station) environ. La surface proposée sera ainsi triplée (ratio de compensation proposé = 3) → 220 m² transplantés donnent 660 m² favorables en réimplantant les rhizomes décapés par « tâches » de quelques m². En faisant cela, cela favorise également la régénération naturelle d'autres espèces caractéristiques des zones humides.

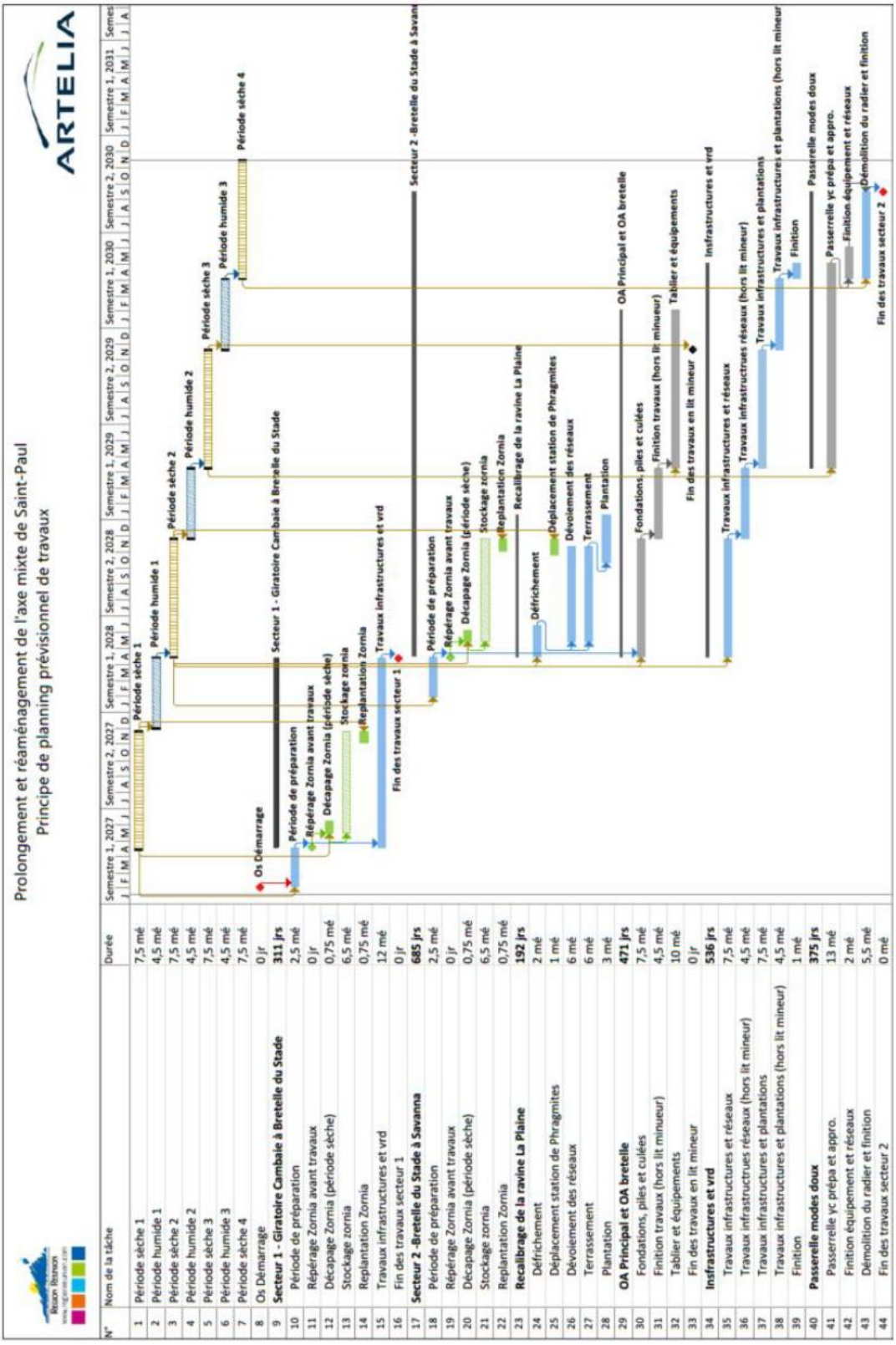
MC01	Création d'un habitat favorable à la transplantation et l'extension d'une station de *Phragmites m.*



L'emplacement exact des stations dépendra de l'emplacement des pentes les plus faibles et les risbermes suffisamment larges en intrados comme indiqués sur le plan et profil de localisation.

Le calendrier de mise en œuvre des différentes étapes de la mesure s'inscrit donc dans celui de chantier mentionné préalablement (cf. MR07) et repris en suivant :

3 Analyse des effets du projet et mesures associées



N°	Nom de la tâche	Durée
1	Période sèche 1	7,5 mé
2	Période humide 1	4,5 mé
3	Période sèche 2	7,5 mé
4	Période humide 2	4,5 mé
5	Période sèche 3	7,5 mé
6	Période humide 3	4,5 mé
7	Période sèche 4	7,5 mé
8	Os Démarrage	0 jr
9	**Secteur 1 - Giratoire Cambaie à Bretelle du Stade**	**311 jrs**
10	Période de préparation	2,5 mé
11	Répérage Zornia avant travaux	0 jr
12	Décapage Zornia (période sèche)	0,75 mé
13	Stockage zornia	6,5 mé
14	Replantation Zornia	0,75 mé
15	Travaux infrastructures et vrd	12 mé
16	Fin des travaux secteur 1	0 jr
17	**Secteur 2 -Bretelle du Stade à Savanna**	**685 jrs**
18	Période de préparation	2,5 mé
19	Répérage Zornia avant travaux	0 jr
20	Décapage Zornia (période sèche)	0,75 mé
21	Stockage zornia	6,5 mé
22	Replantation Zornia	0,75 mé
23	**Recalibrage de la ravine La Plaine**	**192 jrs**
24	Défrichement	2 mé
25	Déplacement station de Phragmites	1 mé
26	Dévoiement des réseaux	6 mé
27	Terrassement	6 mé
28	Plantation	3 mé
29	**OA Principal et OA bretelle**	**471 jrs**
30	Fondations, piles et culées	7,5 mé
31	Finition travaux (hors lit mineur)	4,5 mé
32	Tablier et équipements	10 mé
33	Fin des travaux en lit mineur	0 jr
34	**Infrastructures et vrd**	**536 jrs**
35	Travaux infrastructures et réseaux	7,5 mé
36	Travaux infrastructrues réseaux (hors lit mineur)	4,5 mé
37	Travaux infrastructures et plantations	7,5 mé
38	Travaux infrastructures et plantations (hors lit mineur)	4,5 mé
39	Finition	1 mé
40	**Passerelle modes doux**	**375 jrs**
41	Passerelle yc prépa et appro.	13 mé
42	Finition équipement et réseaux	2 mé
43	Démolition du radier et finition	5,5 mé
44	Fin des travaux secteur 2	0 mé

MC01	Création d'un habitat favorable à la transplantation et l'extension d'une station de *Phragmites m.*
	Le phasage de la mesure sera comparable à celui prévu pour la mesure MR07. La mise en œuvre interviendra après les travaux de reprofilage de la ravine, lorsque les conditions seront réunies pour préparer la zone d'accueil de l'habitat. Les opérations seront réalisées hors périodes cycloniques. L'intervention de déplacement elle-même sera rapide, en s'étant préalablement assuré que les conditions hydromorphologiques de la zone de réception étaient favorables. Afin de favoriser la bonne reprise des espèces transplantées, des actions de lutte contre les EEE seront mises en place sur les 3 stations sur 3 ans après translocation des rhizomes. 4 passages seront effectués la première année, puis 2 passages pour la deuxième et troisième année. Et ensuite dans le cadre de la gestion mise en place comme évoqué dans la mesure MR10. Concernant la maîtrise foncière, la ravine La Plaine relève du Domaine Public Fluvial (DPF) et se situe dans le périmètre du PAPI de Saint-Paul ainsi que dans le périmètre de la Déclaration d'Utilité Publique (DUP) du projet. La Région intervient dans le cadre d'une co-maîtrise d'ouvrage avec le Territoire de l'Ouest, via une convention à établir. La gestion future s'inscrit dans le cadre des compétences GEMAPI du Territoire de l'Ouest, les conventions correspondantes étant en cours de préparation. De nombreux retours d'expériences positifs de translocation de rhizomes ont été capitalisées en métropole sur une espèce proche, Phragmites australis. Des retours d'expériences positifs ont également été capitalisées à La Réunion sur une autre espèce rhizomateuse, Nastus borbonicus (L. BONIN, comm. Pers., 2025) ou même s'agissant de l'espèce (CBNM, Projet VEGETALI). La littérature élargie confirmant qu'il s'agit d'un hélophyte à fort développement rhizomateux, indigène des zones humides (et largement représenté à cette échelle) de l'océan Indien et d'Afrique orientale, avec une bonne capacité de reprise lorsque les conditions hydrologiques sont favorables. Concernant la transplantation : transfert de mottes ou de fragments de rhizomes en période humide, avec une forte dépendance au fonctionnement hydrologique du site et, malgré tout et comme toute action similaire, une part d'incertitude sur la réussite, nécessitant la mise en œuvre d'un suivi également prévu au dossier. S'agissant de sources supplémentaires nous pouvons rappeler les principales suivantes et qui tendent à démontrer le bon potentiel de réussite de la mesure : Kew Science / Plants of the World Online (Royal Botanic Gardens, Kew) – fiche taxonomique officielle et répartition mondiale : https://powo.science.kew.org/taxon/urn:lsid:ipni.org:names:415950-1 GBIF – données de répartition et statut taxonomique : https://www.gbif.org/species/5828105 Conservatoire botanique national de Mascarin – fiche flore Mascareignes (Mascarine Cadetiana) : https://mascarine.cbnm.org/index.php/flore/index-de-la-flore/nom?code_taxref=706638 MozambiqueFlora – description botanique détaillée de l'espèce : https://www.mozambiqueflora.com/speciesdata/species.php?species_id=104030

MC01	Création d'un habitat favorable à la transplantation et l'extension d'une station de *Phragmites m.*
	PROTA / PlantUse – écologie et traits biologiques en Afrique tropicale : https://plantuse.plantnet.org/fr/Phragmites_mauritianus_%28PROTA%29 Propagate One, your ultimate online resource for all things plant propagation https://propagate.one/?s=phragmites&id=122538 La consultation formelle du CBNM pourra être engagée au moment de la préparation de la mise en œuvre de la mesure, lorsque les modalités opérationnelles seront précisément définies. Compte tenu de la temporalité du projet et du fait que cette mesure interviendra lors d'une phase ultérieure du chantier, cette concertation sera menée en amont de sa réalisation, le moment venu, avec l'appui de la coordination environnementale de chantier, du maitre d'œuvre et des entreprises concernées.
Indications sur le coût	Intégré aux travaux
Phase du projet	En parallèle des travaux de recalibrage en préservant la station jusqu'à ce que la risberme favorable à sa réimplantation soit disponible, puis réalisation de la translocation idéalement début de période estivale (cf. descriptif)
Suivis de la mesure	MS02 – Suivi de la mesure compensatoire
Mesures associées	MR07 - Renaturation de la partie avale de la ravine La Plaine MR10 – Limiter la propagation des espèces exotiques envahissantes MA01 - Coordination environnementale de chantier MS01 - Suivi écologique des milieux reconstitués

6.4 Proposition de mesures d'accompagnement de la mesure compensatoire

MS02 : Suivi de la mesure compensatoire

MS02	Suivi de la mesure compensatoire
Objectif(s)	• Vérifier la pertinence et l'efficacité de la mesure compensatoire mises en place ; • Proposer « en cours de route » des adaptations éventuelles des mesures au cas par cas ; • Garantir auprès des services de l'Etat et autres acteurs locaux la qualité et le succès des mesures programmées ; Réaliser un bilan pour un retour d'expériences et une diffusion restreinte des résultats aux différents acteurs.
Communautés biologiques visées	Roselière à *Phragmites mauritianus* Espèces exotiques envahissantes animales et végétales (EEE)
Localisation	Zone concernée par la compensation écologique
Acteurs	Maître d'ouvrage, Maître d'œuvre et coordonnateur environnement en charge de ce suivi (écologue)
Modalités de mise en œuvre	• **<u>Suivi de la population :</u>** Des suivis spécifiques de la vitalité de la population seront réalisés à raison de 4 fois par an les trois premières années puis 2 fois par an les deux suivantes. Parmi les indicateurs observés : ➢ Relevés phytosociologiques de la station ➢ Surfaces et recouvrement de Phragmites australis ➢ Hauteur et nombre de tiges (dont tiges florifères) ➢ Etat de conservation de la population • **<u>Suivi des EEE :</u>** Afin de favoriser la reprise naturelle et une revégétalisation naturelle des Phragmites, des actions de lutte contre les EEE vont être réalisées. Un premier passage d'un écologue permettra de réaliser un inventaire exhaustif des espèces exotiques colonisant le milieu, afin de produire un plan de lutte ciblé et adapté à la zone. Des actions de lutte contre les EEE seront réalisées à hauteur de 4 fois par an la première année puis 2 fois par an les deux autres années. Ces actions de lutte seront suivies par un écologue qualifié afin de réadapter les mesures de lutte au besoin.

3 Analyse des effets du projet et mesures associées

MS02	Suivi de la mesure compensatoire
Indications sur le coût	750€/jour
Phase du projet	Phase exploitation
Suivis de la mesure	Rapport de suivi de la mesure mises en œuvre par l'expert écologue

Compte tenu des enjeux mis en évidence pour les 4 espèces protégées et des mesures proposées (évitement, réduction, suivi) qui seront mises en place, les impacts résiduels après application des mesures d'évitement, de réduction et de compensation sont faibles à négligeables **comme cela est traité spécifiquement au travers du dossier de dérogation dédié joint au dossier global**.

4

Bibliographie

Propriété de Biotope
Ne peut être diffusée sans autorisation préalable de Biotope

1 Bibliographie relative au site

- BIOTOPE, 2015. Plan de gestion de la Réserve Naturelle Nationale de l'étang Saint-Paul 2015-2020. Commune de Saint Paul. 365 p.
- BIOTOPE, 2019. Projet d'extension de la carrière de la plaine Chabrier – Saint-Paul. SCPR. 64 p.
- ECODENN, 2020. Réhabilitation de l'ancienne décharge de Cambaie – Commune de Saint-Paul – Dossier de demande de derogation au titre de l'article L. 411-2 du code de l'environnement. TCO. 90 p.

2 Bibliographie relative aux habitats naturels

- BIOTOPE, 2016. Inventaire et cartographie des habitats semi-xérophiles de la Réunion – Commune de Saint-Paul.
- BISSARDON M., GUIBAL L. & RAMEAU J-C., 1997 - CORINE Biotopes, version originale. Types d'habitats français. ENGREF-ATEN, 217 p.
- BOULLET V., 2019. La végétation des savanes de l'ouest de La Réunion. 1. 3a. Typologie abrégée des systèmes de savanes. Manuscrit provisoire (mars 2019), 53 p. Extrait
- BOULLET V., 2005. Flore, habitats et intérêt patrimonial du littoral des Trois Bassins.
- BOULLET V., 2008. Systémique et diversité végétale du littoral Ouest de La Réunion (La Possession/ Saint-Pierre) - Intérêt patrimonial et applications à la conservation de la biodiversité.
- BRAUN-BLANQUET J., 1932. Plant sociology (translation by H.S. Conard, G.D. Fuller). Mac Graw-Hill Book Co. Inc. New York, 18. 439 p.
- BRIFFAUD S., ALEXANDRE (dir.) M., 2002. Les savanes de la côte sous le vent à La Réunion. Configurations, dynamiques et enjeux d'un paysage en sursis. Rapport de recherche pour le Conservatoire de l'Espace Littoral et des Rivages Lacustres, CEPAGE (Centre de recherche sur l'histoire et la culture du paysage). 155 p.
- BRIFFAUD, (coord.) S., BERCOVITZ, R., DAVASSE, B., GALOP, D., GERMANAZ, C., LEBRUN, A., METAILIE, J.P., MOPPERT, B., ROBERT, M., AMELOT, X., ANDRE-LAMAT, V., HEAULME, E., HENRY, D., MARCADET, E., MOISSET, A., RIVIERE, Q., RODRIGUEZ, J.F., 2016. Les savanes du littoral sous le vent à La Réunion : histoire et dynamique, perceptions et pratiques, gestion et médiation. [Rapport de recherche] PASSAGES - UMR 5319 du CNRS, CREGUR-Université de la Réunion, UMR GEODE Université de Toulouse Jean Jaurès, 194 p.

- BRIFFAUD (coord.) S., BERCOVITZ, R., VINCENT B., AH-PENG C., GAUD P., ROBERT, M., FONTAINE O., RIVIERE, Q., et al., 2018. Perceptions de la savane par la population réunionnaise et mise en œuvre d'une gestion des paysages au Cap La Houssaye, [Rapport de recherche] PASSAGES - UMR 5319 du CNRS, CREGUR-Université de la Réunion, UMR GEODE Université de Toulouse Jean Jaurès, 191 p.
- BRIFFAUD, 2019. Les savanes littorales de La Réunion. Pour une utopie paysagère. Les Carnets du paysage, éd. Actes Sud, n° 35 (2019) : pp. 66-91.
- CADET T., 1977. La végétation de l'île de La Réunion : Étude phytoécologique et phytosociologique. Thèse de Doctorat d'état, Université Aix Marseille III, 362 2 vols, I Texte : 362 p., II Annexes [Réimpression 1980, Imprimerie Cazal, Saint-Denis de la Réunion].
- DEAL REUNION, 2016. Cartographie des habitats littoraux de la côte ouest. ECCODEN.
- DEAL REUNION, 2016. Cartographie des habitats semi-xérophiles de la côte ouest – Lot 1 Saint Paul. BIOTOPE.
- GAUD P., 2017. Dynamique post-incendie de la végétation et effets du feu sur la banque de graines : cas des savanes envahies par les ligneux à La Réunion. Projet de plan de gestion des savanes du Cap La Houssaye. Mémoire de Master 1 Biologie Ecologie Evolution, parcours Biologie végétale et gestion des écosystèmes tropicaux, Université de Montpellier – AgroParisTech, 52 p.
- LACOSTE M., DELBOSC P., PICOT F. (CBNM), 2021. Typologie descriptive des habitats naturels et semi-naturels de La Réunion.
- LACOSTE M. et PICOT F. 2011. Cahiers d'habitats de La Réunion : Etage altimontain. Rapport technique n°7 non publié. CBNM. 173p.
- LACOSTE M. et PICOT F. 2011. Typologie descriptive des habitats naturels et semi-naturels de La Réunion. Rapport technique n° 8 non publié. CBNM. 121p.
- LACOSTE M., et al., 2011. Cahiers d'habitats de La Réunion : zones humides. Rapport technique n°6 non publié.
- CBNM. 230p.CBNM. 2010. Typologie des Milieux Naturels de la Réunion 2010 (version 1 validée par le CSRPN)

3 Bibliographie relative à la flore

- BOULLET V. (auteur) [BOULLET V., PICOT F. et MALLET B. (coord.)] 2020. Index de la flore vasculaire (Trachéophytes) de la Réunion : statuts, menaces et protections. - Version 2020.1 (mise à jour du 2 décembre 2020). Conservatoire botanique national de Mascarin, Saint-Leu (Réunion), format numérique Excel.

- UICN / CBNM, 2023. La liste rouge des espèces menacées en France – Flore vasculaire de La Réunion.
- ROCHIER T. et LAVERGNE C. 2012. La Liane Montbrun, *Gouania mauritiana*. Plan directeur de conservation : outils d'aide à la conservation des espèces végétales menacées d'extinction à l'échelle des Mascareignes. CBNM. 77p.
- PICHILLOU S. et al. 2011. – Le Bois de senteur blanc, *Ruizia cordata* Cav. – Plan national d'actions 2012-2016 : outils d'aide à la conservation des espèces végétales menacées d'extinction. Version 2011 (mise à jour du 13 octobre 2011). Conservatoire Botanique National de Mascarin, Saint-Leu, Réunion, 66p.
- SEVATHIAN J-C. et al. 2008 *Carissa spinarum* L ; Plan directeur de conservation : outils d'aide à la conservation des espèces végétales menacées d'extinction à l'échelle des Mascareignes. Version 2008.1. CBNM. 67p.
- LAVERGNE C. et al. 2008. Ochrosia borbonica. Plan directeur de conservation : outils d'aide à la conservation des espèces végétales menacées d'extinction à l'échelle des Mascareignes. CBNM.72p.
- BAIDER C. et al. 2008 – *Dombeya populnea* (Cav.) Baker. Plan directeur de conservation : outils d'aide à la conservation des espèces végétales menacées d'extinction à l'échelle des Mascareignes. CBNM. 65p.
- EISENBACH J. et LAVERGNE C. 2006. *Obetia ficifolia*. Plan directeur de conservation : outils d'aide à la conservation des espèces végétales menacées d'extinction à l'échelle des Mascareignes. CBNM. 57p.
- HIVERT J. et al. 2004. *Hernandia mascarenensis*. Plan directeur de conservation : outils d'aide à la conservation des espèces végétales menacées d'extinction à l'échelle des Mascareignes. CBNM. 60p.
- PAUSE J. et LAVERGNE C. 2003. *Parafaujasia fontinalis*. Plan directeur de conservation : outils d'aide à la conservation des espèces végétales menacées d'extinction à l'échelle des Mascareignes. CBNM. 49p.

4 Bibliographie relative aux insectes

- UICN, 2013 - Liste rouge des espèces menacées en France - Faune de La Réunion. 23p.
- MARTIRE D. 2010. Les libellules et éphémères de La Réunion. Collection Parthenope. 72p.
- DIREN Réunion, 2008. Espèces déterminantes et complémentaires des ZNIEFF (Zones Naturelles d'Intérêts Ecologiques Faunistiques et Floristiques)

- MARTIRE et ROCHAT. 2008. Les papillons de La Réunion et leurs chenilles. Collection Parthenope. 496p
- Mission de création du Parc National des Hauts de La Réunion, 2003. Premiers éléments de connaissance du patrimoine naturel indigène des hauts de La Réunion. 256 p.

5 Bibliographie relative aux poissons, crustacés et mollusques

- DEAL Réunion, 2011 - ÉVALUATION DE LA CONTINUITÉ ÉCOLOGIQUE SUR LES 13 RIVIÈRES PÉRENNES DE LA RÉUNION ET PROPOSITION DE PLAN D'ACTION POUR RECONQUÉRIR CETTE CONTINUITÉ - PHASE I – DIAGNOSTIC – Rapport réalisé par ANTEA GROUP - OCEA CONSULT' - HYDRETUDES – ECOGEA. 214p.
- DEAL Réunion, 2015. Espèces de crustacés et de poissons d'eau douce déterminantes des ZNIEFF (Zones Naturelles d'Intérêts Ecologiques Faunistiques et Floristiques).
- Keith et al., 2006. Atlas des poissons et des crustacés d'eau douce des Comores, Mascareignes, et Seychelles. Museum National d'Histoire Naturelle, Paris, 250p.
- Malavoi J.R., Souchon Y., 2002. Description standardisée des principaux faciès d'écoulement observables en rivière : Clé de détermination qualitative et mesures physiques. In Bull. Fr. Pêche Piscic. (2002) 365/366 pp 357-372.
- OCEA Consult', 2014. Suivi 2014 des éléments biologiques "poissons et macro-crustacés " des rivières du bassin Réunion – Rapport final. Office de l'Eau, 194p + annexes.
- UICN, 2010 - Liste rouge des espèces menacées en France - Faune de La Réunion. 23p.
- Wentworth C.K., 1922. A scale of grade and class terms for clastic sediments. In The Journal of Geology, Vol. 30, No. 5 (Jul. - Aug., 1922), pp. 377-392.

6 Bibliographie relative aux reptiles et aux amphibiens

- COX N.A. & TEMPLE H.J., 2009 - European Red List of Reptiles. Luxembourg : Office for Official Publications of the European Communities, 32 p.
- TEMPLE H.J. & COX N.A., 2009 - European Red List of Amphibians. Luxembourg : Office for Official Publications of the European Communities, 32 p.

- UICN FRANCE, MNHN & SHF, 2015 - La Liste rouge des espèces menacées en France - Chapitre Reptiles et Amphibiens de France métropolitaine. Paris, France, 12 p.
- UICN FRANCE, MNHN & SHF, 2016 - La Liste rouge des espèces menacées en France- Chapitre Reptiles et Amphibiens de France métropolitaine. Rapport d'évaluation. Paris, 103 p.
- UICN, 2013 - Liste rouge des espèces menacées en France - Faune de La Réunion. 23p.
- SANCHEZ M., 2012. Le gecko vert de Bourbon, *Phelsuma borbonica* Mertens 1966, atlas de répartition, écologie et conservation. 74p.
- SANCHEZ M. et CACERES S. 2011. Plan national d'actions en faveur du Gecko vert de Manapany *Phelsuma inexpectata*. 158p.
- DIREN Réunion, 2008. Espèces déterminantes et complémentaires des ZNIEFF (Zones Naturelles d'Intérêts Ecologiques Faunistiques et Floristiques)
- Mission de création du Parc National des Hauts de La Réunion, 2003. Premiers éléments de connaissance du patrimoine naturel indigène des hauts de La Réunion. 256 p.

7 Bibliographie relative aux oiseaux

- BIRDLIFE INTERNATIONAL, 2004 – Birds in the European Union : a status assessment. Wageningen. Netherlands. BirdLife International. 50 p.
- BIRDLIFE INTERNATIONAL, 2015 – European Red List of Birds. Luxembourg : Office for Official Publications of the European Communities. 67 p.
- UICN FRANCE, MNHN, LPO, SEOF & ONCFS, 2016 - La Liste rouge des espèces menacées en France - Chapitre Oiseaux de France métropolitaine. Paris, France. 31 p. + annexes
- SALAMOLARD M. et FOUILLOT D., en cours. Plan national d'action en faveur de l'Echenilleur de La Réunion (*Coracina newtoni*).
- UICN, 2013 - Liste rouge des espèces menacées en France - Faune de La Réunion. 23p.
- RIETHMULLER M. et al. 2012. Plan national d'actions en faveur du Pétrel noir de Bourbon (*Pseudobulweria aterrima*).
- GRONDIN V. et PHILIPPE J-S. 2011. Plan de conservation du Busard de Maillard (*Circus maillardi*). DEAL Réunion, Région Réunion, SEOR, BIOTOPE, Aerowatt. 84p.
- SALAMOLARD M., 2008. Plan de conservation du Pétrel de Barau *Pterodroma baraui*. Région Réunion, SEOR, ECOMAR. 60p.

- DIREN Réunion, 2008. Espèces déterminantes et complémentaires des ZNIEFF (Zones Naturelles d'Intérêts Ecologiques Faunistiques et Floristiques).
- Mission de création du Parc National des Hauts de La Réunion, 2003. Premiers éléments de connaissance du patrimoine naturel indigène des hauts de La Réunion. 256 p.
- PROBST et al. 1999 (Bulletin Phaéthon). Essai de détermination d'une valeur patrimoniale donnée aux oiseaux endémiques et indigènes de l'île de La Réunion. Volume 9, pages 16-21].
- BARRE N. et al. 1996. Oiseaux de La Réunion. Orphie Ed. 2005. 207p.

8 Bibliographie relative aux chiroptères

- NOWICKI F., 2016 – Chiroptères et infrastructures de transport, guide méthodologique. Collection Références. 167 p.
- TEMPLE H.J. & TERRY, A. (coord.), 2007 - The Status and Distribution of European Mammals. Luxembourg : Office for Official Publications of the European Communities. viii + 48 p.
- UICN FRANCE, MNHN, SFEPM & ONCFS, 2009 - La Liste rouge des espèces menacées en France - Chapitre Mammifères de France métropolitaine. Paris, France, 12 p.
- UICN, 2013 - Liste rouge des espèces menacées en France - Faune de La Réunion. 23p.
- BARATAUD et al. 2013. Etude des chiroptères de La Réunion (rapport de mission). 26p.
- BARATAUD et al., 2012. Identification et écologie acoustique des chiroptères de La Réunion (rapport de mission). 62 p
- CACERES S., 2010. Plan de conservation de la Roussette noire (*Pteropus niger*) dans l'île de la Réunion. DIREN Réunion, ONCFS. 75p.
- DIREN Réunion, 2008. Espèces déterminantes et complémentaires des ZNIEFF (Zones Naturelles d'Intérêts Ecologiques Faunistiques et Floristiques)
- Mission de création du Parc National des Hauts de La Réunion, 2003. Premiers éléments de connaissance du patrimoine naturel indigène des hauts de La Réunion. 256 p.

4 Annexes

Propriété de Biotope
Ne peut être diffusée sans autorisation préalable de Biotope

Annexe 1 –Outils de protection réglementaire des espèces et habitats

Tableau 28 : Outils de protection réglementaire des espèces et habitats (Source ; Biotope)

Groupe biologique	*Réglementation en vigueur, applicable à la Réunion*	
	Niveau local	*Niveau national*
MILIEU NATUREL TERRESTRE		
Habitats naturels	/	/
Flore	Arrêté du 27 octobre 2017 (JO du 03/12/2017)	/
Insectes	Arrêté 19 novembre 2007 (J.O du 13/02/2008 consolidé au 6 mars 2008) Arrêté du 12 février 1989 (JO du 24/03/1989)	/
Reptiles	Arrêté du 12 février 1989 (J.O du 24/03/1989)	/
Oiseaux	Arrêté du 12 février 1989 (J.O du 24/03/1989)	/
Mammifères terrestres (dont chiroptères)	Arrêté du 12 février 1989 (J.O du 24/03/1989)	/

Annexe 2 –Outils de bio évaluation des espèces et habitats : référentiels utilisés

Tableau 29 : Outils de bio évaluation des espèces et habitats : référentiels utilisés (Source ; Biotope)

Groupe biologique	*Références utilisées*
Habitats naturels	- DELBOSC P. et al. 2011. Cahiers d'habitats de La Réunion : Etage littoral. Rapport technique n°5 non publié. CBNM. 557p. - LACOSTE M. et PICOT F. 2011. Cahiers d'habitats de La Réunion : Etage altimontain. Rapport technique n°7 non publié. CBNM. 173p. - LACOSTE M. et PICOT F. 2014. Typologie descriptive des habitats naturels et semi-naturels de La Réunion. Rapport technique n° 8 non publié. CBNM. 121p. - LACOSTE M., et al., 2011. Cahiers d'habitats de La Réunion : zones humides. Rapport technique n°6 non publié. - CBNM. 230p.CBNM. 2010. Typologie des Milieux Naturels de la Réunion 2010 (version 1 validée par le CSRPN) - Code Corine Biotope
Flore	- UICN, 2013. La liste rouge des espèces menacées en France – Flore vasculaire de La Réunion.27p - J. BOSSER, TH. CADET, J. GUEHO, W. MARAIS 1984. Flore des Mascareignes volume 189.palmiers 34p. - T. HUBERT et al. Les palmiers de la Réunion 12p. - CBNM 2018.2 Index commenté de la flore vasculaire de la Réunion (Trachéophytes) du Conservatoire Botanique National de Mascarin (CBNM, 2018.2).
Insectes	- UICN, 2013 - Liste rouge des espèces menacées en France - Faune de La Réunion. 23p. - MARTIRE D. 2010. Les libellules et éphémères de La Réunion. Collection Parthenope. 72p. - DIREN Réunion, 2008. Espèces déterminantes et complémentaires des ZNIEFF (Zones Naturelles d'Intérêts Ecologiques Faunistiques et Floristiques) - MARTIRE et ROCHAT. 2008. Les papillons de La Réunion et leurs chenilles. Collection Parthenope. 496p - Mission de création du Parc National des Hauts de La Réunion, 2003. Premiers éléments de connaissance du patrimoine naturel indigène des hauts de La Réunion. 256 p.
Reptiles	- UICN, 2013 - Liste rouge des espèces menacées en France - Faune de La Réunion. 23p. - SANCHEZ M., 2012. Le gecko vert de Bourbon, *Phelsuma borbonica* Mertens 1966, atlas de répartition, écologie et conservation. 74p. - SANCHEZ M. et CACERES S. 2011. Plan national d'actions en faveur du Gecko vert de Manapany *Phelsuma inexpectata*. 158p. - DIREN Réunion, 2008. Espèces déterminantes et complémentaires des ZNIEFF (Zones Naturelles d'Intérêts Ecologiques Faunistiques et Floristiques)

Groupe biologique	*Références utilisées*
	- Mission de création du Parc National des Hauts de La Réunion, 2003. Premiers éléments de connaissance du patrimoine naturel indigène des hauts de La Réunion. 256 p.
Oiseaux	- COEURDASSIER M., VILLERS A., AUGIRON S., SAGE M., COUZI F., LATTARD V. FOUREL I., Pesticides threaten an endemic raptor in an overseas French territory, Biological Conservation Vol. 234, 2019, pp.37-44. - UICN, 2013 - Liste rouge des espèces menacées en France - Faune de La Réunion. 23p. - RIETHMULLER M. et al. 2012. Plan national d'actions en faveur du Pétrel noir de Bourbon (*Pseudobulweria aterrima*). - GRONDIN V. et PHILIPPE J-S. 2011. Plan de conservation du Busard de Maillard (*Circus maillardi*). DEAL Réunion, Région Réunion, SEOR, BIOTOPE, Aerowatt. 84p. - SALAMOLARD M., 2008. Plan de conservation du Pétrel de Barau *Pterodroma baraui*. Région Réunion, SEOR, ECOMAR. 60p. - DIREN Réunion, 2008. Espèces déterminantes et complémentaires des ZNIEFF (Zones Naturelles d'Intérêts Ecologiques Faunistiques et Floristiques) - Mission de création du Parc National des Hauts de La Réunion, 2003. Premiers éléments de connaissance du patrimoine naturel indigène des hauts de La Réunion. 256 p. - PROBST et al. 1999 (Bulletin Phaethon). Essai de détermination d'une valeur patrimoniale donnée aux oiseaux endémiques et indigènes de l'île de La Réunion. Volume 9, pages 16-21]. - BARRE N. et al. 1996. Oiseaux de La Réunion. Orphie Ed. 2005. 207p.
Mammifères terrestres (dont chiroptères)	- UICN, 2013 - Liste rouge des espèces menacées en France - Faune de La Réunion. 23p. - BARATAUD et al. 2013. Etude des chiroptères de La Réunion (rapport de mission). 26p. - BARATAUD et al., 2012. Identification et écologie acoustique des chiroptères de La Réunion (rapport de mission). 62 p - CACERES S., 2010. Plan de conservation de la Roussette noire (*Pteropus niger*) dans l'île de la Réunion. DIREN Réunion, ONCFS. 75p. - DIREN Réunion, 2008. Espèces déterminantes et complémentaires des ZNIEFF (Zones Naturelles d'Intérêts Ecologiques Faunistiques et Floristiques) - FOURASTE S, G. Monnier. 2017. Rapport d'exécution technique et scientifique 2016-2017. Amélioration des connaissances sur la Roussette noire, Pteropus niger, à La Réunion en vue de sa conservation. 31 p - Mission de création du Parc National des Hauts de La Réunion, 2003. Premiers éléments de connaissance du patrimoine naturel indigène des hauts de La Réunion. 256 p.

Annexe 3 – Liste des espèces végétales recensées dans la zone d'étude

Tableau 30 : Liste complète des espèces végétales recensées (Biotope, 2021-2026)

Nom scientifique	Nom vernaculaire	Statut général	Endémicité	Invasibilité	Statut Znieff	IUCN 2010	Protection régionale	Enjeu
Abelmoschus moschatus Medik.		Exotique	Non concerné	2	Non concerné	Non concerné	NON	Risque invasion potentiel
Abutilon hirtum (Lam.) Sweet		Exotique	Non concerné	1	Non concerné	Non concerné	NON	Nul
Abutilon indicum (L.) Sweet	Mauve du pays	Exotique	Non concerné	3	Non concerné	Non concerné	NON	Risque invasion modéré
Acalypha indica L.	Herbe chat	Exotique	Non concerné	3	Non concerné	Non concerné	NON	Risque invasion modéré
Actiniopteris semiflabellata Pic.Serm.	0	Indigène	Non concerné	NA	Non concerné	Taxon de préoccupation mineure	NON	Faible
Agave americana L.		Exotique	Non concerné	1	Non concerné	Non concerné	NON	Nul
Ageratum conyzoides L.	Herbe à bouc	Exotique	Non concerné	3+	Non concerné	Non concerné	NON	Espèce émergente
Albizia lebbeck (L.) Benth.	Bois noir	Exotique	Non concerné	4	Non concerné	Non concerné	NON	Espèce invasive
Aloe vera (L.) Burm. f.	Aloès amer	Exotique	Non concerné	1	Non concerné	Non concerné	NON	Nul
Alternanthera pungens Kunth	Brède emballage à piquants	Exotique	Non concerné	3	Non concerné	Non concerné	NON	Risque invasion modéré
Amaranthus hybridus L.	Brède pariétaire	?	Non concerné	NA	Non concerné	Non concerné	NON	Nul
Antigonon leptopus Hook. et Arn.	Liane antigone	Exotique	Non concerné	3	Non concerné	Non concerné	NON	Risque invasion modéré
Aristida setacea Retz.		Indigène ?	Non concerné	1	Complémentaire	Taxon quasi menacé	NON	Moyen
Arivela viscosa (L) Raf.	Pissat de chien	Exotique	Non concerné	3+	Non concerné	Non concerné	NON	Espèce émergente

Nom scientifique	Nom vernaculaire	Statut général	Endémicité	Invasibilité	Statut Znieff	IUCN 2010	Protection régionale	Enjeu
Asclepias curassavica L.	Corbeille d'or à ouate	Exotique	Non concerné	3+	Non concerné	Non concerné	NON	Espèce émergente
Asystasia gangetica (L.) T. Anderson	Herbe le rail	Exotique	Non concerné	4	Non concerné	Non concerné	NON	Espèce invasive
Barleria prionitis L.	Madame Gustave	Exotique	Non concerné	3+	Non concerné	Non concerné	NON	Espèce émergente
Boerhavia diffusa L.		Exotique ?	Non concerné	3	Non concerné	Non concerné	NON	Risque invasion modéré
Bulbostylis barbata (Rottb.) C.B. Clarke		Indigène ?	Non concerné	NA	Non concerné	Taxon en danger critique	NON	Fort
Cajanus scarabaeoides (L.) Thouars	Fausse pistache marronne	Exotique	Non concerné	3	Non concerné	Non concerné	NON	Risque invasion modéré
Cardiospermum halicacabum L.	Liane poc-poc	Exotique	Non concerné	3	Non concerné	Non concerné	NON	Risque invasion modéré
Cenchrus setigerus Vahl, XXXX		?	?	0	Non évalué	Taxon insuffisamment documenté	?	?
Chloris barbata Sw.		Exotique	Non concerné	3	Non concerné	Non concerné	NON	Risque invasion modéré
Clitoria ternatea L.	Liane madame	Exotique	Non concerné	3	Non concerné	Non concerné	NON	Risque invasion modéré
Coccinia grandis (L.) Voigt		Exotique	Non concerné	3+	Non concerné	Non concerné	NON	Espèce émergente
Coix lacryma-jobi L.	Job	Exotique	Non concerné	4	Non concerné	Non concerné	NON	Espèce invasive
Colocasia esculenta (L.) Schott	Songe	Exotique	Non concerné	4	Non concerné	Non concerné	NON	Espèce invasive
Commelina benghalensis L.	Grosse herbe de l'eau	Indigène ?	Non concerné	3	Non concerné	Taxon de préoccupation mineure	NON	Nul
Commelina diffusa Burm. f.	Petite herbe de l'eau	Indigène ?	Non concerné	NA	Non concerné	Taxon de préoccupation mineure	NON	Nul
Crotalaria berteroana DC.	La crotalaire	Exotique	Non concerné	3+	Non concerné	Non concerné	NON	Espèce émergente

Nom scientifique	Nom vernaculaire	Statut général	Endémicité	Invasibilité	Statut Znieff	IUCN 2010	Protection régionale	Enjeu
Crotalaria retusa L.	Pois rond marron	Indigène ?	Non concerné	3	Non concerné	Taxon de préoccupation mineure	NON	Nul
Croton bonplandianus Baill.		Exotique	Non concerné	3	Non concerné	Non concerné	NON	Risque invasion modéré
Cynodon dactylon (L.) Pers.	Petit-chiendent	Indigène ?	Non concerné	NA	Non concerné	Taxon de préoccupation mineure	NON	Nul
Cyperus difformis L.		Indigène ?	Non concerné	NA	Déterminant	Taxon insuffisamment documenté	NON	Fort
Cyperus involucratus Rottb.		Exotique	Non concerné	5	Non concerné	Non concerné	NON	Espèce très invasive
Cyperus laevigatus L.		Exotique ?	Non concerné	1	Non concerné	Non concerné	NON	Nul
Dactyloctenium aegyptium (L.) Willd.	Chiendent patte-poule	Indigène ?	Non concerné	NA	Non concerné	Taxon de préoccupation mineure	NON	Nul
Dactyloctenium capitatum A.Camus, 1946		?	?	0	Non évalué	Taxon insuffisamment documenté	?	?
Datura innoxia Mill.	Herbe à Sitarane	Exotique	Non concerné	3	Non concerné	Non concerné	NON	Risque invasion modéré
Desmanthus virgatus (L.) Willd.	Ti cassi	Exotique	Non concerné	3	Non concerné	Non concerné	NON	Risque invasion modéré
Dichrostachys cinerea (L.) Wight et Arn.	Kéké	Exotique	Non concerné	5	Non concerné	Non concerné	NON	Espèce très invasive
Distimake aegyptius (L.) A.R. Simões et Staples		Exotique	Non concerné	1	Non concerné	Non concerné	NON	Nul
Enneapogon cenchroides (Licht.) C.E. Hubb.		Exotique ?	Non concerné	3	Non concerné	Non concerné	NON	Risque invasion modéré
Erigeron canadensis L., 1753	Fausse camomille	Exotique	Non concerné	3+	Non concerné	Non concerné	NON	Espèce émergente
Euphorbia heterophylla L.	Herbe de lait	Exotique	Non concerné	3	Non concerné	Non concerné	NON	Risque invasion modéré
Euphorbia hirta L.	Jean Robert	Exotique	Non concerné	3	Non concerné	Non concerné	NON	Risque invasion modéré

Nom scientifique	Nom vernaculaire	Statut général	Endémicité	Invasibilité	Statut Znieff	IUCN 2010	Protection régionale	Enjeu
Euphorbia hypericifolia L.	Jean Belan	Exotique	Non concerné	3	Non concerné	Non concerné	NON	Risque invasion modéré
Ficus benghalensis L.	Banian	Exotique	Non concerné	2	Non concerné	Non concerné	NON	Risque invasion potentiel
Flacourtia indica (Burm. f.) Merr.	Prune malgache	Indigène ?	Non concerné	5	Non concerné	Taxon de préoccupation mineure	NON	Espèce très invasive
Gomphrena celosioides Mart.		Exotique	Non concerné	3	Non concerné	Non concerné	NON	Risque invasion modéré
Heritiera littoralis Aiton		Indigène ?	Non concerné	0	Non concerné	Taxon en danger critique	NON	Fort
Heteropogon contortus (L.) P. Beauv. ex Roem. et Schult.	Herbe polisson	Indigène	Non concerné	NA	Non concerné	Taxon de préoccupation mineure	NON	Faible
Hyparrhenia rufa (Nees) Stapf		Indigène ?	Non concerné	NA	Non concerné	Taxon de préoccupation mineure	NON	Nul
Indigofera hirsuta L.		Exotique	Non concerné	3	Non concerné	Non concerné	NON	Risque invasion modéré
Indigofera linifolia (L. f.) Retz.		Exotique	Non concerné	3	Non concerné	Non concerné	NON	Risque invasion modéré
Ipomoea eriocarpa R. Br.		Exotique	Non concerné	3	Non concerné	Non concerné	NON	Risque invasion modéré
Ipomoea indica (Burm.) Merr.		Exotique	Non concerné	3	Non concerné	Non concerné	NON	Risque invasion modéré
Ipomoea obscura (L.) Ker Gawl.		Exotique	Non concerné	3	Non concerné	Non concerné	NON	Risque invasion modéré
Ipomoea pes-caprae (L.) R. Br.	Patate à Durand	Indigène	Non concerné	NA	Non concerné	Taxon de préoccupation mineure	NON	Faible

Nom scientifique	Nom vernaculaire	Statut général	Endémicité	Invasibilité	Statut Znieff	IUCN 2010	Protection régionale	Enjeu
Ipomoea pes-tigridis auct. non L., 1753		?	?	0	Non évalué	Taxon insuffisamment documenté	?	?
Ipomoea purpurea (L.) Roth	Volubilis	Exotique	Non concerné	3	Non concerné	Non concerné	NON	Risque invasion modéré
Jatropha gossypiifolia L.		Exotique	Non concerné	3+	Non concerné	Non concerné	NON	Espèce émergente
Juncus effusus L.	Jonc	Indigène ?	Non concerné	NA	Non concerné	Taxon de préoccupation mineure	NON	Nul
Kohautia subverticillata (K. Schum.) D. Mantell		Exotique ?	Non concerné	1	Non concerné	Non concerné	NON	Nul
Lantana camara L.	Galabert	Exotique	Non concerné	5	Non concerné	Non concerné	NON	Espèce très invasive
Leonotis nepetifolia (L.) W.T. Aiton	Monte au ciel	Exotique	Non concerné	2	Non concerné	Non concerné	NON	Risque invasion potentiel
Leucaena leucocephala (Lam.) de Wit	Cassi	Exotique	Non concerné	5	Non concerné	Non concerné	NON	Espèce très invasive
Leucas aspera (Willd.) Link	Petit tombé	Exotique	Non concerné	0	Non concerné	Non concerné	NON	Nul
Ludwigia octovalvis (Jacq.) Raven	Herbe à bourrique	Indigène ?	Non concerné	NA	Non concerné	Taxon de préoccupation mineure	NON	Nul
Macroptilium atropurpureum (DC.) Urb.	Siratro	Exotique	Non concerné	3	Non concerné	Non concerné	NON	Risque invasion modéré
Malvastrum coromandelianum (L.) Garcke	Herbe dure	Exotique	Non concerné	1	Non concerné	Non concerné	NON	Nul
Megathyrsus maximus (Jacq.) B.K. Simon et S.W.L. Jacobs	Fataque	Exotique	Non concerné	4	Non concerné	Non concerné	NON	Espèce invasive
Melinis repens (Willd.) Zizka	Herbe rose	Indigène ?	Non concerné	3+	Non concerné	Taxon insuffisamment documenté	NON	Espèce émergente

Nom scientifique	Nom vernaculaire	Statut général	Endémicité	Invasibilité	Statut Znieff	IUCN 2010	Protection régionale	Enjeu
Melochia nodiflora Sw.		Exotique	Non concerné	3	Non concerné	sp nouvelle	NON	Risque invasion modéré
Merremia dissecta (Jacq.) Hallier f.		Exotique ?	Non concerné	1	Non concerné	Non concerné	NON	Nul
Merremia tuberosa (L.) Rendle	Rose de bois	Exotique	Non concerné	4	Non concerné	Non concerné	NON	Espèce invasive
Mesosphaerum suaveolens (L) Kuntze		Exotique ?	Non concerné	2	Non concerné	Non concerné	NON	Risque invasion potentiel
Momordica charantia L.	Margose	Exotique	Non concerné	3	Non concerné	Non concerné	NON	Risque invasion modéré
Mucuna pruriens (L.) DC.	Pois à gratter	Exotique	Non concerné	2	Non concerné	Non concerné	NON	Risque invasion potentiel
Nesaea triflora (L. f.) Kunth		Indigène	Madagascar, Comores et Mascareignes	NA	Complémentaire	Taxon en danger	NON	Fort
Oldenlandia corymbosa L.		Indigène ?	Non concerné	2	Non concerné	Non concerné	NON	Nul
Passiflora foetida L.	Ti grenadelle	Exotique	Non concerné	3+	Non concerné	Non concerné	NON	Espèce émergente
Persicaria senegalensis (Meisn.) Soják		Indigène ?	Non concerné	4	Complémentaire	Taxon de préoccupation mineure	NON	Moyen (mais présentant un enjeu d'invasibilité)
Phragmites mauritianus Kunth		Indigène ?	Non concerné	0	Déterminant	Taxon en danger	OUI	Fort
Phyllanthus amarus Schumach.	Ti tamarin blanc	Exotique	Non concerné	3	Non concerné	Non concerné	NON	Risque invasion modéré
Pistia stratiotes L.	Laitue d'eau	Exotique	Non concerné	5	Non concerné	Non concerné	NON	Espèce très invasive
Pithecellobium dulce (Roxb.) Benth.	Tamarin d'Inde	Exotique	Non concerné	3	Non concerné	Non concerné	NON	Risque invasion modéré
Pontederia crassipes Mart.	Jacinthe d'eau	Exotique	Non concerné	5	Non concerné	Non concerné	NON	Espèce très invasive

Nom scientifique	Nom vernaculaire	Statut général	Endémicité	Invasibilité	Statut Znieff	IUCN 2010	Protection régionale	Enjeu
Porophyllum ruderale (Jacq.) Cass., 1826		?	?	0	Non évalué	Taxon insuffisamment documenté	?	?
Prosopis juliflora (Sw.) DC.	Épinard	Exotique	Non concerné	5	Non concerné	Non concerné	NON	Espèce très invasive
Ricinus communis L.	Tantan	Exotique	Non concerné	3	Non concerné	Non concerné	NON	Risque invasion modéré
Schinus terebinthifolia Raddi	Faux poivrier	Exotique	Non concerné	5	Non concerné	Non concerné	NON	Espèce très invasive
Sesbania bispinosa (Jacq.) W. Wight		Exotique	Non concerné	3	Non concerné	Non concerné	NON	Risque invasion modéré
Sida acuta Burm. f.	Herbe dure	Exotique ?	Non concerné	3	Non concerné	Non concerné	NON	Risque invasion modéré
Sida cordata (Burm. f.) Borss. Waalk.		Exotique	Non concerné	3	Non concerné	Non concerné	NON	Risque invasion modéré
Solanum americanum Mill.	Brède morelle	Exotique	Non concerné	3+	Non concerné	Non concerné	NON	Espèce émergente
Sorghum halepense (L.) Pers.	Sorgho d'Alep	Exotique	Non concerné	0	Non concerné	Non concerné	NON	Nul
Stenotaphrum dimidiatum (L.) Brongn.	Herbe bourrique	Indigène ?	Non concerné	5	Non concerné	Taxon de préoccupation mineure	NON	Espèce très invasive
Stylosanthes guianensis (Aubl.) Sw.		Exotique	Non concerné	3+	Non concerné	Non concerné	NON	Espèce émergente
Taliparitti tiliaceum (L.) Fryxell	Mova	Indigène ?	Non concerné	NA	Complémentaire	Taxon en danger	OUI	Fort
Tecoma stans (L.) Juss. ex Kunth	Bois pissenlit	Exotique	Non concerné	5	Non concerné	Non concerné	NON	Espèce très invasive
Tephrosia noctiflora Bojer ex Baker		Exotique	Non concerné	3	Non concerné	Non concerné	NON	Risque invasion modéré
Tephrosia purpurea (L.) Pers.	Lentille marronne	Indigène ?	Non concerné	NA	Non concerné	Taxon de préoccupation mineure	NON	Nul

Nom scientifique	Nom vernaculaire	Statut général	Endémicité	Invasibilité	Statut Znieff	IUCN 2010	Protection régionale	Enjeu
Terminalia bentzoe (L.) L. f.	Benjoin	Indigène	Réunion, Maurice, Rodrigues	NA	Déterminant	Taxon en danger critique	OUI	Fort
Thespesia populneoides (Roxb.) Kostel.		Non concerné		0	Déterminant		OUI	Fort
Thespesia populnea (L.) Sol. ex Corrêa	Porché	Indigène ?	Non concerné	1	Complémentaire	Taxon insuffisamment documenté	NON	Moyen
Tribulus cistoides L.	Pagode	Indigène ?	Non concerné	3	Non concerné	Taxon de préoccupation mineure	NON	Nul
Trichodesma indicum (L.) Sm.	Petite herbe tourterelle	Exotique	Non concerné	1	Non concerné	Non concerné	NON	Nul
Trichodesma zeylanicum (Burm. f.) R. Br.	Herbe tourterelle	Indigène ?	Non concerné	3+	Non concerné	Taxon de préoccupation mineure	NON	Espèce émergente
Tridax procumbens L.	Casse-tout-seul	Exotique	Non concerné	3+	Non concerné	Non concerné	NON	Espèce émergente
Typha domingensis Pers.	Voune	Indigène ?	Non concerné	NA	Complémentaire	Taxon de préoccupation mineure	NON	Moyen
Urochloa mutica (Forssk.) T.Q. Nguyen		Exotique	Non concerné	3+	Non concerné	Non concerné	NON	Espèce émergente
Vachellia farnesiana (L.) Wight et Arn.	Zépinard	Exotique	Non concerné	3	Non concerné	Non concerné	NON	Risque invasion modéré
Waltheria indica L.		Exotique	Non concerné	3	Non concerné	Non concerné	NON	Risque invasion modéré
Ziziphus mauritiana Lam.	Jujube	Exotique	Non concerné	2	Non concerné	Non concerné	NON	Risque invasion potentiel
Zornia gibbosa Span.		Indigène ?	Non concerné	NA	Complémentaire	Taxon en danger	OUI	Fort

Tableaux 31 : Rappel des espèces végétales recensées lors du complément 2025 (Biotope-2026)

NOM BOTANIQUE	NOM VERNACULAIRE PRINCIPAL (Réunion)	ENDÉMICITÉ	MENACE REUNION (CBNM)	LISTE ROUGE Réunion UICN 2023	DÉTERMINATION ZNIEFF	PROTECTION RÉGIONALE	ENJEU SPECIFIQUE	ENJEU (Aire d'étude)
Thespesia populneoides (Roxb.) Kostel.	Porché	Non concerné	CR: En danger critique d'extinction	Taxon en danger critique	Déterminant	Protégé	Majeur	Majeur
Heritiera littoralis Aiton	0	Non concerné	CR: En danger critique d'extinction	Taxon en danger critique	Non concerné	Non protégé	Majeur	Majeur
Talipariti tiliaceum (L.) Fryxell	Foulsapate	Non concerné	DD : Données insuffisantes	Taxon en danger	Déterminant	Protégé	Très fort	Très fort
Phragmites mauritianus Kunth	0	Non concerné	DD : Données insuffisantes	Taxon en danger	Déterminant	Protégé	Très fort	Très fort
Thespesia populnea (L.) Sol. ex Corrêa	Porché	Non concerné	DD : Données insuffisantes	Taxon insuffisamment documenté	Déterminant	Non protégé	Moyen	Moyen
Setaria geminata (Forssk.) Veldkamp	Herbe de riz	Non concerné	VU: Vulnérable	Taxon quasi menacé	Non concerné	Non protégé	Moyen	Moyen
Heteropogon contortus (L.) P. Beauv.	Piquant jaune	Non concerné	LC: Préoccupation mineure	Taxon de préoccupation mineure	Non concerné	Non protégé	Faible	Faible
Ipomoea pes-caprae (L.) R. Br.	Patate à Durand	Non concerné	LC: Préoccupation mineure	Taxon de préoccupation mineure	Non concerné	Non protégé	Faible	Faible
Cynodon dactylon (L.) Pers.	Petit-chiendent	Non concerné	LC: Préoccupation mineure	Taxon de préoccupation mineure	Non concerné	Non protégé	Faible	Faible
Stenotaphrum dimidiatum (L.) Brongn.	Herbe bourrique	Non concerné	LC: Préoccupation mineure	Taxon de préoccupation mineure	Non concerné	Non protégé	Faible	Faible
Trianthema portulacastrum L.	Pourpier courant	Non concerné	LC: Préoccupation mineure	Taxon de préoccupation mineure	Non concerné	Non protégé	Faible	Faible

Annexes

NOM BOTANIQUE	NOM VERNACULAIRE PRINCIPAL (Réunion)	ENDÉMICITÉ	MENACE REUNION (CBNM)	LISTE ROUGE Réunion UICN 2023	DÉTERMINATION ZNIEFF	PROTECTION RÉGIONALE	ENJEU SPECIFIQUE	ENJEU (Aire d'étude)
Pandanus utilis Bory	Vacoi	?	LC: Préoccupation mineure	Taxon de préoccupation mineure	Non concerné	Non protégé	Faible	Faible
Cyperus aromaticus (Ridl.) Mattf. et Kük.	Jambélon	Non concerné	DD: Données insuffisantes	Taxon de préoccupation mineure	Non concerné	Non protégé	Faible	Faible
Cyperus dubius Rottb.	0	Non concerné	LC: Préoccupation mineure	Taxon de préoccupation mineure	Non concerné	Non protégé	Faible	Faible
Melinis repens (Willd.) Zizka	Herbe rose	Non concerné	DD: Données insuffisantes	Taxon de préoccupation mineure	Non concerné	Non protégé	Faible	Faible
Terminalia catappa L.	Badamier	Non concerné	DD: Données insuffisantes	DD ou NE	Non concerné	Non protégé	Négligeable	Négligeable

ANNEXE 3 Etude Bruit – ARTELIA

Prolongement de l’axe mixte

Étude acoustique

RAPPORT D’ÉTUDE

ARTELIA / MARS 2023 / 8518256

Prolongement de l'axe mixte

Étude acoustique

Rapport d'Étude

VERSION	DESCRIPTION	ÉTABLI(E) PAR	APPROUVÉ(E) PAR	DATE
V0	Première version	GCN	MMD	Janvier 2023
V1	Intégration impacts sur ZAC Cambaie	GCN	ERY	Mars 2023
V2	Dimensionnement écran acoustique	GCN	ERY	Mars 2023
V3	Reprise modélisation secteur 2 (caractéristique voirie + écran)	ERY	ERY	Mars 2023

Unité Risques Industriels & maritimes, Sanitaires et Chimiques
2 avenue Lacassagne, 69 425 Lyon Cedex 03 – TEL : 04 37 65 38 00

SOMMAIRE

1. INTRODUCTION 6
2. TERMINOLOGIE 7
3. RÈGLEMENTATION 11
   3.1. Dispositions réglementaires pour les nouvelles infrastructures de transport ou les infrastructures modifiées de transport 11
      3.1.1. Aménagements concernés 11
      3.1.2. Principe d'antériorité 11
      3.1.3. Notion de zone d'ambiance sonore modérée 12
      3.1.4. Obligation de résultat : limitation de l'impact sonore 12
      3.1.5. Obligation de moyens : étude d'impact et mesures de protection 13
   3.2. Niveaux de bruit émis par les infrastructures de transports terrestre 13
      3.2.1. Classement des infrastructures de transport existantes 13
      3.2.2. Considération des zones clames 14
   3.3. Cartes de bruit stratégiques et recensement de la population existante soumise au bruit des grandes infrastructures de transport 14
      3.3.1. Cartes stratégiques du bruit (CSB) 15
      3.3.2. Plan de prévention du bruit dans l'environnement (PPBE) 15
4. CONTEXTE RÉGLEMENTAIRE AU SEIN DE LA ZONE D'ÉTUDE 17
   4.1. Classement des infrastructures de transport existantes 17
   4.2. Cartes stratégiques du bruits (CSB) et Plan de prévention du bruit dans l'environnement (PPBE) 18
5. ÉTAT ACOUSTIQUE INITIAL 21
   5.1. Caractérisation de l'état initial par des mesures in-situ 21
   5.2. Caractérisation de l'état initial par modélisation 23
      5.2.1. Hypothèses 23
      5.2.2. Validation des résultats de la modélisation 24
      5.2.3. Résultats de la modélisation 25
6. IMPACTS DIRECTS DU PROJET SUR L'ENVIRONNEMENT SONORE ET MESURES DE RÉDUCTION ENVISAGÉES 28

6.1. Contribution de la nouvelle voirie seule – Horizons 2027 et 2047 29
6.1.1. Cartographie du bruit 29
6.1.2. Evaluation en façade des bâtiments existants 36
6.2. Mesures de réduction du bruit 37
6.3. cartographie du bruit 37
6.3.1. Scénario fil de l'eau 2027 38
6.3.2. Scénario projet 2027 39
6.3.3. Scénario fil de l'eau 2047 40
6.3.4. Scénario projet 2047 41
6.4. Définition des impacts 42
7. CONCLUSION 44
1- RAPPORT DE MESURAGE 45
2- HYPOTHÈSES TRAFIC 45
ANNEXE 1 RAPPORT DE MESURAGE 46
SOMMAIRE 49
TABLEAUX 50
FIGURES 51
1. INTRODUCTION 53
2. RAPPEL ET DEFINITIONS 54
3. MOYENS ET PROCÉDURES MIS EN ŒUVRE 57
3.1. Appareillage utilisé 57
3.2. Paramètres mesurés 57
3.3. Période de mesures 57
3.4. Localisation des stations de mesures 57
4. RÉSULTATS DES MESURES ET DISCUSSION 60
3- RÉSULTATS DETAILLÉS DES MESURES 64
4- VALIDATION DES RESULTATS DE MESURE 64
ANNEXE 1 RÉSULTATS DÉTAILLÉS DES MESURES 65

ANNEXE 2 VALIDATION DES RESULTATS DE MESURE 72
ANNEXE 2 HYPOTHÈSES TRAFIC..... 81

TABLEAUX

Tableau 1 - Opération sur les décibels 8
Tableau 2 - Échelle sensible du dB(A) 8
Tableau 3 - Légende de l'échelle sensible du dB(A) 9
Tableau 4 - Estimation de la tonalité marquée 10
Tableau 5 - Critère de zone d'ambiance sonore modérée 12
Tableau 6 - Niveaux maximaux admissibles pour les indicateurs de gêne due au bruit d'une infrastructure routière nouvelle 12
Tableau 7 - Classification des infrastructures routières (Article 4 de l'arrêté du 30 mai 1996) ... 14
Tableau 8 - Valeurs limites en dB(A) - article 7 de l'arrêté du 4 avril 2006 15
Tableau 9 - Classement sonore dans la zone d'étude 17
Tableau 10 - Résultats des mesures 21
Tableau 11 - Validation des résultats avec les mesures 25
Tableau 12 - Évaluation en façade de bâtiment à l'état initial 27
Tableau 13 - Trafic sur l'axe mixte pour les scénarios projets aux horizons 2027 et 2047 28
Tableau 14 - Évaluation en façade de bâtiment – Contribution sonore de la voie nouvelle seule 36
Tableau 15 - Niveaux sonores au droit des bâtiments dépassants les seuils réglementaires avec et sans écran acoustique .....Erreur ! Signet non défini.
Tableau 16 Opération sur les décibels 54
Tableau 17 Echelle sensible du dB(A) 55
Tableau 18 Estimation de la tonalité marquée 56
Tableau 19 Coordonnées des points de mesures acoustiques 58
Tableau 20 Synthèse des résultats 62
Tableau 21 Validation du test de répartition gaussienne pour le point PF1 74
Tableau 22 Validation du test de répartition gaussienne pour le point PF2 75
Tableau 23 Validation du test de répartition gaussienne pour le point PF3 76
Tableau 24 Validation du test de corrélation bruit / trafic pour le point PF1 78
Tableau 25 Validation du test de corrélation bruit / trafic pour le point PF2 79
Tableau 26 Validation du test de corrélation bruit / trafic pour le point PF3 80

FIGURES

Figure 1 - Bruit ambiant, bruit particulier, bruit résiduel et émergence 7
Figure 2 - Secteurs affectés par le bruit tels que désignés par l'arrêté préfectoral sur le classement sonore des infrastructures routières (Source : http://administration.reunion.gouv.fr) Remarque : La zone du projet est représentée par le rectangle noir 17
Figure 3 - Carte de bruit stratégique type A - Lden 18
Figure 4 - Carte de bruit stratégique type A – Lnight 19
Figure 5 - Carte de bruit stratégique type C – Lden 19
Figure 6 - Carte de bruit stratégique type C - Lnight 20
Figure 7 - Localisation des points de mesure et résultats 22
Figure 8 – Carte des isophones à 4 m du sol à l'état initial pour la période jour 26
Figure 9 – Carte des isophones à 4 m du sol à l'état initial pour la période nuit 26
Figure 10 - Évaluation en façade de bâtiment à l'état initial 27
Figure 11 - Identification des différentes sections (1&2) de l'axe mixte et localisation de la coupe verticale 29

Figure 12 - Carte des isophones à 1m50 du sol - nouvelle voirie scénario projet 2027 - Période diurne 30
Figure 13 - Carte des isophones à 4m du sol - nouvelle voirie scénario projet 2027 - Période diurne 30
Figure 14 - Carte des isophones à 1m50 du sol - nouvelle voirie scénario projet 2027 - Période nocturne..... 31
Figure 15 - Carte des isophones à 4m du sol - nouvelle voirie scénario projet 2027 - Période nocturne..... 31
Figure 16 - Carte des isophones à 1m50 du sol - nouvelle voirie scénario projet 2047 - Période diurne 32
Figure 17 - Carte des isophones à 4m du sol - nouvelle voirie scénario projet 2047 - Période diurne 32
Figure 18 - Carte des isophones à 1m50 du sol - nouvelle voirie scénario projet 2047 - Période nocturne..... 33
Figure 19 - Carte des isophones à 4m du sol - nouvelle voirie scénario projet 2047 - Période nocturne..... 33
Figure 20 - Coupe verticale de la contribution sonore de la nouvelle voirie à proximité de la future ZAC – Horizon 2027..... 34
Figure 21 - Coupe verticale de la contribution sonore de la nouvelle voirie à proximité de la future ZAC – Horizon 2047..... 35
Figure 22 - Évaluation en façade des bâtiments - Contribution sonore de la voie nouvelle seule36
Figure 23 - Localisation des différentes protections acoustiques étudiées..... Erreur ! Signet non défini.
Figure 24 - Carte des isophones scénario fil de l'eau 2027 - Période diurne 38
Figure 25 - Carte des isophones scénario fil de l'eau 2027 - Période nocturne 38
Figure 26 - Carte des isophones scénario projet 2027 - Période diurne..... 39
Figure 27 - Carte des isophones scénario projet 2027 - Période nocturne..... 39
Figure 28 - Carte des isophones scénario fil de l'eau 2047 - Période diurne 40
Figure 29 - Carte des isophones scénario fil de l'eau 2047 - Période nocturne 40
Figure 30 - Carte des isophones scénario projet 2047 - Période diurne..... 41
Figure 31 - Carte des isophones scénario projet 2047 - Période nocturne..... 41
Figure 32 - Variation de bruit sur les voies adjacentes entre les scénarios file de l'eau et projet axe mixte à l'horizon 2027..... 43
Figure 33 - Variation de bruit sur les voies adjacentes entre les scénarios file de l'eau et projet axe mixte à l'horizon 2047..... 43
Figure 134 Localisation des points de mesures 59
Figure 235 Résultats des mesures Bruit..... 61

1. INTRODUCTION

Le prolongement de l'axe mixte est un projet de liaison routière entre la route nationale 7 (axe mixte déjà existant) et la route nationale 1A, situé au Nord-Ouest de la ville de Saint-Paul à La Réunion. Ce projet de nouvelle infrastructure est fortement lié au projet de la création d'une Zone d'Aménagement Concerté (ZAC) Cambaie oméga qui s'inscrit dans la démarche plus globale de l'Eco-cité insulaire et tropicale de la Réunion.

Ce projet comprend la création des éléments suivants :

- une infrastructure de liaison 2x1 reliant la RN7 à la RN1A,
- des dessertes de la future ZAC Cambaie oméga,
- une infrastructure de déplacement éco-responsable (voies de bus et pistes cyclable) reliant la RN7 et la RN1A.

Le prolongement de l'axe mixte s'insère donc dans un projet global d'aménagement du secteur Cambaie et aura pour objectifs :

- de relier la zone industrielle de Cambaie et la zone nord de l'étang de Saint-Paul,
- de desservir de manière optimale les zones d'aménagement existantes et futures,
- de renforcer le réseau des liaisons douces (piétons et cycles).

Le projet s'inscrit dans le cadre de la réglementation du bruit des infrastructures de transport terrestre, création de voie nouvelle. Une étude d'impact acoustique est alors nécessaire.

En effet, le maître d'ouvrage d'une infrastructure nouvelle ou faisant l'objet d'une transformation significative (c'est-à-dire susceptible d'induire après travaux, une augmentation du niveau sonore de plus de 2 dB(A)) doit prendre en compte les nuisances sonores dès la conception du projet d'aménagement. La limitation de l'impact acoustique de l'infrastructure concerne les bâtiments dits sensibles au bruit (logements, locaux d'enseignement, de soins, de santé et d'action sociale, bureaux) et ayant été autorisés avant l'existence administrative de l'infrastructure.

L'étude a pour objectif la définition de la contribution acoustique de la nouvelle liaison et la définition éventuelle des mesures acoustiques à mettre en œuvre afin de respecter les seuils définis dans la réglementation.

Elle comprend les étapes suivantes :

- L'établissement d'un état initial :
  - Par des mesures acoustiques de constat environnemental,
  - Avec la construction d'un modèle numérique acoustique, représentatif de l'état initial sur la base des données de trafic fournies selon la norme XP S 31-133 ; les mesures de constat sur site permettent d'optimiser le modèle.

- La définition des effets directs du projet sur l'environnement sonore et les mesures éventuelles associées suite à la création de la jonction avec :
  - La cartographie de la contribution sonore du projet de liaison routière ;
  - L'évaluation en façade des bâtiments les plus proches du projet de liaison routière ;
  - Le cas échéant, la définition des mesures de réduction nécessaires.

2. TERMINOLOGIE

- **Bruit ambiant**

Bruit total existant dans une situation donnée pendant un intervalle de temps donné. Il est composé de l'ensemble des bruits émis dans l'environnement par toutes les sources proches et éloignées.

Note : Bruit ambiant = Bruit résiduel + Bruit particulier

- **Bruit particulier**

Composante du bruit ambiant pouvant être identifiée spécifiquement et que l'on désire distinguer du bruit ambiant notamment parce qu'il est l'objet d'une requête.

Note : Bruit particulier = source en fonctionnement.

- **Bruit résiduel**

Bruit ambiant, en l'absence du (des) bruit(s) particulier(s), objet(s) de la requête considérée.

Note : Bruit résiduel = Bruit sans la source

- **Emergence**

L'émergence est la modification du niveau sonore du bruit ambiant (bruit résiduel) produit par l'apparition ou la disparition du bruit particulier.

Elle est définie réglementairement comme la différence entre les niveaux de pression continus équivalents pondérés A du bruit ambiant (par exemple d'un établissement en fonctionnement) et du bruit résiduel (en l'absence du bruit généré par ce même établissement) – Article 2 de l'arrêté du 23 janvier 1997 relatif à la limitation des bruits émis dans l'environnement par les installations classées pour la protection de l'environnement.

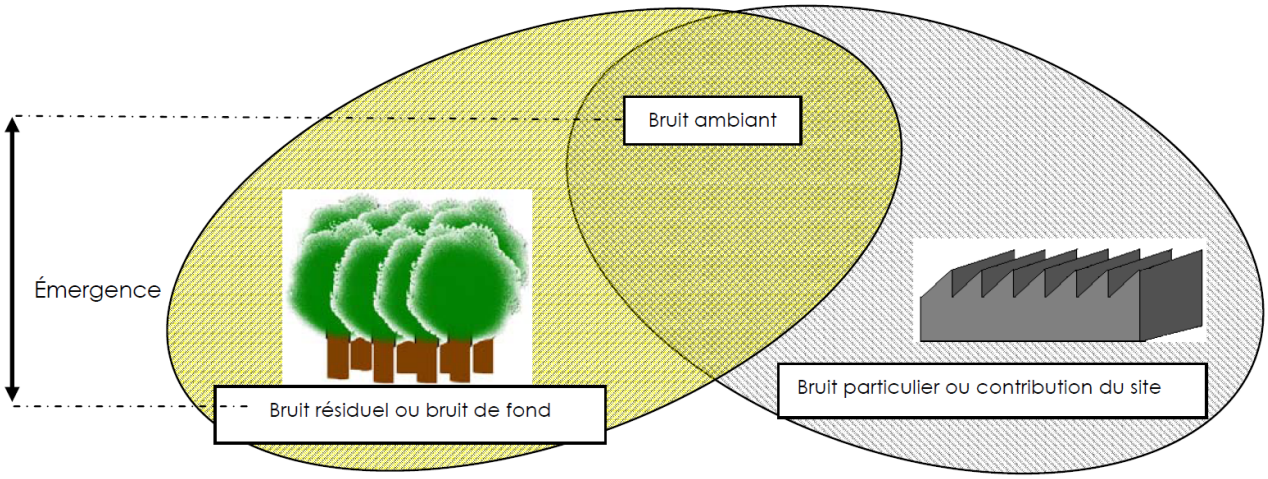


Figure 1 - Bruit ambiant, bruit particulier, bruit résiduel et émergence

- **Le décibel**

Le décibel est une échelle de mesure logarithmique en acoustique, c'est un terme sans dimension. Il est noté dB. Il est à remarquer que 80dB + 80dB = 83 dB et 80dB + 90dB = 90dB.

Le tableau ci-dessous présente l'augmentation du niveau sonore en fonction du nombre de sources (source : BruitParif).

Tableau 1 - Opération sur les décibels

Multiplier l'énergie sonore par	C'est augmenter le niveau sonore de	C'est faire varier l'impression sonore	Observation
2	3 dB	Très légèrement	On fait difficilement la différence
4	6 dB	Nettement	On constate clairement une aggravation
10	10 dB	De manière flagrante	On a l'impression que le bruit est 2 fois plus fort
100	20 dB	Comme si le bruit était 4 fois plus fort	Une variation brutale de 20 dB peut distraire l'attention
100 000	50 dB	Comme si le bruit était 30 fois plus fort	Une variation brutale de 50 dB fait sursauter

- **Le décibel A : dB(A)**

La lettre « A » signifie que le décibel est pondéré pour tenir compte de la différence de sensibilité de l'oreille à chaque fréquence. Elle atténue les basses fréquences.

Afin de mieux interpréter la cartographie des contributions, le tableau ci-dessous donne à titre d'exemple des valeurs indicatives concrètes et usuelles de niveaux acoustiques.

Tableau 2 - Échelle sensible du dB(A)

Lieux extérieurs	*Niveaux sonores dB(A)*	*Lieux intérieurs*	*Distance parole*
Avion au décollage	140		Nulle
Voiture de course	120		Nulle
Petit avion à réaction, décollage à 50 m	100	Banc d'essai de moteur Bruit dangereux Chaîne hi-fi, baladeur au niveau maximum	Nulle
Aboiement d'un chien, appareil de bricolage (scie circulaire)	90	Bruit dangereux pour 8 heures d'exposition	Nulle
Cour d'usine bruyante A 3 m d'une route (4000 véhicules/heure)	80	Atelier très bruyant Cantine scolaire	Faible à voix criée
Zone industrielle Forte circulation en ville	70	Atelier mécanique courante Téléphonie, Téléviseur,	Limite de la parole normale
	65	Salle de classe bruyante	1 m
Zone industrielle moyenne Trafic urbain	60	Salle bruyante, grand restaurant, « Open space »	Conversation normale
Trafic urbain modéré Zone urbaine active	55	Limite d'exposition sonore journalière recommandé par l'OMS, sur une base de 16 heures d'exposition	3 m
Trafic urbain faible Zone résidentielle urbaine	50	Salle de réunion, bureau collectif, Restaurant calme, secrétariat	
	45		10 m
Zone résidentielle calme	40	Appartement calme (jour) Limite d'exposition sonore nocturne recommandée par l'OMS, sur une base de 8 heures d'exposition	
	35		Voix faible à plus de 5 m

Lieux extérieurs	*Niveaux sonores dB(A)*	*Lieux intérieurs*	*Distance parole*
Zone rurale de jour, loin des routes, Zone résidentielle de nuit	30	Bureau très calme, salle de séjour résidence ou immeuble sur cour, salle de conférence, hôpital	
Zone rurale de nuit sans vent, loin des routes	20	Studio de radiodiffusion, pièce très isolée.	

Tableau 3 - Légende de l'échelle sensible du dB(A)

Calme
Bruits courants
Bruyant
Pénible, nocif
Difficilement supportable, dangereux
Seuil de la douleur

- **Bande d'octaves et niveau global**

La sensation de l'oreille en fréquence n'est pas linéaire. Plus elle est élevée, plus il faut une grande variation de cette fréquence pour que l'impression de variation reste constante. Des valeurs de fréquences en Hertz sont normalisées pour exprimer cette sensation notée :

L31,5 L63 L125 L250 L500 L1k L2k L4k L8k

Nous parlerons ici d'octave comme les musiciens.

Le niveau global correspond à la somme d'énergie de toutes les bandes d'octave. Le niveau global est noté L.

- **Niveau de pression acoustique continu équivalent pondéré A**

Le niveau de pression acoustique continu équivalent pondéré A, noté LAeq est la valeur du niveau de pression acoustique pondéré A d'un son continu stable qui, au cours d'une période spécifiée T, a la même pression acoustique quadratique moyenne qu'un son considéré dont le niveau varie en fonction du temps. Il est défini par la formule :

$$L_{Aeq,T} = 10 \times \log\left[\frac{1}{t_2 - t_1}\int_{t_1}^{t_2}\frac{P_A^2(t)}{P_0^2}dt\right]$$

Avec :

- $L_{Aeq,T}$ le niveau de pression acoustique continu équivalent pondéré A, en décibels, déterminé pour un intervalle de temps T qui commence à t_1 et se termine à t_2.
- P_0 la pression acoustique de référence (20 µPa) ;
- P_A (t) la pression acoustique instantanée pondérée A du signal.

- **Niveau acoustique fractile**

Le niveau fractile est exprimé en dB(A), il est symbolisé par le paramètre $L_{AN,T}$, où N est compris entre 0 et 100 (par exemple: $LA_{10,T}$, ..., $LA_{90,T}$, $LA_{95,T}$, ...). Il exprime le niveau sonore dépassé pendant un pourcentage de temps N (10%, ..., 90%, 95%, ...) par rapport à la durée totale de la mesure. Les valeurs LA_1 et LA_5 caractérisent généralement les niveaux de pointes tandis que les valeurs LA_{90} et LA_{95} caractérisent les niveaux de bruit de fond. A indique qu'il s'agit de bruit pondéré A et T donne la durée d'intégration.

- **Tonalité marquée**

La tonalité marquée est détectée dans un spectre non pondéré de tiers d'octave quand la différence de niveau entre la bande de tiers d'octave et les quatre bandes de tiers d'octave les plus proches (les deux bandes immédiatement inférieures et les deux bandes immédiatement supérieures) atteint ou dépasse les niveaux indiqués dans le tableau ci-après pour la bande considérée :

Tableau 4 - Estimation de la tonalité marquée

Cette analyse se fera à partir d'une acquisition minimale de 10 s		
50 Hz à 315 Hz	400 Hz à 1250 Hz	1600 Hz à 8000 Hz
10 dB	5 dB	5 dB

Les bandes sont définies par fréquence centrale de tiers d'octave.

- **Isolement acoustique standardisé pondéré D_nT,A et D_nT,A,tr**

L'isolement acoustique standardisé pondéré est défini selon la norme NF EN ISO 717-1. Cet indice qui s'exprime en dB, permet de caractériser par une seule valeur, l'isolement acoustique en réponse à un bruit de spectre donné et est mesuré in situ entre deux locaux (DnT,A) ou entre l'extérieur du bâtiment et un local (DnT,A,tr).

3. REGLEMENTATION

3.1. DISPOSITIONS REGLEMENTAIRES POUR LES NOUVELLES INFRASTRUCTURES DE TRANSPORT OU LES INFRASTRUCTURES MODIFIEES DE TRANSPORT

La réglementation relative au bruit du trafic routier pose les principes de la protection contre le bruit des bâtiments riverains des projets d'infrastructures ou des infrastructures existantes devant être aménagées ou modifiées. Ainsi, toute route nouvelle ou route existante modifiée de manière significative (augmentation des niveaux sonores supérieure à 2 dB(A) après travaux) ne peut dépasser, de nuit comme de jour, des seuils déterminés d'impact sonore en façade des bâtiments riverains. Le maître d'ouvrage de l'infrastructure est donc soumis à une obligation de résultat : il se doit d'assurer une protection antibruit, respectant la réglementation.

Elle s'appuie sur les textes suivants :

- Les articles L. 571-2 et suivant du Code de l'environnement dont en particulier l'article L. 571-9 (article 12 de loi n°92-1444 du 31 décembre 1992)
- Les articles R. 571-44 à R. 571-52 du Code de l'environnement (Décret n°95-22 du 9 janvier 1995 relatif à la limitation du bruit des aménagements et infrastructures de transports terrestres)
- L'arrêté du 5 mai 1995 relatif au bruit des infrastructures routières
- La circulaire n°97-110 du 12 décembre 1997 relative à la prise en compte du bruit dans la construction de routes nouvelles ou l'aménagement de routes existantes du réseau national.

3.1.1. Aménagements concernés

Sont concernées par la réglementation, les infrastructures nouvelles et les transformations significatives d'une infrastructure existante – c'est-à-dire susceptibles d'induire, après travaux, une augmentation du niveau sonore de plus de 2 dB(A).

Toutefois, certains travaux sont explicitement exclus de l'article R.571-46 du Code de l'environnement. Ainsi, les travaux d'entretien, de réparation ou de renforcement des chaussées (changement de revêtement, par ex.) ou les aménagements ponctuels (ralentisseurs par exemple), ne constituent pas une modification significative. La notion de modification ou transformation significative est détaillée dans les annexes de la circulaire 97-110 du 12 décembre 1997 relative à la prise en compte du bruit dans la construction de routes nouvelles ou l'aménagement de routes existantes.

3.1.2. Principe d'antériorité

La limitation de l'impact acoustique de l'infrastructure concerne les bâtiments dits sensibles au bruit (logements, locaux d'enseignement, de soins, de santé et d'action sociale, bureaux) et ayant été autorisés avant l'existence administrative de l'infrastructure.

Une habitation bénéficie de l'antériorité si le dépôt du permis de construire est antérieur à la date d'ouverture de l'enquête préalable à la Déclaration d'Utilité Publique (DUP) portant sur le projet de création de l'ouvrage, ou sur le projet de transformation significative de l'ouvrage dès lors que cette transformation n'était pas prévue à l'origine.

L'application de ce principe d'antériorité est décrite par l'article R.571-51 du Code de l'environnement et au paragraphe 1.4 de la circulaire 97-110 du 12 décembre 1997 relative à la prise en compte du bruit dans la construction de routes nouvelles ou l'aménagement de routes existantes.

3.1.3. Notion de zone d'ambiance sonore modérée

La notion d'ambiance sonore modérée est définie par l'article 2 de l'arrêté du 5 mai 1995 et détaillée dans les annexes de la circulaire 97-110 du 12 décembre 1997 relative à la prise en compte du bruit dans la construction de routes nouvelles ou l'aménagement de routes existantes.

Tableau 5 - Critère de zone d'ambiance sonore modérée

Critère	LAeq (6h - 22h)	LAeq (22h - 6h)
Le bruit ambiant existant à 2 m en avant des façades des bâtiments avant la réalisation de l'aménagement projeté	<65	<60

À l'exception de cas particuliers où des disparités importantes sont observées, l'appréciation de ce critère d'ambiance sonore modérée est recherchée pour des zones homogènes du point de vue de l'occupation des sols et non par façade de bâtiment.

3.1.4. Obligation de résultat : limitation de l'impact sonore

Les seuils à respecter dépendent :

- de l'état initial de l'ambiance sonore extérieure et de la nature des locaux : les zones les plus calmes sont davantage protégées, les locaux d'enseignement sont mieux protégés que les bureaux, …
- du type d'aménagement – infrastructure nouvelle ou modification significative.

L'article 2 de l'arrêté du 5 mai 1995 relatif au bruit des infrastructures routières, définit les niveaux maximaux admissibles en façade pour la contribution d'une infrastructure nouvelle.

Tableau 6 - Niveaux maximaux admissibles pour les indicateurs de gêne due au bruit d'une infrastructure routière nouvelle

Usage et nature des locaux	LAeq (6h - 22h) (1)	LAeq (22h - 6h) (1)
Etablissements de santé, de soins et d'action sociale (2)	60 dB(A)	55 dB(A)
Etablissements d'enseignement (à l'exclusion des ateliers bruyants et des locaux sportifs)	60 dB(A)	
Logements en zone d'ambiance sonore préexistante modérée	60 dB(A)	55 dB(A)
Autres logements	65 dB(A)	60 dB(A)
Locaux à usage de bureaux en zone d'ambiance sonore préexistante modérée	65 dB(A)	
(1) Ces valeurs sont supérieures de 3 dB(A) à celles qui seraient mesurées en champ libre ou en façade, dans le plan d'une fenêtre ouverte, dans les mêmes conditions de trafic, à un emplacement comparable. Il convient de tenir compte de cet écart pour toute comparaison avec d'autres réglementations qui sont basées sur des niveaux sonores maximaux admissibles en champ libre. (2) Pour les salles de soin et les salles réservées au séjour de malades, ce niveau est abaissé à 57 dB(A).		

L'article 3 de l'arrêté du 5 mai 1995 relatif au bruit des infrastructures routières, définit les niveaux maximaux admissibles lors d'une modification ou transformation significatives :

- Si la contribution sonore de l'infrastructure avant travaux est inférieure aux valeurs prévues à l'article 2 mentionnée ci-dessus, elle ne pourra excéder ces valeurs après travaux ;
- Dans le cas contraire, la contribution sonore, après travaux, ne doit pas dépasser la valeur existant avant travaux, sans pouvoir excéder 65 dB(A) en période diurne et 60 dB(A) en période nocturne.

3.1.5. Obligation de moyens : étude d'impact et mesures de protection

Les obligations du maître d'ouvrage portent également sur le contenu de l'étude d'impact, qui doit notamment comporter :

- une analyse de l'ambiance sonore initiale ;
- la prévision des impacts acoustiques à court terme (chantier) et à long terme (les seuils doivent être respectés sur la durée d'utilisation de la route).

Pour respecter les seuils réglementaires, le maître d'ouvrage doit privilégier la réduction du bruit à la source (caractéristiques géométriques de l'infrastructure, écrans acoustiques, revêtements de chaussées peu bruyants, etc.).

L'isolation acoustique de façade des bâtiments, solution de dernier recours qui n'est envisagée que pour des motifs techniques, économiques ou environnementaux, doit satisfaire à des performances minimales d'isolation acoustique à obtenir après travaux.

L'article 4 de l'arrêté du 5 mai 1995 relatif au bruit des infrastructures routières définit l'isolement acoustique contre les bruits extérieurs tel que :

$$DnT, A, tr \geq LAeq - Obj + 25$$

Avec :

- LAeq : contribution de l'infrastructure en façade
- Obj : contribution maximale admissible en façade selon les articles 2 et 3 de l'arrêté du 5 mai 1995
- DnT,A,tr[1] est l'isolement acoustique standardisé pondéré défini selon la norme NF EN ISO 717-1 intitulée «Evaluation de l'isolement acoustique des immeubles et des éléments de construction» (indice de classement français S 31-032-1).

3.2. NIVEAUX DE BRUIT EMIS PAR LES INFRASTRUCTURES DE TRANSPORTS TERRESTRE

3.2.1. Classement des infrastructures de transport existantes

Dans chaque département, le préfet est chargé de recenser et de classer les infrastructures de transports terrestres en cinq catégories en fonction de leurs caractéristiques sonores et du trafic, selon les modalités définies dans l'arrêté ministériel du 30 mai 1996.

Doivent être classées :

- Toutes les routes dont le trafic est supérieur à 5 000 véhicules par jour qu'il s'agisse de routes nationales, départementales ou communales,
- Les lignes ferroviaires interurbaines assurant un trafic journalier moyen de plus de 50 trains par jour,
- Toutes les voies de bus en site propre ou lignes ferroviaires urbaines comptant un trafic moyen de plus de 100 bus/trains par jour.

De part et d'autre des infrastructures classées sont déterminés des secteurs dont la distance à la voie de circulation varie entre 10 et 300 mètres, selon leur catégorie sonore. Ces secteurs représentent les zones où les niveaux sonores

[1] Cet indice est noté DnAT isolement acoustique normalisé contre les bruits extérieurs dans l'arrêté du 5 mai 1995. Depuis le 1er janvier 2000 les normes européennes ont défini de nouveaux indices, dans le cas des spectres routiers, DnAT est approximativement égal à DnT,A,tr.

dans l'environnement dépassent ou risquent de dépasser à terme, du seul fait des infrastructures de transports terrestres, un niveau sonore de 60 dB(A) en période jour.

Tableau 7 - Classification des infrastructures routières (Article 4 de l'arrêté du 30 mai 1996)

Niveau sonore de référence LAeq (6h-22h) en dB(A)	Niveau sonore de référence LAeq (22h-6h) en dB(A)	Catégorie de l'infrastructure	Largeur maximale des secteurs affectés par le bruit
L > 81	L > 76	1	300 m
76 < L < 81	71 < L < 76	2	250 m
70 < L < 76	65 < L < 71	3	100 m
65 < L < 70	60 < L < 65	4	30 m
60 < L < 65	55 < L < 60	5	10 m

Au-delà des obligations réglementaires applicables aux futurs bâtiments, le classement sonore des voies bruyantes peut servir de base aux collectivités compétentes pour mener des actions locales cohérentes dans le domaine de l'urbanisme et des déplacements, en vue de prévenir ou réduire l'exposition au bruit dans les secteurs les plus affectés.

3.2.2. Considération des zones clames

Pour limiter les nuisances sonores, les communes doivent identifier et préserver des zones dites « calmes ».

L'article L.572-6 du Code de l'environnement transposant la directive européenne 2002/49/CE sur la gestion et l'évaluation du bruit dans l'environnement en droit français définit les zones calmes par des **« espaces extérieurs remarquables par leur faible exposition au bruit, dans lesquels l'autorité qui établit le plan souhaite maîtriser l'évolution de cette exposition compte tenu des activités humaines pratiquées ou prévues ».**

Une zone calme pourrait être définie comme telle si son bruit ambiant ne dépasse pas un certain seuil d'intensité sonore mesurée en décibels. Mais ce n'est pas suffisant : le calme ne doit pas être appréhendé comme le strict opposé du bruit, mais plutôt comme un sujet par nature multifactoriel. **« Le critère acoustique n'est pas suffisant, la notion de calme est plus subjective, plus psychologique ».**

3.3. CARTES DE BRUIT STRATEGIQUES ET RECENSEMENT DE LA POPULATION EXISTANTE SOUMISE AU BRUIT DES GRANDES INFRASTRUCTURES DE TRANSPORT

La directive européenne 2002/49/CE du 25 juin 2002 relative à l'évaluation et à la gestion du bruit dans l'environnement impose l'élaboration de cartes stratégiques du bruit (CSB), et à partir de ce diagnostic, des plans de prévention du bruit dans l'environnement (PPBE). Elle est transposée dans le droit français par les articles L.572-1 à L.572-11 du code de l'environnement, par le décret du 24 mars 2006 et l'arrêté du 4 avril 2006.

Depuis 2012 (échéance 2 de la mise en œuvre de la directive), les cartes de bruit et les plans de prévention sont requis pour les grandes infrastructures de transport (plus de 3 millions de véhicules par an pour les infrastructures routières et autoroutières soit 8 200 véh/jour et plus de 30 000 passages de train pour les infrastructures ferroviaires soit 82 trains par jour) et pour les grandes agglomérations (supérieures à 100 000 habitants). Ils sont réexaminés, voir révisés, tous les 5 ans minimum.

3.3.1. Cartes stratégiques du bruit (CSB)

Les cartes de bruit stratégiques permettent l'évaluation globale de l'exposition au bruit dans l'environnement et l'établissement des prévisions générales de son évolution. Elles représentent les niveaux de bruit, mais également un dénombrement de la population exposée. Elles sont établies avec les indicateurs harmonisés à l'échelle de l'union européenne Lden (pour les 24h) et Ln (pour la nuit). Le Lden correspond à une moyenne sur l'année des bruits relevés aux différentes périodes de la journée auxquelles sont appliquées des pondérations pour les périodes les plus sensibles : + 5 dB(A) en soirée (18h-22h) et +10 dB(A) la nuit (22h-6h). Contrairement au LAeq, le Lden n'est donc pas un niveau de bruit réel ou mesuré. Il est défini par la formule suivante :

$$Lden = 10 \times \log \frac{1}{24}\left(12 \times 10^{\frac{L_{day}}{10}} + 4 \times 10^{\frac{L_{evening}+5}{10}} + 8 \times 10^{\frac{L_{night}+10}{10}}\right)$$

Avec :

- L_{day} le niveau de bruit moyen LAeq représentatif d'une journée de 12h (soit en France 6h-18h)
- $L_{evening}$ le niveau de bruit moyen LAeq représentatif d'une soirée de 4h (soit en France 18h-22h)
- L_{night} le niveau de bruit moyen LAeq représentatif d'une nuit de 8h (soit en France 22h-6h)

Les cartes de bruit comprennent pour ces deux indicateurs des documents graphiques représentant :

- Cartes de type A : les zones exposées au bruit à l'aide de courbes isophones par pas de 5 en 5 dB(A) ;
- Cartes de type B : les secteurs affectés par le bruit tels que désignés par le classement sonore des infrastructures de transport terrestres ;
- Cartes de type C : les courbes isophones des zones où le Lden et le Ln dépassent les valeur limites définies dans l'arrêté du 4 avril 2006 ;
- Cartes de type D : éventuellement, les évolutions du niveau de bruit connues ou prévisibles au regard de la situation de référence.

Elles sont accompagnées d'un résumé non technique présentant les principaux résultats de l'évaluation réalisée et l'exposé sommaire de la méthodologie employée pour son élaboration et une estimation du nombre de personnes vivant dans les bâtiments d'habitation et des établissements d'enseignement ou de santé situés dans les zones exposées au bruit c'est-à-dire dans les zones où un dépassement des valeurs limites définies dans **l'article 7 de l'arrêté du 4 avril 2006** et retranscrites ci-dessous.

Tableau 8 - Valeurs limites en dB(A) - article 7 de l'arrêté du 4 avril 2006

Indicateur de bruit	Aérodromes	Route et/ou ligne à grande vitesse	Voie ferrée conventionnelle	Activité industrielle
Lden	**55**	**68**	**73**	**71**
Ln	-	62	65	60

3.3.2. Plan de prévention du bruit dans l'environnement (PPBE)

Sur la base des cartes de bruit stratégiques sont élaborés les plans de prévention du bruit dans l'environnement (PPBE). Les PPBE tendent à prévenir les effets du bruit, à réduire si nécessaire les niveaux de bruit, ainsi qu'à protéger les zones calmes. Ils donnent ainsi des informations sur les points noirs bruit (PNB), les zones sur lesquelles des dispositions doivent être prises et quelles sont les mesures à mettre en place. Ce dispositif vise une approche globale dans la lutte contre le bruit, en assurant une cohérence entre les différentes politiques (urbanisme, déplacement, prévention des nuisances …). Sont prises en compte les sources de bruit ayant fait l'objet d'une cartographie, soit les routes, les voies ferrées, les aéronefs et les activités bruyantes des installations classées soumises à autorisation.

L'autorité compétente pour élaborer le plan de prévention varie selon la source du bruit. Les PPBE sont établis par :

- Le préfet de département pour les infrastructures routières du réseau routier national (concédé ou non) et les infrastructures ferroviaires ;
- Les collectivités en charge de leur gestion, pour les infrastructures routières hors réseau national. Le conseil départemental doit établir le PPBE des routes départementales, les communes ou les EPCI les représentants doivent prendre en charge les PPBE des voies communales ;
- Les communes situées dans le périmètre des agglomérations de plus de 100 000 habitants ou, s'il en existe, par les établissements publics de coopération intercommunale compétents en matière de lutte contre les nuisances sonores.

4. CONTEXTE REGLEMENTAIRE AU SEIN DE LA ZONE D'ETUDE

4.1. CLASSEMENT DES INFRASTRUCTURES DE TRANSPORT EXISTANTES

L'arrêté n°2014-3751/SG/DRCTCV du 16 Juin 2014 portant révision du classement sonore des infrastructures de transports terrestres sur le territoire de la commune de Saint-Paul permet de fixer le classement sonore des infrastructures.

Les secteurs affectés par le bruit tels que désignés par l'arrêté préfectoral sur le classement sonore des infrastructures de transport terrestre sont présentés sur la figure suivante et classé dans le tableau ci-dessous.

Tableau 9 - Classement sonore dans la zone d'étude

Infrastructures	Catégorie	Largeur des secteurs affectés par le bruit
RN1	1	300 m
RN1A	3	100 m
	4	30 m
RD2	3	100 m
RD4	3	100 m
RN7	2	250 m

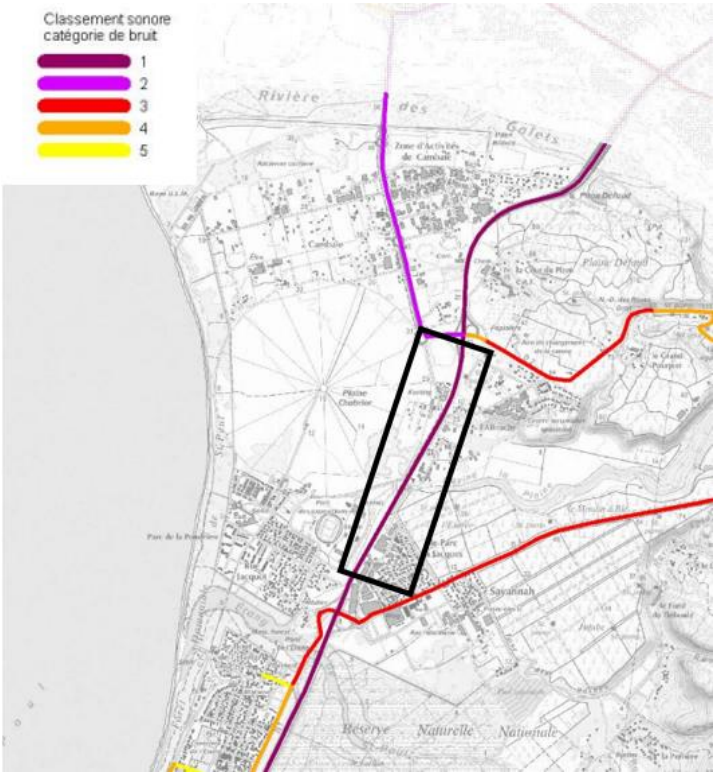


Figure 2 - Secteurs affectés par le bruit tels que désignés par l'arrêté préfectoral sur le classement sonore des infrastructures routières (Source : http://administration.reunion.gouv.fr) Remarque : La zone du projet est représentée par le rectangle noir

4.2. CARTES STRATEGIQUES DU BRUITS (CSB) ET PLAN DE PREVENTION DU BRUIT DANS L'ENVIRONNEMENT (PPBE)

Le Plan de Prévention du Bruit dans l'environnement (PPBE) des grandes infrastructures de transports terrestres de l'État pour l'île de la Réunion a été approuvé le 8 avril 2022 (Source : regionreunion.com).

Ce PPBE concerne un linéaire de 78 kilomètres :

- N1A : Saint-Paul, Trois-Bassins, Saint-Leu
- N1C : Saint-Louis,
- N1E : Le Port, La Possession,
- N2 : Saint-Benoît,
- N3 : Saint-Benoît, La Plaine des Palmistes,
- N4A : Le Port,
- N5 : Saint-Louis,
- N2001 : Étang-Salé, Saint-Louis,
- N2002 : Saint-Benoît.

Le PPBE est établi sur la base des cartes stratégiques du bruit. Dans le secteur d'étude, seule la RN1 est concernée par ces cartes stratégiques du bruit.

Les cartes ci-après présentent :

- Les cartes de type A (zones exposées au bruit à l'aide de courbes isophones pour les indicateurs Lden et Lnight) de la RN1,
- Les cartes de type C (les zones où les valeurs limites sont dépassées à l'aide courbes isophones pour les indicateurs Lden et Lnight) de la RN1.

Remarque : La zone du projet est représentée par un rectangle noir

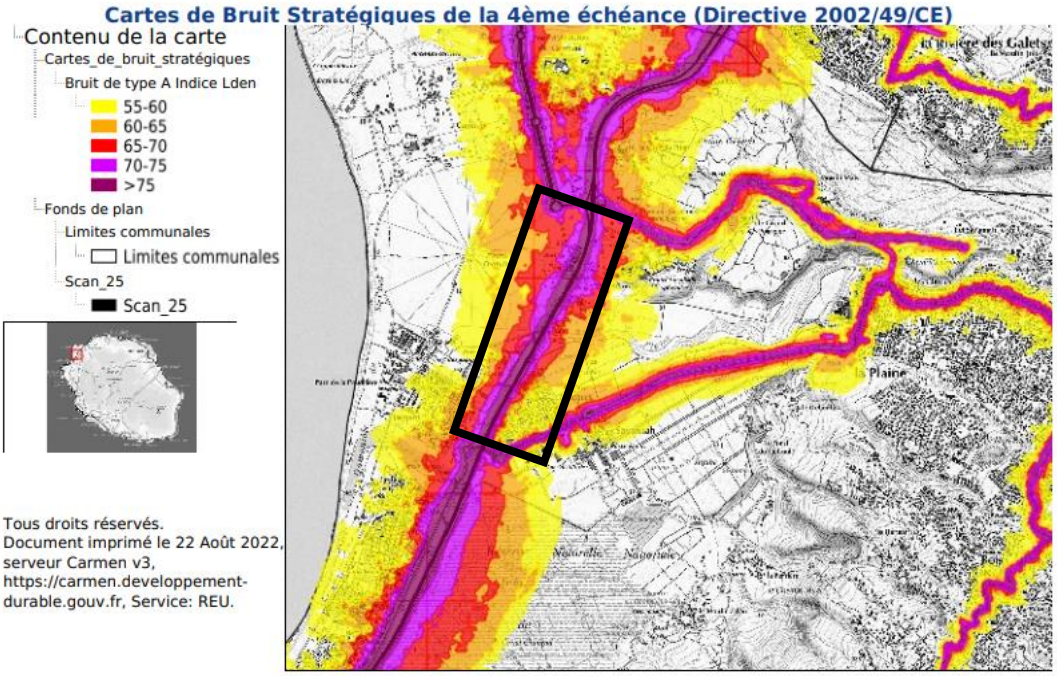


Figure 3 - Carte de bruit stratégique type A - Lden

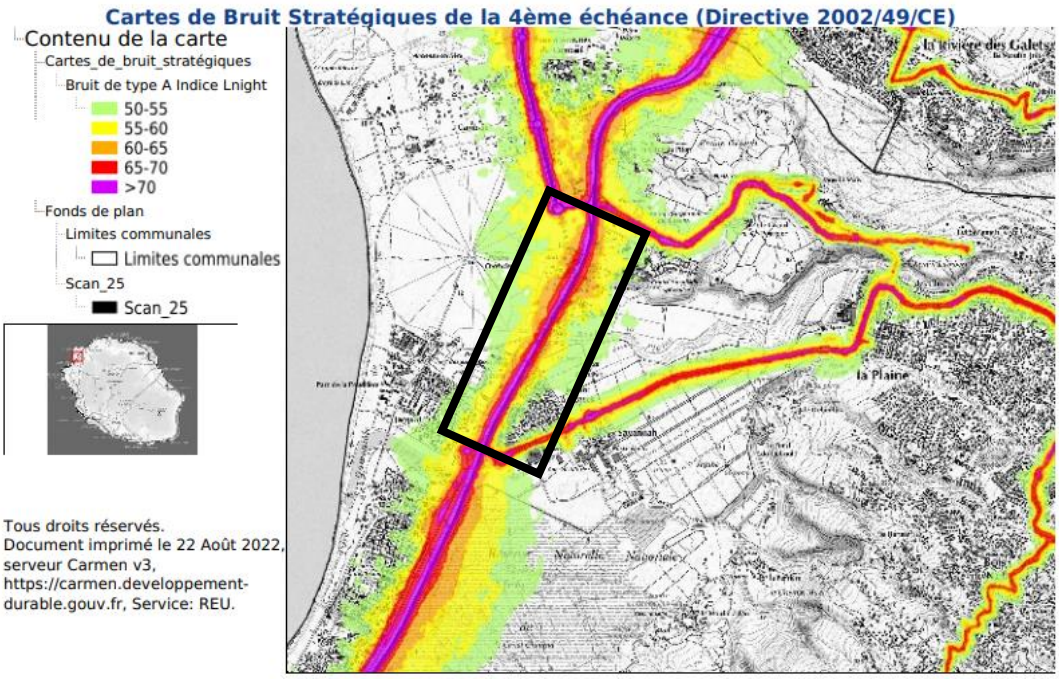


Figure 4 - Carte de bruit stratégique type A – Lnight

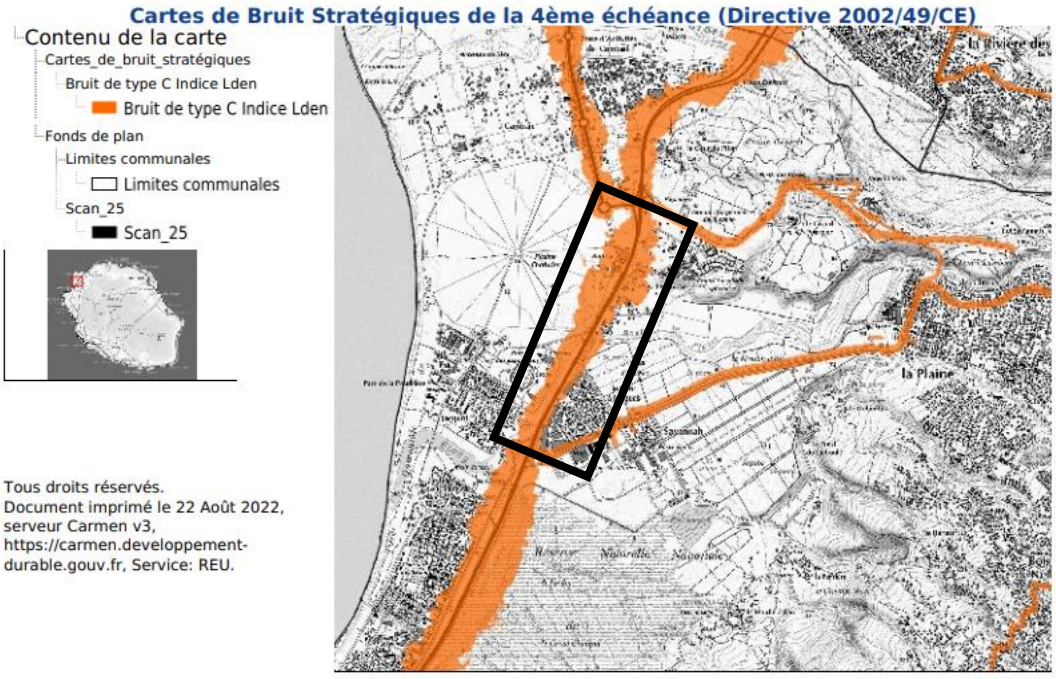


Figure 5 - Carte de bruit stratégique type C – Lden

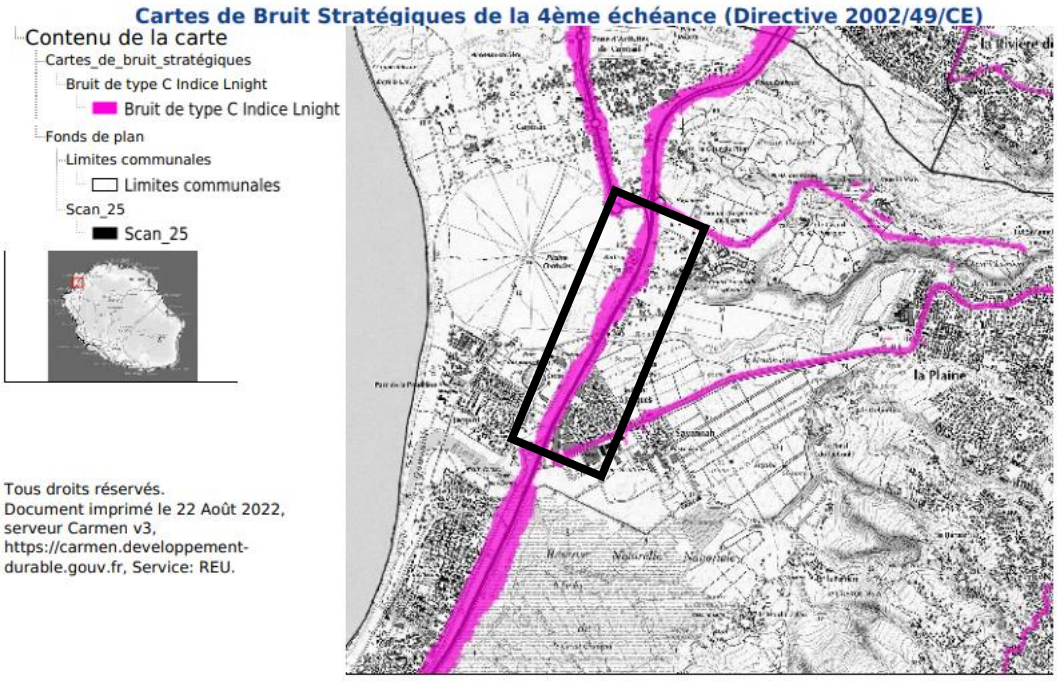


Figure 6 - Carte de bruit stratégique type C - Lnight

5. ÉTAT ACOUSTIQUE INITIAL

5.1. CARACTERISATION DE L'ETAT INITIAL PAR DES MESURES IN-SITU

Des mesures de constats ont été réalisées dans l'objectif de définir les ambiances sonores préexistantes au sens de la réglementation des infrastructures de transport (ambiance sonore modérée ou non modérée). Par ailleurs, ces valeurs seront utilisées pour le calage du modèle acoustique, modèle qui permet de calculer les niveaux sonores sur l'ensemble de l'aire d'étude, sur la base des derniers trafics disponibles.

La méthodologie des mesures est conforme à celle décrite dans les normes NFS 31-010 relative aux mesures de bruit dans l'environnement, NFS 31-085 relative au mesurage du bruit routier et NFS 31-088 relative au mesurage du bruit ferroviaire. La campagne de mesures s'est composée de trois mesures de longue durée (24h), appelées points fixes et couvrant les deux périodes de référence jour (6h-22h) et nuit (22h-6h). Les différentes périodes de mesures sont décrites ci-dessous.

- PF1 : Du 13 juin à 14h59 au 14 juin à 14h59
- PF2 : Du 16 juin à 11h31 au 17 juin à 11h31
- PF3 : Du 09 juin à 14h10 au 10 juin à 14h10

Ces points ont été choisis afin de représenter au mieux les différentes ambiances sonores rencontrées autour et sur la zone du projet.

Tous les détails concernant les précisions de mesure sont donnés dans les fiches de mesure, présentées en Annexe 1.

La figure et le tableau ci-après récapitulent les résultats des mesures.

Tableau 10 - Résultats des mesures

Station	Localisation	LAeq jour en dB(A)	LAeq nuit en dB(A)	Différence Jour – Nuit en dB(A)
PF1	Rue Jacquot	61	57	4
PF2	Enceinte du poste de refoulement de la CREOLE	68	59.5	8.5
PF3	Carrière SBTPC sur le site de l'ancienne antenne Oméga	56.5	50	6.5

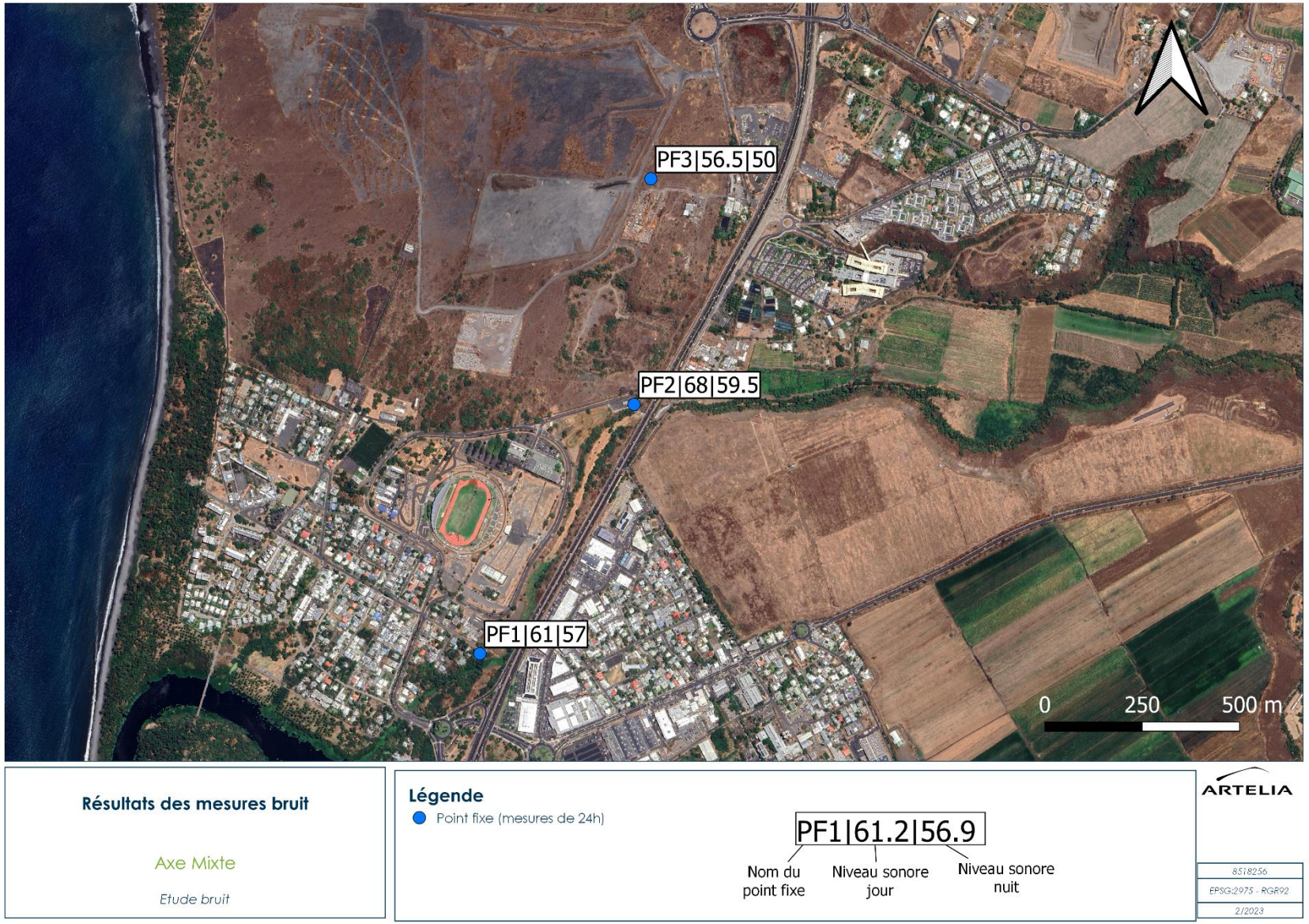


Figure 7 - Localisation des points de mesure et résultats

La campagne de mesure a permis d'établir les niveaux de bruit dans le secteur du projet, et en particulier à proximité de la route nationale 1.

Les différents points fixes : PF1, PF2 et PF3 sont tous influencés par le trafic de la nationale. Toutefois, l'influence de la RN1 sur le point fixe PF3 est moindre, du fait de la distance du point fixe à la voirie (300 mètres).

Pour le point fixe PF1, l'écart des niveaux sonores entre le jour et la nuit est de 4 dB(A). Cet écart est de 8,5 dB(A) pour le point fixe PF2 et de 6,5 dB(A) pour le point PF3.

Pour les points PF1 et PF3, l'ambiance sonore peut être considérée comme modérée de jour comme de nuit, au sens de l'arrêté du 5 mai 1995 et repris dans la circulaire du 12 décembre 1997, les niveaux relevés étant inférieurs à 65 dB(A) de jour et 60 dB(A) de nuit. Cependant, pour le point PF2 situé à une distance approximative de 50 mètres de la RN1, les niveaux relevés de jour sont de 68 dB(A) et de 59,5 dB(A). Sur ce point, l'ambiance sonore peut donc être considérée comme non modérée de jour.

5.2. CARACTERISATION DE L'ETAT INITIAL PAR MODELISATION

Une cartographie sonore de l'état initial a été réalisée permettant de visualiser sous forme de courbes isophones la contribution sonore des principales voiries dans le secteur d'étude. L'état initial a été modélisé pour l'année 2022.

5.2.1. Hypothèses

La modélisation des niveaux sonores a été menée avec le logiciel de prévision acoustique de référence CadnaA développé par la société allemande DATAKUSTIK. CadnaA implémente la plupart des modules de calcul normalisés dans différents pays européens et en particulier pour la France, la norme de calcul NFS 31-133 :2011 (Acoustique – Bruit dans l'environnement – Calcul de niveaux sonores). Les calculs sont donc réalisés selon la méthode de propagation du bruit NMPB08 route.

Le modèle numérique est constitué de plusieurs données d'entrée :

- La topographie du site,
- Les éléments construits significatifs pouvant modifier la propagation du son (bâtiments notamment mais également les remblais et déblais, les éventuels écrans acoustiques, …),
- Les conditions météorologiques du site, impliquées dans la propagation du bruit,
- La nature du sol,
- Les axes routiers et les conditions de trafic à un horizon donné, constituant les sources acoustiques,
- Les mesures acoustiques, permettant au-delà des calculs normalisés à partir des seules données de trafic, d'établir un calage du modèle.

L'objectif des simulations est d'obtenir les contributions de la circulation, puis de déterminer l'état actuel des niveaux sonores routiers. Ces calculs ont été menés pour la période jour (6h-22h) et la période nuit (22h-6h).

5.2.1.1. Topographie

La topographie a été prise en compte sous forme de courbes de niveau, en utilisant les données RGE ALTI® de l'IGN et en prenant un pas de 5 m.

5.2.1.2. Absorption du sol

Le modèle tient compte de l'atténuation due à l'effet de sol. Pour les besoins opérationnels de calcul, l'absorption acoustique d'un sol est représentée par un coefficient G adimensionnel, compris entre 0 (réfléchissant) et 1 (absorbant).

Dans le modèle, l'absorption du sol a été prise constante et égale à 0,9. Les routes et les parkings, ainsi que les bâtiments (toits compris) sont également considérés comme réfléchissants (et donc avec un coefficient d'absorption égal à 0).

5.2.1.3. Météorologie

Les calculs des niveaux de bruits ont été effectués conformément à la Nouvelle Méthode de Prévision du Bruit (NMPB08) qui inclut la prise en compte des effets météorologiques dans le calcul des niveaux de bruit.

CadnaA répertorie des données d'occurrence favorables à la propagation sonore pour de nombreuses stations. Aucune station n'étant présente sur l'ile de la Réunion, des valeurs d'occurrence favorables moyennes ont été prises en compte (probabilité d'occurrence des conditions favorables à la propagation du son 50% pour la période jour (6h-18h), 75% pour la soirée (18h-22h) et 100% pour la période nuit (22h-6h)).

5.2.1.4. Bâtiments

Les bâtiments ont été modélisés en 3D, à partir de la BDTopo® de l'IGN. Les bâtiments dont la hauteur est absente ont été modélisés avec une hauteur de 4.00 mètres.

5.2.1.5. Infrastructures de transport et trafics

Les principales infrastructures routières dans la zone d'étude du projet, à savoir la RN1 et la RN7, ainsi que toutes les voiries de desserte locale autour du prolongement de l'axe mixte ont été modélisées. Les données de trafic utilisées sont issues de l'étude de trafic réalisée par ARTELIA.

Les sources sonores routières ont été modélisées à partir des données des trafics moyens journaliers annuels (TMJA), pour les véhicules légers (VL) et les poids lourds (PL).

Le pourcentage poids lourds a été calculé comme suit :

$$\%PL = \frac{TMJA_{PL}}{TMJA_{VL} + TMJA_{PL}}$$

Le TMJA a ensuite été distribué sur les périodes jour (6h-18), soirée (18h-22h) et nuit (22h-6h) en utilisant les ratios définis dans le guide du CERTU « Comment réaliser les cartes de bruit stratégiques en agglomération – Mettre en œuvre la directive 2002/49/CE » de juillet 2006.

Sur la RN1, la vitesse a été prise égale à 90 km/h pour les véhicules légers et les poids lourds. Sur les autres infrastructures routières existantes, la vitesse des véhicules, légers ou lourds, se base sur la vitesse moyenne des véhicules légers de la couche « Tronçon de Route » de la BDTopo® de l'IGN.

Les infrastructures routières modélisées, ainsi que les hypothèses trafic sont présentées sur des cartes en Annexe 2.

5.2.1.6. Les éléments calculés

L'indice de calcul utilisé est le LAeq(T) avec T égal à 6h-22h pour la période jour et 22h-6h pour la période nuit.

Le calcul des isophones jour et nuit a été réalisé à 4m. Des évaluations en façade des bâtiments sensibles (logements mais aussi établissements de santé et d'enseignement si présents) situés dans la zone d'étude ont été effectuées.

5.2.2. Validation des résultats de la modélisation

Les mesures réalisées en 2022 par Artelia ont été utilisées pour valider les résultats de la modélisation. La pertinence des points utilisés pour l'ajustement du modèle est liée essentiellement aux facteurs suivants :

- Bruit routier dominant à la station de mesure considérée,
- Trafic connu pendant la mesure,
- Distance de la station aux sources de bruit (incertitudes sur les conditions météorologiques lors de la mesure vis-à-vis de la situation météorologique à long terme),
- Probabilité d'obstacles localisés ou de réflexions mal déterminées.

Tableau 11 - Validation des résultats avec les mesures

Station	Niveau modélisé en dB(A)		Niveau mesuré en dB(A)		Différence modélisation – mesure en dB(A)	
	Jour	Nuit	Jour	Nuit	Jour	Nuit
PF1	62.9	54.1	61	57	1,9	-2.9
PF2	67.6	59.6	68	59.5	-0.4	0.1
PF3	55.5	48.5	56.5	50	-1	-1.5

Les écarts constatés entre les niveaux modélisés et les niveaux mesurés sont inférieurs à 2 dB(A) de jour comme de nuit pour les points PF2 et PF3. Ils sont également inférieurs à 2 dB(A) en période jour pour le point PF1.

Le modèle retenu est donc considéré comme correct.

Toutefois, pour le point PF1, la différence de niveaux sonores entre la modélisation et la mesure de nuit est de -2,9 dB(A). Cet écart pourrait s'expliquer par un bruit de fond plus important, avec la présence d'un groupe électrogène en fin de nuit lors des mesures.

5.2.3. Résultats de la modélisation

La généralisation de l'état initial par modélisation permet d'affiner le classement de la zone déjà déterminée à la suite de la caractérisation de l'état initial par mesures.

La carte des isophones à l'état initial pour 2022 au sein de la zone d'étude, pour les périodes jour et nuit ainsi que l'évaluation en façade de bâtiment, pour les périodes jour et nuit sont présentées sur les figures ci-dessous.

Globalement, les résultats de la modélisation montrent une contribution sonore importante au niveau de la RN1 et dans une moindre mesure de la RN7.

Seul un bâtiment, riverain de l'avenue du Stade présente des niveaux en façade de plus de 65 dB(A) de jour (bâtiment 251(1) et 251(2)). En dehors de ce bâtiment, la modélisation montre que la contribution sonore des voiries est inférieure à 65 dB(A) de jour et de 60 dB(A) de nuit en façade des habitations.

La notion d'ambiance sonore modérée est définie par l'article 2 de l'arrêté du 5 mai 1995 et détaillée dans les annexes de la circulaire 97-110 du 12 décembre 1997 relative à la prise en compte du bruit dans la construction de routes nouvelles ou l'aménagement de routes existantes.

L'appréciation de ce critère d'ambiance sonore modérée est recherchée pour des zones homogènes du point de vue de l'occupation des sols et non par façade de bâtiment. Pour ces raisons, l'ambiance sonore est considérée modérée de jour comme de nuit sur l'ensemble du secteur.

Les deux indicateurs LAeq (6h-22h) pour la période jour et LAeq (22h-6h) pour la période nuit sont considérés comme équivalents en termes de gêne aux usagers lorsque l'écart entre le jour et la nuit indique une accalmie de 5 dB(A). Les calculs des niveaux de bruit en façade des bâtiments montrent un écart entre les niveaux de jour et de nuit supérieurs à 5 dB(A). L'indicateur de jour est donc significatif de la gêne engendrée par les axes routiers dans la zone d'étude. C'est cet indicateur qui sera utilisé dans la suite de l'étude.

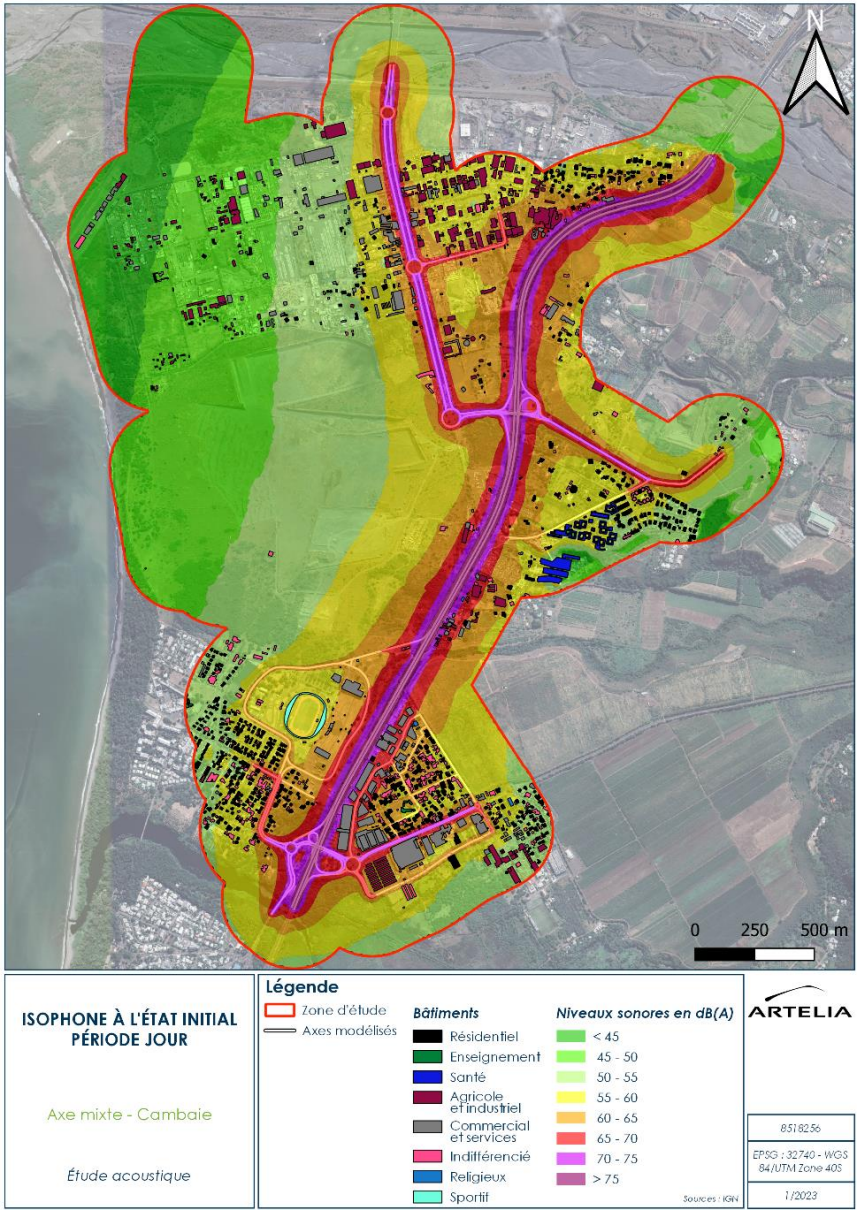


Figure 8 – Carte des isophones à 4 m du sol à l'état initial pour la période jour

Figure 9 – Carte des isophones à 4 m du sol à l'état initial pour la période nuit

Figure 10 - Évaluation en façade de bâtiment à l'état initial

Tableau 12 - Évaluation en façade de bâtiment à l'état initial

ID	X	Y	Étage	Niveaux sonores Jour en dB(A)	Niveaux sonores Nuit en dB(A)
26	322132	7678462.8	Rdc	62	53.7
27	322170.5	7678695	Rdc	62.9	54.6
185	322147.5	7678655.9	Rdc	61.8	53.5
186	322143	7678635.5	Rdc	62.6	54.2
240	322168.6	7678459.9	Rdc	59.8	51.4
241	322224.4	7678580.2	Rdc	60.3	51.7
242	322252	7678457.2	Rdc	64.6	55.6
243	322271.7	7678477.5	Rdc	64.3	55.4
244	322197	7678517.9	Rdc	62.4	54
246	322201	7678440.2	Rdc	63.6	54.9
247	322063.3	7678315.8	Rdc	63.7	55
251(1)	322050.3	7678340.7	Rdc	65.7	56.9
251(2)	322055.9	7678330	Rdc	65.2	56.3
271	322161	7678674.1	Rdc	62.7	54.4
277	322147.4	7678481.4	Rdc	61.8	53.5
422	322131.6	7678618.5	Rdc	63.2	54.4
423	322180.2	7678581.6	Rdc	60.7	52.4
424	322197.9	7678541.2	Rdc	62	53.6
424	322197.9	7678541.2	R+1	63.5	54.8
425	322209.5	7678562.4	Rdc	61.5	53
438	322176.4	7678715.3	Rdc	62.5	54.2
452	322231.9	7678499.7	Rdc	62.8	54.1
453	322208.1	7678608.2	Rdc	60.9	52.5
455	322107.5	7678381.3	Rdc	61.9	53.3
458	322188.6	7678599	Rdc	60.5	52.2
461	322099.1	7678360.5	Rdc	63.5	54.7
462	322233.1	7678596.6	Rdc	61.9	53.2
638	322260.2	7678540.1	Rdc	63.6	54.8
638	322260.2	7678540.1	R+1	64.6	55.3
640	322199.2	7678469.1	Rdc	63.2	54.5
662	322117.4	7678397.1	Rdc	61.1	52.6
663	322152.6	7678524.6	Rdc	61.6	53.4
664	322177.1	7678527.7	Rdc	60.7	52.4
665	322186.3	7678486.4	Rdc	61.8	53.4
669	322229.3	7678515.5	Rdc	63.4	54.6

6. IMPACTS DIRECTS DU PROJET SUR L'ENVIRONNEMENT SONORE ET MESURES DE REDUCTION ENVISAGEES

La création du prolongement de l'axe mixte est concernée par l'aspect voie nouvelle de la réglementation relative au bruit des infrastructures de transport terrestre (pour rappel, les aspects réglementaires sont énoncés dans la partie 3). Seule la contribution sonore de la voie nouvelle est prise en compte pour les calculs des niveaux de bruit en façade des bâtiments sensibles. Ces niveaux seront comparés aux seuils règlementaires.

L'analyse de l'état initial a montré que la zone concernée par le projet est en zone d'ambiance sonore préexistante modérée. Aussi, les niveaux admissibles en façade des bâtiments dits sensibles (logements, établissements d'enseignement, établissements de soins) pour la contribution sonore de la voirie nouvelle sont inférieurs de 60 dB(A) de jour et de 55 dB(A) de nuit.

Les résultats, donnés dans les sections ci-dessous, sont présentés par les cartes des isophones à 1m50 et à 4m du sol permettant de voir la contribution sonore de l'axe mixte, notamment au sein de la future ZAC, ainsi que par l'évaluation en façade des habitations existantes riveraines de la future voirie. Ils ont été obtenus à la suite de la modélisation de la contribution sonore de la voie nouvelle. Cette modélisation est réalisée avec une méthodologie similaire à celle déployée lors de l'état initial. Deux horizons ont été modélisés, 2027 et 2047. Les hypothèses sont majoritairement semblables à celles prises pour la modélisation de l'état initial en ce qui concerne la topographie du site, l'absorption, la météorologie et les bâtiments.

Le projet a été modélisé sur la base de l'AVP d'ARTELIA de novembre 2022.

Les données trafic utilisées sont issues de l'étude de trafic réalisée par ARTELIA en décembre 2022, pour l'ensemble des scénarios modélisés. La vitesse pour la nouvelle voirie est prise à 50 km/h pour l'axe mixte.

Le tableau ci-dessous présente le trafic de la nouvelle voirie divisée en 2 sections (Figure 11) : une première section (Section 1) correspondant à la voirie proche de la future ZAC entre le giratoire de Cambaie – carrefour C1 et la nouvelle bretelle de sortie – carrefour C9, et une deuxième section (Section 2) correspondant à la voirie proche des habitations déjà existante entre la nouvelle bretelle de sortie – carrefour C9 et Savannah – Carrefour 11. Pour rappel, l'ensemble des hypothèses trafic sont présentées sur les cartes en Annexe 2.

Tableau 13 - Trafic sur l'axe mixte pour les scénarios projets aux horizons 2027 et 2047

Section	TMJA	
	2027	2047
Section 1	55 854	74 144
Section 2	69 464	62 212

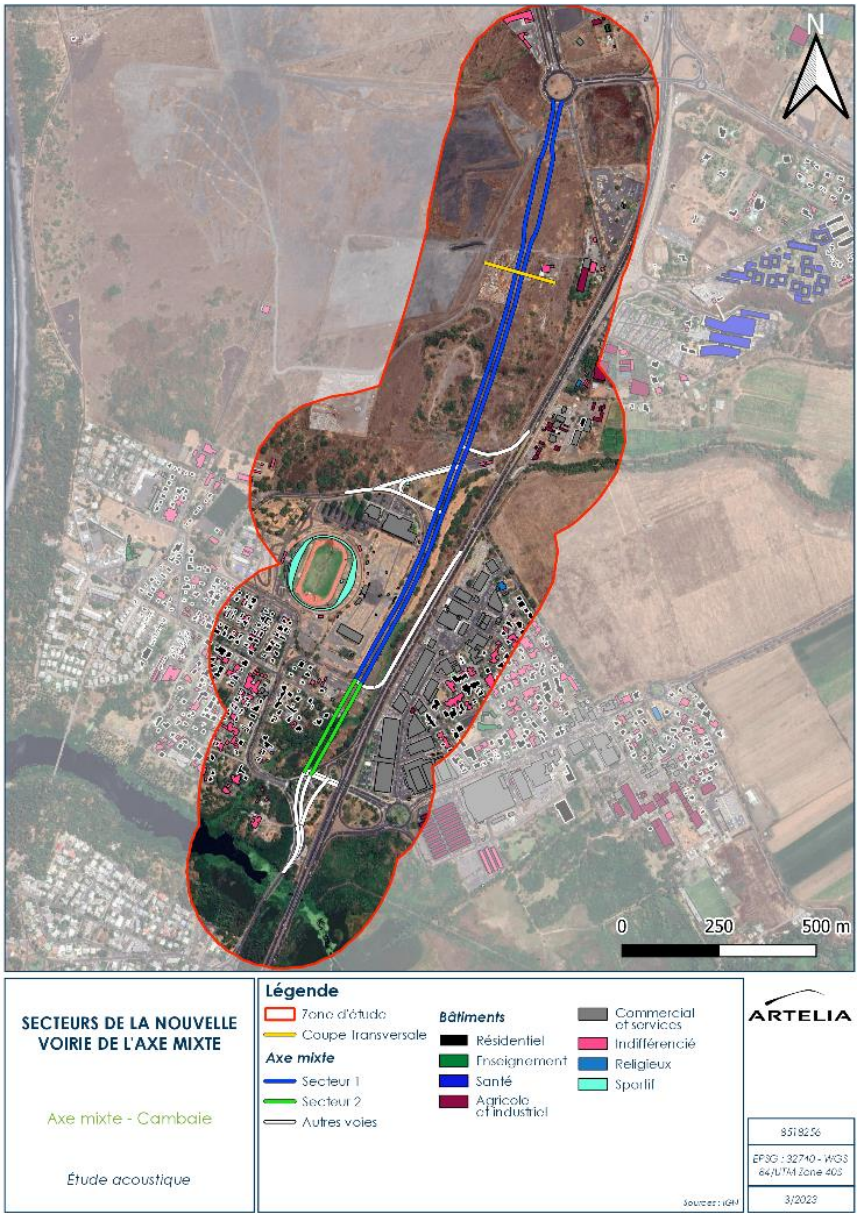


Figure 11 - Identification des différentes sections (1&2) de l'axe mixte et localisation de la coupe verticale

6.1. CONTRIBUTION DE LA NOUVELLE VOIRIE SEULE – HORIZONS 2027 ET 2047

6.1.1. Cartographie du bruit

Une cartographie du bruit a été réalisée sur une aire d'étude comprenant uniquement la nouvelle voirie pour les scénarios projet, aux horizons 2027 et 2047.

L'ensemble des cartes des isophones à 1m50 et à 4 m du sol sont présentées ci-dessous pour les deux périodes réglementaires jour et nuit. Ces hauteurs sont représentatives des niveaux sonores pour un RDC et un premier étage. Ces résultats donnent une image des niveaux de bruits prévisionnels dans l'aire d'étude aux abords de voirie nouvelle.

Figure 12 - Carte des isophones à 1m50 du sol - nouvelle voirie scénario projet 2027 - Période diurne

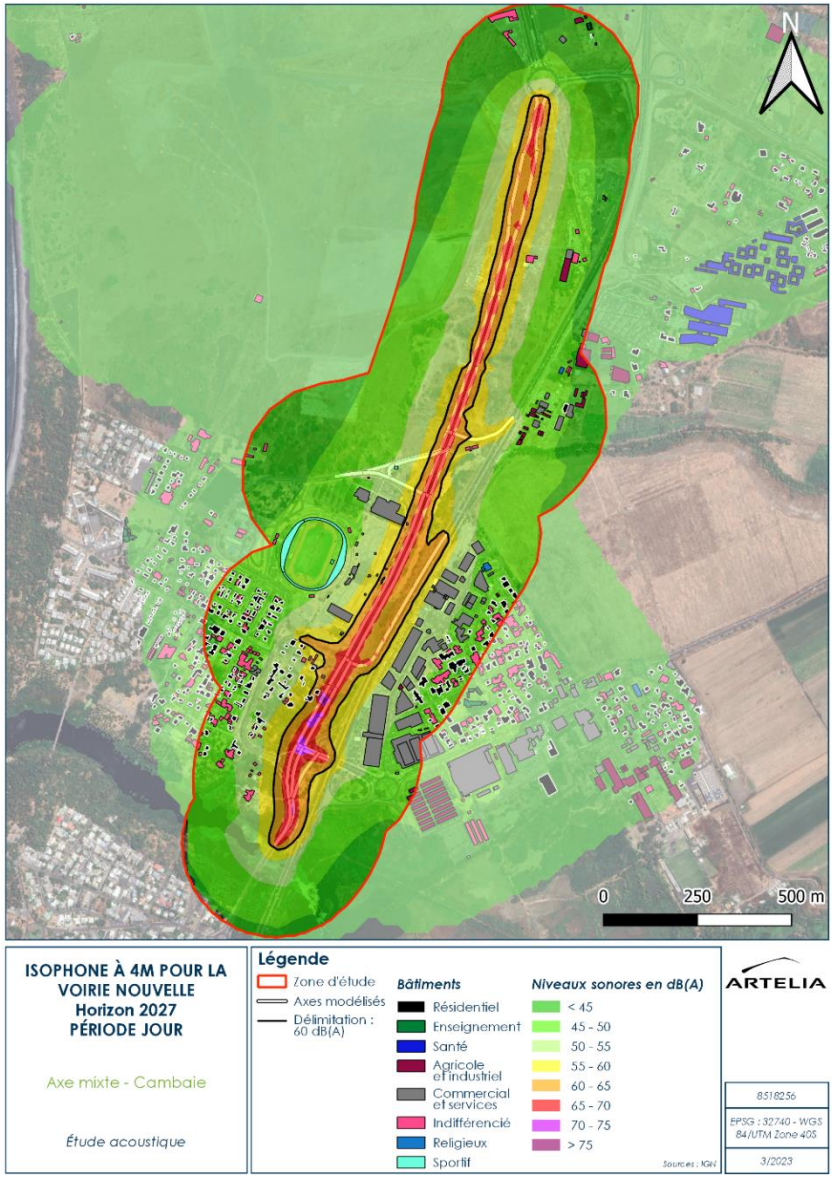


Figure 13 - Carte des isophones à 4m du sol - nouvelle voirie scénario projet 2027 - Période diurne

Figure 14 - Carte des isophones à 1m50 du sol - nouvelle voirie scénario projet 2027 - Période nocturne

Figure 15 - Carte des isophones à 4m du sol - nouvelle voirie scénario projet 2027 - Période nocturne

Figure 16 - Carte des isophones à 1m50 du sol - nouvelle voirie scénario projet 2047 - Période diurne

Figure 17 - Carte des isophones à 4m du sol - nouvelle voirie scénario projet 2047 - Période diurne

Figure 18 - Carte des isophones à 1m50 du sol - nouvelle voirie scénario projet 2047 - Période nocturne

Figure 19 - Carte des isophones à 4m du sol - nouvelle voirie scénario projet 2047 - Période nocturne

À l'horizon 2027, les cartes des isophones à 1m50 ou 4m et la coupe verticale (localisation de la coupe en Figure 11) présentent des résultats similaires de jour comme de nuit (Figure 12 à Figure 15 – carte des isophones et Figure 20 – coupe verticale). Dans le secteur de la future ZAC, des niveaux sonores supérieurs à 60 dB(A) de jour peuvent être observés jusqu'à maximum 25 m de la voirie nouvelle à 4 m du sol et à maximum 20 m de la nouvelle voirie à 1m50 du sol. De nuit, une distance maximum de 18 m de la voirie doit être observée pour que les niveaux sonores restent inférieurs à 55 dB(A) à 4m ou 1m50 du sol.

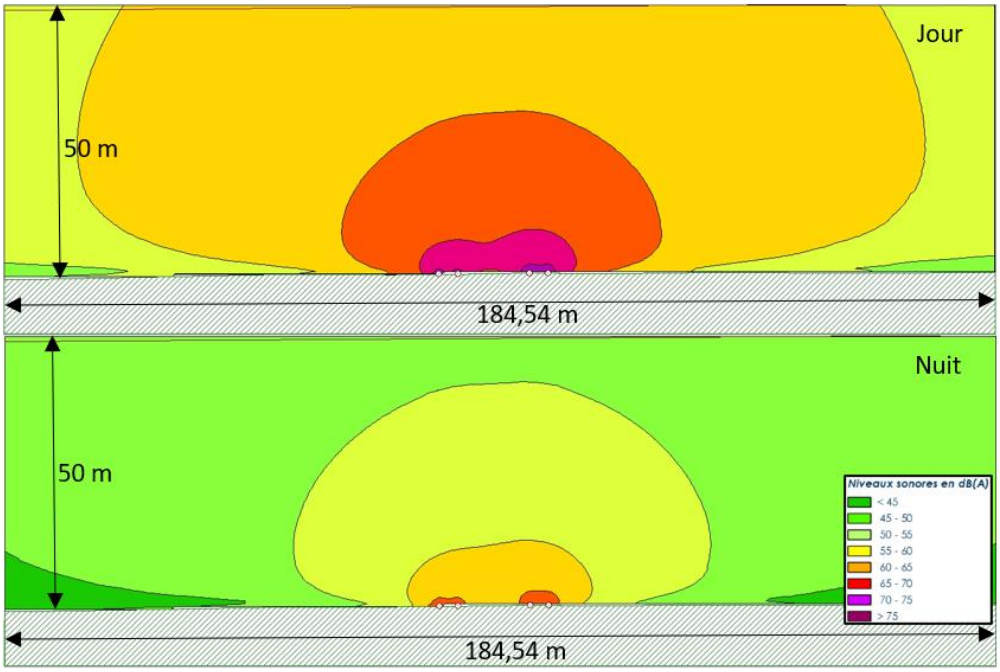


Figure 20 - Coupe verticale de la contribution sonore de la nouvelle voirie à proximité de la future ZAC – Horizon 2027

À l'horizon 2047, les cartes des isophones ainsi que la coupe verticale (localisation de la coupe en Figure 11) à 4m du sol présentent des niveaux sonores plus importants qu'à 1m50 du sol de jour comme de nuit (Figure 16 à Figure 19 – carte des isophones et Figure 21 – coupe verticale). Au sein de la future ZAC, les niveaux sonores de jour sont supérieurs à 60 dB(A) jusqu'à une distance maximum de 25 m selon les isophones à 1m50 du sol ou 30 m selon les isophones à 4m du sol. De nuit, les carte des isophones à 1m50 et 4m du sol montrent que les niveaux sonores sont supérieurs à 55 dB(A) jusqu'à une distance maximum de 18 m de la voirie.

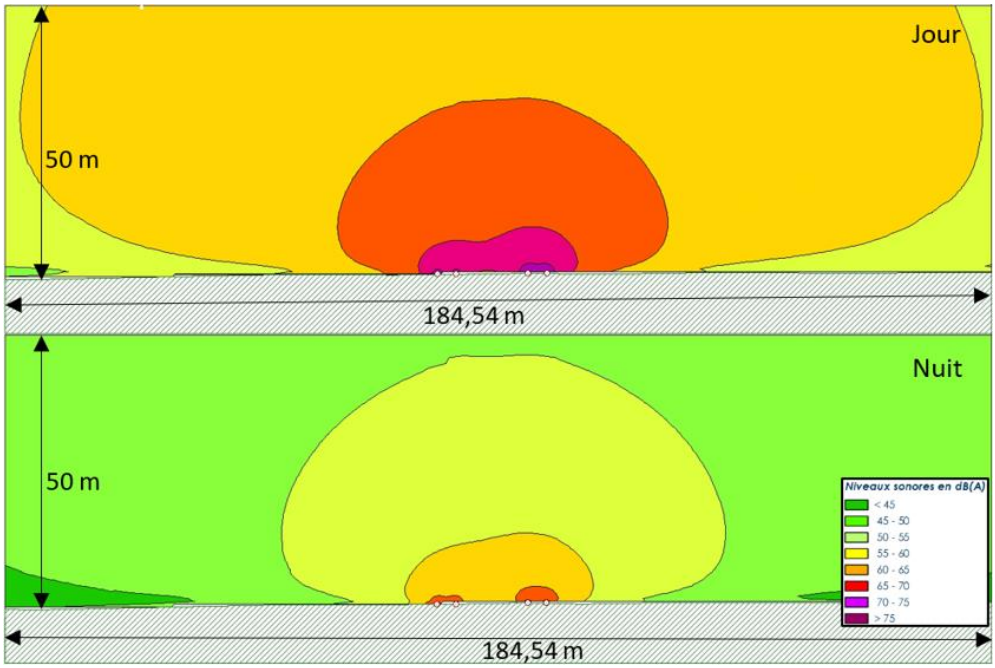


Figure 21 - Coupe verticale de la contribution sonore de la nouvelle voirie à proximité de la future ZAC – Horizon 2047

6.1.2. Evaluation en façade des bâtiments existants

La contribution sonore de la voie nouvelle, en dehors de toute autre source de bruit a été calculée en façade de l'ensemble des habitations riveraines existantes de la nouvelle voie de l'axe mixte, pour les périodes jour et nuit aux horizons 2027 et 2047.

La figure ci-dessous présente les évaluations en façade de bâtiments pour les périodes jour et nuit et pour les horizons cités.

La modélisation de la contribution sonore de la voirie nouvelle n'a montré aucun dépassement de seuils au droit des bâtiments riverains, pour les deux horizons(Tableau 14).

Tableau 14 - Évaluation en façade de bâtiment – Contribution sonore de la voie nouvelle seule

ID	X	Y	Étage	Scénario projet 2027		Scénario projet 2047	
				Jour en dB(A)	Nuit en dB(A)	Jour en dB(A)	Nuit en dB(A)
242	322252	7678457.2	Rdc	58.6	50.5	58	50
243	322271.7	7678477.5	Rdc	56.4	48.4	55.7	47.6
246	322201	7678440.2	Rdc	57.4	49.4	56.9	49
247	322063.3	7678315.8	Rdc	52	45.2	52.1	45.3
251(1)	322050.3	7678340.7	Rdc	51.7	45.1	51.5	44.8
251(2)	322055.9	7678330	Rdc	51.8	45.1	51.6	44.9
452	322231.9	7678499.7	Rdc	53	46	52.6	45.6
455	322107.5	7678381.3	Rdc	52.7	45.5	52.4	45.2
461	322099.1	7678360.5	Rdc	52.8	45.9	53	46.1
638	322260.2	7678540.1	Rdc	53.7	46.9	52.9	46
638	322260.2	7678540.1	R+1	55.5	48.2	54.6	47.2
640	322199.2	7678469.1	Rdc	54.2	46.3	53.4	45.4
662	322117.4	7678397.1	Rdc	53.2	46.1	53	45.8
669	322229.3	7678515.5	Rdc	51.6	44.6	50.7	43.7

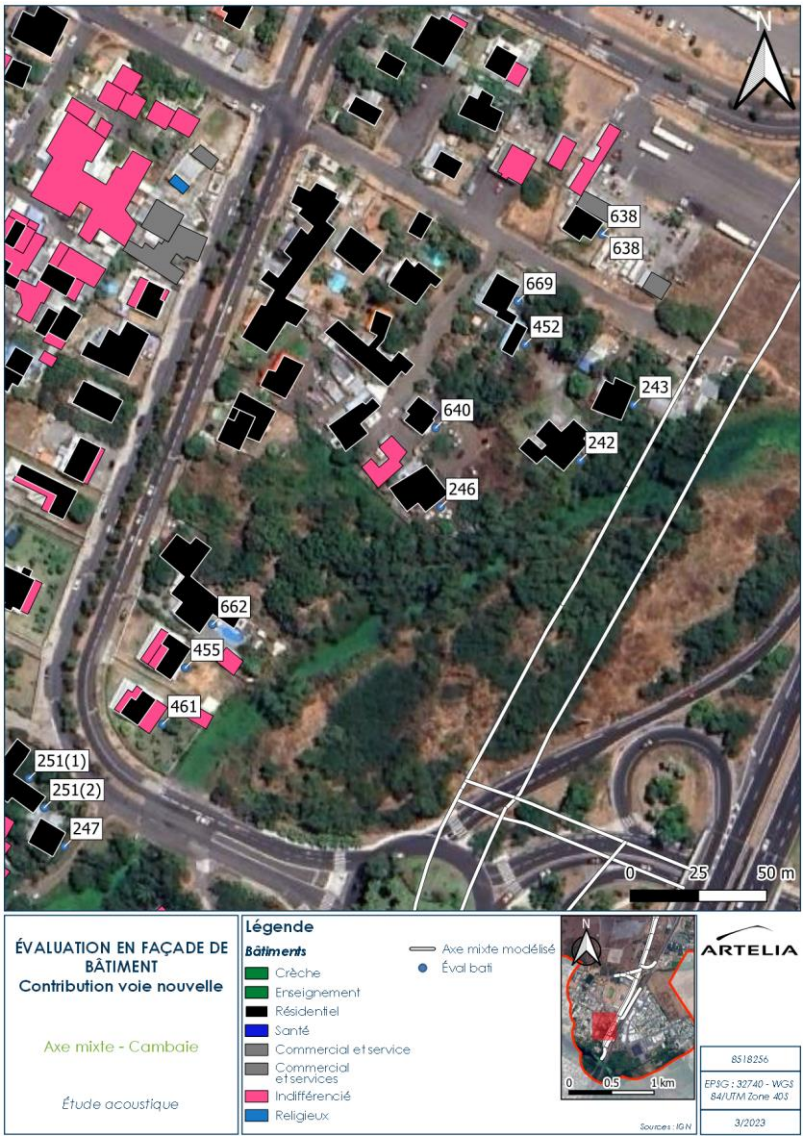


Figure 22 - Évaluation en façade des bâtiments - Contribution sonore de la voie nouvelle seule

6.2. MESURES DE REDUCTION DU BRUIT

La réglementation relative au bruit des infrastructures de transport terrestre oblige le maître d'ouvrage à mettre en œuvre des mesures de réduction du bruit pour les bâtiments dits sensibles au bruit pour lesquels des dépassements sonores sont observés et ayant été autorisés avant l'existence de l'infrastructure (Cf 3.1.2. - Principe d'antériorité).

Aussi, réglementairement, le Maître d'Ouvrage de l'Axe Mixte a pour obligation la protection des riverains existant du bruit de son infrastructure. Toutefois, la problématique relative à l'évolution de l'urbanisation dans le secteur avec la création de la ZAC est abordée ici.

La modélisation aux horizons de la mise en service et à +20 ans a montré qu'aucun bâtiment existant n'était concerné par un dépassement de seuil. A noter, au sud de l'avenue du stade, l'axe mixte est en surplomb des habitations. Un muret de 1m de hauteur faisant office de garde-corps est positionné en bordure de la voirie. Ce muret, intégré à la modélisation permet également de protéger du bruit les habitations les plus proches.

Concernant les futurs logements de la ZAC Cambaie, il convient d'intégrer dès maintenant des dispositions afin de réduire les nuisances sonores. Le parti d'aménagement de la ZAC devra bien évidemment prendre en compte l'axe mixte : adaptation des formes urbaines, organisation des activités, organisation des logements, éloignement des bâtiments sensibles à la source, etc. Pour rappel, les modélisations ont montré que les niveaux sonores de 60 dB(A) de jour et de 55 dB(A) de nuit pouvaient être observés respectivement jusqu'à 30 m et 18 m de la voirie. Il s'agit de distances maximales, dans certains secteurs, les niveaux sonores restent inférieurs à ces seuils à une plus proche distance de la voirie.

Par ailleurs, des mesures de réduction à la source peuvent par ailleurs être intégrées dès la conception de l'Axe Mixte afin de réduire sa contribution sonore. La réduction de la vitesse peut être un levier intéressant. C'est pourquoi, la vitesse limite envisagée est de 50 km/h.

La mise en œuvre d'enrobés spécifiques est également une mesure à prendre en compte, au vu des vitesses pratiquées. Comme mentionné plus haut, des gains de l'ordre de 3 à 5 dB(A) peuvent être observés par rapport à un enrobé classique. A ce sujet, il peut être cité le projet « Cool & Low Noise Asphalt), initié en 2017 et piloté par la Ville de Paris qui permet d'expérimenter trois nouveaux revêtements de chaussée avec des propriétés acoustiques et thermiques. Des mesures acoustiques ont été réalisées afin d'estimer les gains acoustiques obtenus : le niveau sonore a été réduit de 3 dB(A) dans la rue et de 2 dB(A) en façade. Impacts indirects du projet

6.3. CARTOGRAPHIE DU BRUIT

Une cartographie du bruit a été réalisée sur une aire d'étude plus large, incluant l'ensemble des axes routiers subissant une modification du trafic de plus de 10% du fait du projet pour l'ensemble des scénarios considérés (scénarios fil de l'eau et projet aux horizons 2027 et 2047).

L'ensemble des cartes des isophones à 4 m du sol sont présentées ci-dessous pour les deux périodes réglementaires jour et nuit. Ces résultats donnent une image des niveaux de bruits prévisionnels dans le secteur d'étude aux abords de la voirie nouvelle et des principaux axes du secteur.

6.3.1. Scénario fil de l'eau 2027

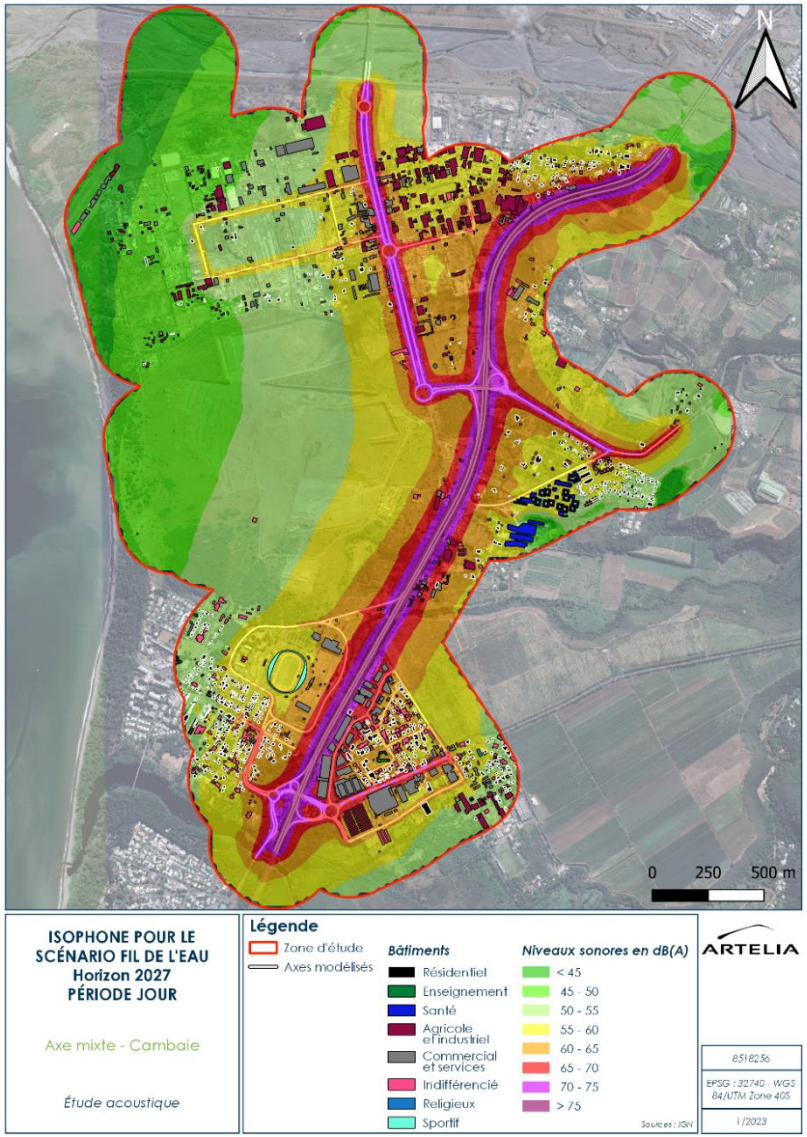


Figure 23 - Carte des isophones scénario fil de l'eau 2027 - Période diurne

Figure 24 - Carte des isophones scénario fil de l'eau 2027 - Période nocturne

6.3.2. Scénario projet 2027

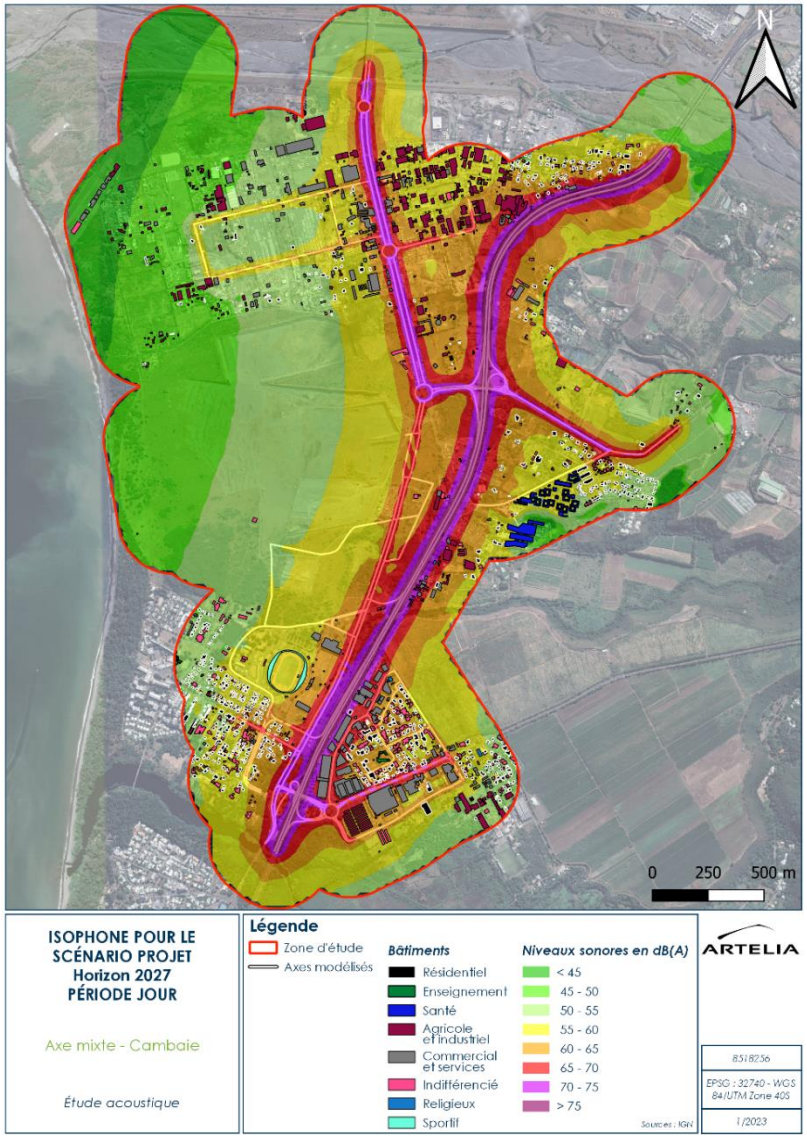


Figure 25 - Carte des isophones scénario projet 2027 - Période diurne

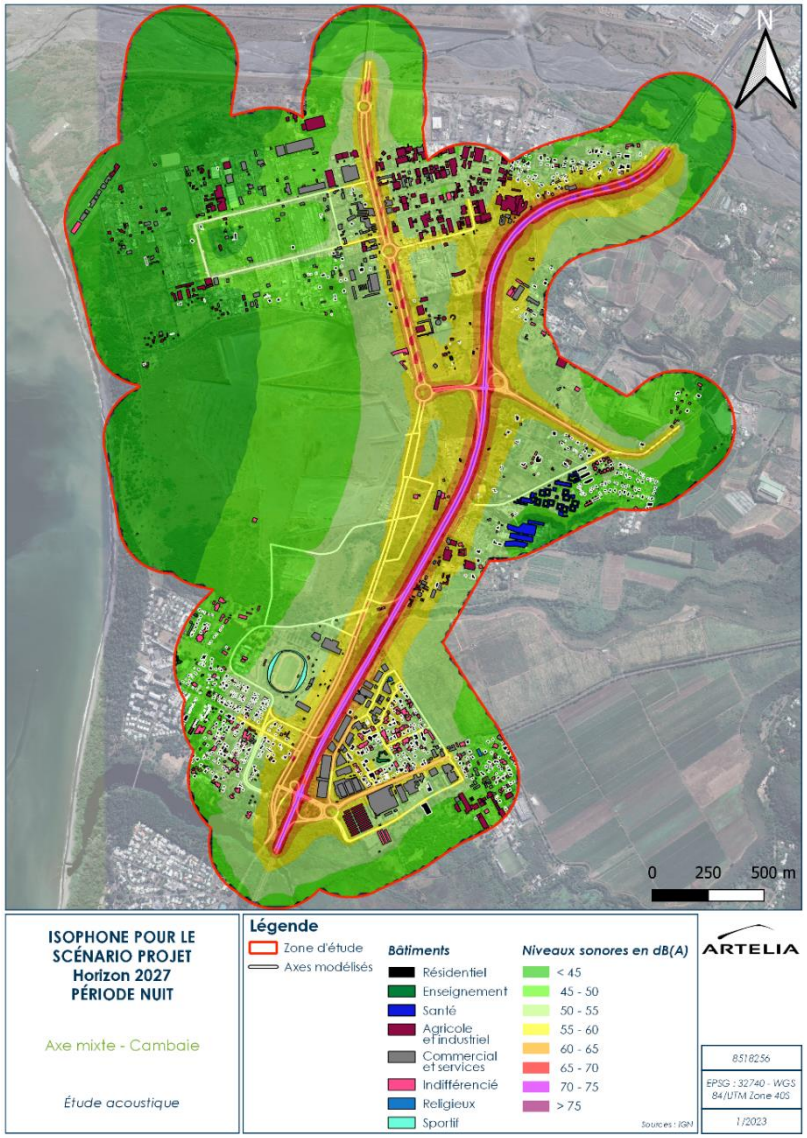


Figure 26 - Carte des isophones scénario projet 2027 - Période nocturne

6.3.3. Scénario fil de l'eau 2047

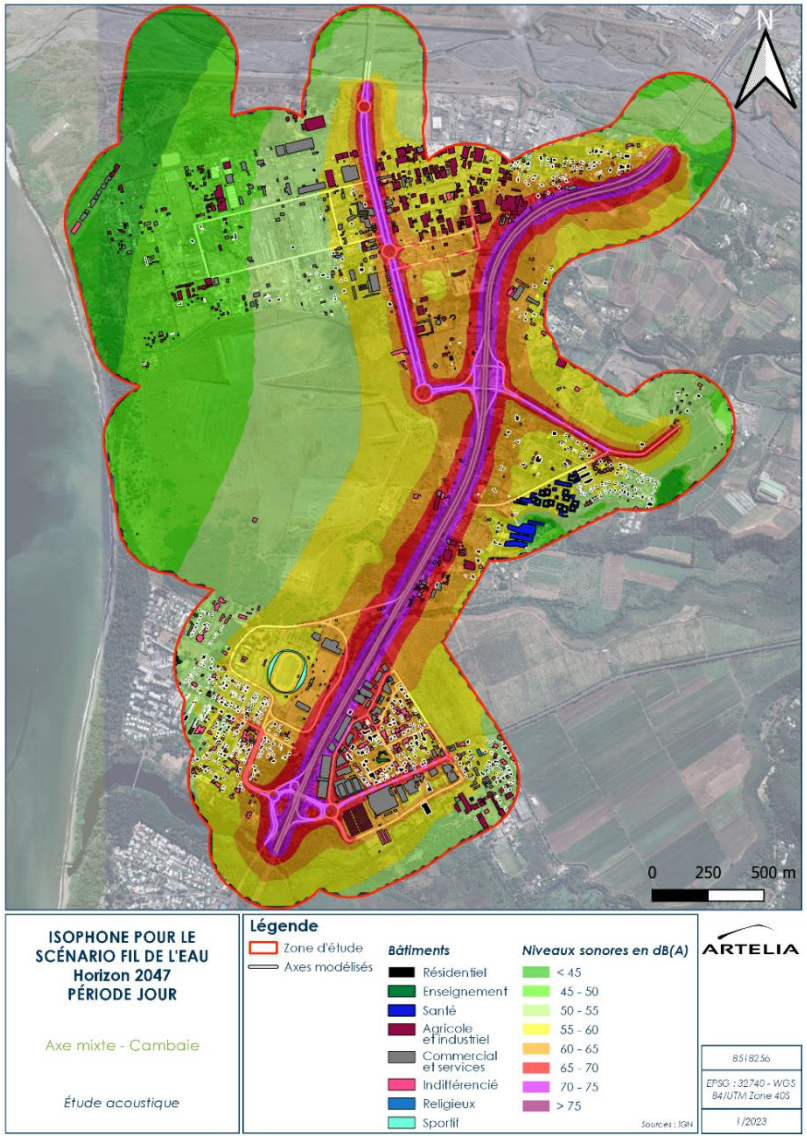


Figure 27 - Carte des isophones scénario fil de l'eau 2047 - Période diurne

Figure 28 - Carte des isophones scénario fil de l'eau 2047 - Période nocturne

6.3.4. Scénario projet 2047

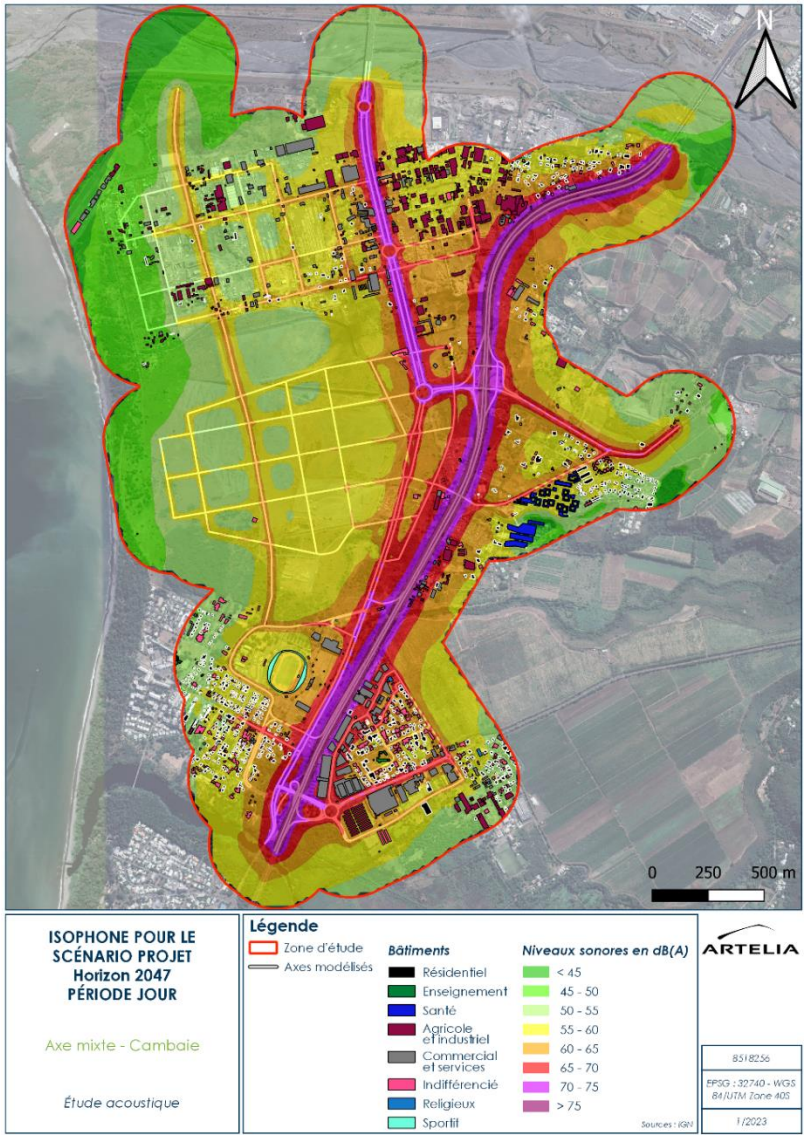


Figure 29 - Carte des isophones scénario projet 2047 - Période diurne

Figure 30 - Carte des isophones scénario projet 2047 - Période nocturne

6.4. DEFINITION DES IMPACTS

Les impacts indirects du projet concernent la modification du trafic sur les voiries annexes du fait du projet de création de l'axe mixte. L'évolution du bruit sur les axes connexes permet d'avoir une vision plus large des effets du projet sur son environnement sonore et dans une aire d'étude élargie. Cette aire d'étude inclut les axes routiers pour lesquels le trafic est significativement modifié.

Cette approche permet d'identifier rapidement les secteurs à enjeux, subissant une augmentation des niveaux sonores de plus de 2 dB(A), seuil au-delà duquel la transformation de la voirie est considérée comme significative mais également les secteurs pour lesquels le projet a un effet positif en réduisant les niveaux sonores et en apaisant certains quartiers.

Les impacts indirects sont évalués de manière simplifiée par la définition de la variation de bruit en dB(A) entre la situation future et celle sans projet, du fait de la modification de la puissance acoustique de la voirie. Les conditions de propagation du son ne sont pas prises en compte dans cette approche. Cette variation de bruit est estimée par simple calcul :

$$variation = 10 \times log10\left(\frac{Trafic\ avec\ projet}{Trafic\ sans\ projet}\right)$$

Elle est présentée aux horizons 2027 et 2047 sur les figures ci-dessous.

Pour les deux horizons (2027 et 2047), il est constaté que le projet de prolongement de l'axe mixte a un impact modéré sur l'axe mixte déjà présent (variation comprise entre 0,5 et 2 dB(A)). Le projet entraîne une diminution modérée des niveaux de bruit sur l'axe Sud-Nord de la RN1 et une forte augmentation au niveau de la rue Jacquot, d'une partie de l'avenue du Stade et de la rue de la zone industrielle Cambaie parallèle à l'axe mixte.

Pour 2027, les niveaux sonores restent stables sur la grande majorité des axes et diminuent fortement sur une grande partie de l'avenue du Stade.

Pour 2047, les axes du projet d'aménagement de la ZAC de Cambaie, situé au nord-ouest de l'axe mixte, impactent l'évolution du trafic sur les voies à l'ouest de l'axe mixte, entraînant une variation du bruit supérieure à 2 dB(A) dans ces secteurs. Le quartier de Savannah voit une augmentation forte de ses niveaux sonores pour les voies suivantes : Allée des Palmistes, rue du Centre, une partie de la rue de la Cité Ama et une partie de la rue du Kovil. Cependant, les niveaux sonores du quartier diminuent légèrement sur les axes suivants : l'autre partie de la rue du Kovil, l'autre portion de la rue de la Cité de Ama, la route de Savannah et diminuent fortement sur la rue Courbe et la rue Bonaparte.

Figure 31 - Variation de bruit sur les voies adjacentes entre les scénarios file de l'eau et projet axe mixte à l'horizon 2027

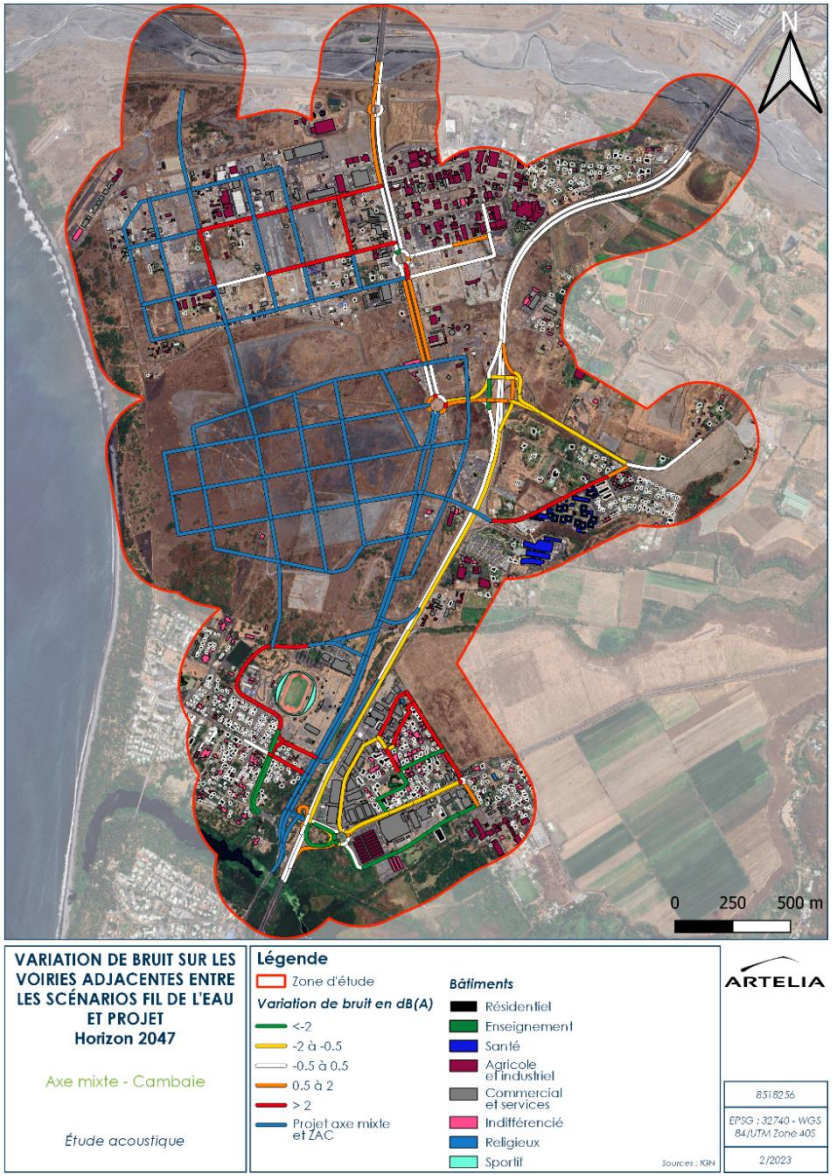


Figure 32 - Variation de bruit sur les voies adjacentes entre les scénarios file de l'eau et projet axe mixte à l'horizon 2047

7. CONCLUSION

L'étude acoustique a permis de définir les impacts du projet de liaison routière entre la route nationale 7 (axe mixte déjà existant) et la route nationale 1A, situé au Nord-Ouest de la ville de Saint-Paul à La Réunion.

Une caractérisation de l'état initial a été réalisée par le biais de mesures in-situ, faites-en 2022 par Artelia. Ainsi, la campagne de mesure a mis en évidence des niveaux sonores importants au droit des habitations situées à moins de 50 mètres de la RN1. Au-delà de 90m de part et d'autre de la RN1, les niveaux de bruit retrouvés sont plus modérés.

Ces mesures ont servi de base pour caler le modèle acoustique, permettant de généraliser les résultats des mesures sur l'ensemble de l'aire d'étude. La modélisation de l'état initial a permis de déterminer qu'en dehors d'un bâtiment, la contribution sonore des voiries est inférieure à 65 dB(A) de jour et de 60 dB(A) de nuit en façade des habitations. Aussi conformément à la circulaire du 12 décembre 1997, la zone peut être classée en zone sonore préexistante modérée.

L'analyse de la contribution sonore de la nouvelle voirie seule n'a montré aucun dépassement de seuil. Aussi, réglementairement aucune mesure de réduction du bruit, autres que les dispositifs intégrés au projet n'est nécessaire. Par ailleurs, l'analyse des isophones a montré une incidence de la future voirie jusqu'à 30 m en période jour et 18 m en période nuit au droit de la future ZAC.

Enfin, s'agissant de l'étude des effets indirects, il est constaté que la création de la liaison a des impacts modérés sur les axes routiers voisins, avec des augmentations ou diminutions inférieures à 2 dB(A).

ANNEXES

1- RAPPORT DE MESURAGE

2- HYPOTHESES TRAFIC

ANNEXE 1
RAPPORT DE MESURAGE

Prolongement de l’axe mixte

Etude acoustique

RAPPORT DE MESURAGE

ARTELIA / AOUT 2022 / 8518256

Prolongement de l'axe mixte

Etude acoustique

Rapport de mesurage

VERSION	DESCRIPTION	ÉTABLI(E) PAR	APPROUVÉ(E) PAR	DATE
Rev0	Rapport de mesurage	AEH	MMD	Août 2022
Unité Risques Industriels & maritimes, Sanitaires et Chimiques 2 avenue Lacassagne, 69 425 Lyon Cedex 03 – TEL : 04 37 65 38 00				

Cliquez ou appuyez ici pour entrer du texte.

SOMMAIRE

1. INTRODUCTION 6
2. TERMINOLOGIE 7
3. RÈGLEMENTATION 11
   3.1. Dispositions réglementaires pour les nouvelles infrastructures de transport ou les infrastructures modifiées de transport 11
      3.1.1. Aménagements concernés 11
      3.1.2. Principe d'antériorité 11
      3.1.3. Notion de zone d'ambiance sonore modérée 12
      3.1.4. Obligation de résultat : limitation de l'impact sonore 12
      3.1.5. Obligation de moyens : étude d'impact et mesures de protection 13
   3.2. Niveaux de bruit émis par les infrastructures de transports terrestre 13
      3.2.1. Classement des infrastructures de transport existantes 13
      3.2.2. Considération des zones clames 14
   3.3. Cartes de bruit stratégiques et recensement de la population existante soumise au bruit des grandes infrastructures de transport 14
      3.3.1. Cartes stratégiques du bruit (CSB) 15
      3.3.2. Plan de prévention du bruit dans l'environnement (PPBE) 15
4. CONTEXTE RÉGLEMENTAIRE AU SEIN DE LA ZONE D'ÉTUDE 17
   4.1. Classement des infrastructures de transport existantes 17
   4.2. Cartes stratégiques du bruits (CSB) et Plan de prévention du bruit dans l'environnement (PPBE) 18
5. ÉTAT ACOUSTIQUE INITIAL 21
   5.1. Caractérisation de l'état initial par des mesures in-situ 21
   5.2. Caractérisation de l'état initial par modélisation 23
      5.2.1. Hypothèses 23
      5.2.2. Validation des résultats de la modélisation 24
      5.2.3. Résultats de la modélisation 25
6. IMPACTS DIRECTS DU PROJET SUR L'ENVIRONNEMENT SONORE ET MESURES DE RÉDUCTION ENVISAGÉES 28

6.1. Contribution de la nouvelle voirie seule – Horizons 2027 et 2047 29
6.1.1. Cartographie du bruit 29
6.1.2. Evaluation en façade des bâtiments existants 36
6.2. Mesures de réduction du bruit 37
6.2.1. Obligation réglementaire : mesures de réduction sur les constructions existantes ..... Erreur ! Signet non défini.
6.2.2. Mesures de réduction pour le projet de la ZAC ..... Erreur ! Signet non défini.
6.3. cartographie du bruit 37
6.3.1. Scénario fil de l'eau 2027 38
6.3.2. Scénario projet 2027 39
6.3.3. Scénario fil de l'eau 2047 40
6.3.4. Scénario projet 2047 41
6.4. Définition des impacts 42
7. CONCLUSION 44
ANNEXE 1 RAPPORT DE MESURAGE 46
1. INTRODUCTION 53
2. RAPPEL ET DEFINITIONS 54
3. MOYENS ET PROCÉDURES MIS EN ŒUVRE 57
3.1. Appareillage utilisé 57
3.2. Paramètres mesurés 57
3.3. Période de mesures 57
3.4. Localisation des stations de mesures 57
4. RÉSULTATS DES MESURES ET DISCUSSION 60
ANNEXE 1 RÉSULTATS DÉTAILLÉS DES MESURES 65
ANNEXE 2 VALIDATION DES RESULTATS DE MESURE 72
ANNEXE 2 HYPOTHÈSES TRAFIC 81

TABLEAUX

Tableau 1 - Opération sur les décibels 8
Tableau 2 - Échelle sensible du dB(A) 8
Tableau 3 - Légende de l'échelle sensible du dB(A) 9
Tableau 4 - Estimation de la tonalité marquée 10
Tableau 5 - Critère de zone d'ambiance sonore modérée 12

Tableau 6 - Niveaux maximaux admissibles pour les indicateurs de gêne due au bruit d'une infrastructure routière nouvelle 12
Tableau 7 - Classification des infrastructures routières (Article 4 de l'arrêté du 30 mai 1996) ... 14
Tableau 8 - Valeurs limites en dB(A) - article 7 de l'arrêté du 4 avril 2006 15
Tableau 9 - Classement sonore dans la zone d'étude 17
Tableau 10 - Résultats des mesures 21
Tableau 11 - Validation des résultats avec les mesures 25
Tableau 12 - Évaluation en façade de bâtiment à l'état initial 27
Tableau 13 - Trafic sur l'axe mixte pour les scénarios projets aux horizons 2027 et 2047 28
Tableau 14 - Évaluation en façade de bâtiment – Contribution sonore de la voie nouvelle seule 36
Tableau 15 - Niveaux sonores au droit des bâtiments dépassants les seuils réglementaires avec et sans écran acoustique .....Erreur ! Signet non défini.
Tableau 16 Opération sur les décibels 54
Tableau 17 Echelle sensible du dB(A) 55
Tableau 18 Estimation de la tonalité marquée 56
Tableau 19 Coordonnées des points de mesures acoustiques 58
Tableau 20 Synthèse des résultats 62
Tableau 21 Validation du test de répartition gaussienne pour le point PF1 74
Tableau 22 Validation du test de répartition gaussienne pour le point PF2 75
Tableau 23 Validation du test de répartition gaussienne pour le point PF3 76
Tableau 24 Validation du test de corrélation bruit / trafic pour le point PF1 78
Tableau 25 Validation du test de corrélation bruit / trafic pour le point PF2 79
Tableau 26 Validation du test de corrélation bruit / trafic pour le point PF3 80

FIGURES

Figure 1 - Bruit ambiant, bruit particulier, bruit résiduel et émergence 7
Figure 2 - Secteurs affectés par le bruit tels que désignés par l'arrêté préfectoral sur le classement sonore des infrastructures routières (Source : http://administration.reunion.gouv.fr) Remarque : La zone du projet est représentée par le rectangle noir 17
Figure 3 - Carte de bruit stratégique type A - Lden 18
Figure 4 - Carte de bruit stratégique type A – Lnight 19
Figure 5 - Carte de bruit stratégique type C – Lden 19
Figure 6 - Carte de bruit stratégique type C - Lnight 20
Figure 7 - Localisation des points de mesure et résultats 22
Figure 8 – Carte des isophones à 4 m du sol à l'état initial pour la période jour 26
Figure 9 – Carte des isophones à 4 m du sol à l'état initial pour la période nuit 26
Figure 10 - Évaluation en façade de bâtiment à l'état initial 27
Figure 11 - Identification des différentes sections (1&2) de l'axe mixte et localisation de la coupe verticale 29
Figure 12 - Carte des isophones à 1m50 du sol - nouvelle voirie scénario projet 2027 - Période diurne 30
Figure 13 - Carte des isophones à 4m du sol - nouvelle voirie scénario projet 2027 - Période diurne 30
Figure 14 - Carte des isophones à 1m50 du sol - nouvelle voirie scénario projet 2027 - Période nocturne 31
Figure 15 - Carte des isophones à 4m du sol - nouvelle voirie scénario projet 2027 - Période nocturne 31

Figure 16 - Carte des isophones à 1m50 du sol - nouvelle voirie scénario projet 2047 - Période diurne 32
Figure 17 - Carte des isophones à 4m du sol - nouvelle voirie scénario projet 2047 - Période diurne 32
Figure 18 - Carte des isophones à 1m50 du sol - nouvelle voirie scénario projet 2047 - Période nocturne..... 33
Figure 19 - Carte des isophones à 4m du sol - nouvelle voirie scénario projet 2047 - Période nocturne..... 33
Figure 20 - Coupe verticale de la contribution sonore de la nouvelle voirie à proximité de la future ZAC – Horizon 2027..... 34
Figure 21 - Coupe verticale de la contribution sonore de la nouvelle voirie à proximité de la future ZAC – Horizon 2047..... 35
Figure 22 - Évaluation en façade des bâtiments - Contribution sonore de la voie nouvelle seule36
Figure 23 - Localisation des différentes protections acoustiques étudiées..... Erreur ! Signet non défini.
Figure 24 - Carte des isophones scénario fil de l'eau 2027 - Période diurne 38
Figure 25 - Carte des isophones scénario fil de l'eau 2027 - Période nocturne 38
Figure 26 - Carte des isophones scénario projet 2027 - Période diurne..... 39
Figure 27 - Carte des isophones scénario projet 2027 - Période nocturne..... 39
Figure 28 - Carte des isophones scénario fil de l'eau 2047 - Période diurne 40
Figure 29 - Carte des isophones scénario fil de l'eau 2047 - Période nocturne 40
Figure 30 - Carte des isophones scénario projet 2047 - Période diurne..... 41
Figure 31 - Carte des isophones scénario projet 2047 - Période nocturne..... 41
Figure 32 - Variation de bruit sur les voies adjacentes entre les scénarios file de l'eau et projet axe mixte à l'horizon 2027..... 43
Figure 33 - Variation de bruit sur les voies adjacentes entre les scénarios file de l'eau et projet axe mixte à l'horizon 2047..... 43
Figure 134 Localisation des points de mesures 59
Figure 235 Résultats des mesures Bruit..... 61

1. INTRODUCTION

Les présentes mesures sont réalisées dans le cadre de l'établissement de l'état initial pour l'étude d'impact relative au projet de prolongement de l'axe mixte

L'objectif de ces mesures est de caractériser les niveaux sonores actuels et de disposer de données acoustiques permettant d'optimiser la modélisation acoustique du site selon la norme de calcul NF S 31-133 : 2011 (Acoustique – Bruit dans l'environnement – Calcul des niveaux sonores).

Les mesurages ont été effectués conformément aux normes NF S 31-010 (« Caractérisation et mesurage des bruits de l'environnement / décembre 1996), NF S 31-085 (« Caractérisation et mesurage du bruit dû au trafic routier / novembre 2002) et NFS 31-088 (« Caractérisation et mesurage du bruit dû au trafic ferroviaire / octobre 1996).

Conformément à la norme NFS 31-085, un comptage du trafic avec différentiation des véhicules légers (VL) et des poids lourds (PL) sur la RN1 a été réalisé en parallèle des mesures.

2. RAPPEL ET DEFINITIONS

- **Bruit ambiant**

Bruit total existant dans une situation donnée pendant un intervalle de temps donné. Il est composé de l'ensemble des bruits émis dans l'environnement par toutes les sources proches et éloignées.

Note : Bruit ambiant = Bruit résiduel + Bruit particulier

- **Bruit particulier**

Composante du bruit ambiant qui peut être identifiée spécifiquement par des analyses acoustiques (spatiale, temporelle, études de corrélation…) et que l'on désire distinguer du bruit ambiant notamment parce qu'il est l'objet d'une requête.

Note : Bruit particulier = source en fonctionnement.

- **Bruit résiduel**

Composante résiduelle du bruit ambiant, dans une situation spatio-temporelle donnée, quand un ou plusieurs bruits particuliers sont supprimés.

Note : Bruit résiduel = Bruit sans la source

- **Emergence globale**

L'émergence est définie réglementairement comme la différence entre les niveaux de pression continus équivalents pondérés A du bruit ambiant (établissement en fonctionnement) et du bruit résiduel (en l'absence du bruit généré par l'établissement) (Article 2 de l'arrêté du 23 janvier 1997 relatif à la limitation des bruits émis dans l'environnement par les installations classées pour la protection de l'environnement).

La valeur d'émergence sonore est la valeur représentant l'élévation du niveau sonore (en dB(A)) engendrée par une source sonore bruyante (machine, industrie, infrastructure de transport).

Note : Emergence = Niveau de bruit ambiant – Niveau de bruit résiduel

- **Le décibel**

Le décibel est une échelle de mesure logarithmique en acoustique, c'est un terme sans dimension. Il est noté dB. Les niveaux sonores ne s'ajoutent pas arithmétiquement : 80 dB + 80 dB = 83 dB et 80 dB + 90 dB = 90 dB.

Le tableau ci-dessous présente l'augmentation du niveau sonore en fonction du nombre de sources (source : BruitParif).

Tableau 15 Opération sur les décibels

Multiplier l'énergie sonore par	C'est augmenter le niveau sonore de	C'est faire varier l'impression sonore	Observation
2	3 dB	Très légèrement	On fait difficilement la différence
4	6 dB	Nettement	On constate clairement une aggravation
10	10 dB	De manière flagrante	On a l'impression que le bruit est 2 fois plus fort
100	20 dB	Comme si le bruit était 4 fois plus fort	Une variation brutale de 20 dB peut distraire l'attention
100 000	50 dB	Comme si le bruit était 30 fois plus fort	Une variation brutale de 50 dB fait sursauter

- **Le décibel A : dB(A)**

La lettre « A » signifie que le décibel est pondéré pour tenir compte de la différence de sensibilité de l'oreille à chaque fréquence. Elle atténue les basses fréquences.

Afin de mieux interpréter la cartographie des contributions, le tableau ci-dessous donne à titre d'exemple des valeurs indicatives concrètes et usuelles de niveaux acoustiques.

Tableau 16 Echelle sensible du dB(A)

Bruits extérieurs	Niveaux sonores dB(A)	Bruits intérieurs	Bruits des véhicules	Conversation / Sensation auditive
	130	Marteau-pilon		Impossible / Seuil de la douleur
	120	Banc d'essais de moteurs	Moteurs d'avion proche	
Rivetage à 10 m	110	Atelier de chaudronnerie	Train passant dans une gare	Obligation de crier pour se faire entendre / Très difficilement supportable
	105	Raboteuse		
Marteau-piqueur à moins de 5 m	100	Scie à ruban	Moto sans silencieux à 2 m	
Rue à trafic intense	95	Atelier de forgeage		Difficile / Pénible à entendre
Circulation intense à 1 m	85	Radio très puissante	Klaxons d'autos	
Circulation importante	75	Usine moyenne	Métro sur pneu	Assez forte / Bruyant mais supportable
	70	Open-space bruyant		
	65	Appartement bruyant		
Rue résidentielle	60	Grands magasin / Conversation normale	Bateau à moteur	Assez forte / Bruits courants
Rue très tranquille	50	Restaurant tranquille / Bureau	Auto silencieuse	
Bruits minimaux le jour dans la rue	45	Appartement normal / Bibliothèque		A voix normale / Assez calme
	30	Appartement dans quartier tranquille		A voix chuchotée / Très calme
Bruissement d'un feuillet	25	Conversation à voix basse		
	20	Studio de radio		
	0	Laboratoire d'acoustique		A voix chuchotée / Seuil d'audition

- **Bandes d'octaves et niveau global**

La sensation de l'oreille en fréquence n'est pas linéaire. Plus elle est élevée, plus il faut une grande variation de cette fréquence pour que l'impression de variation reste constante. Des valeurs de fréquences en Hertz sont normalisées pour exprimer cette sensation notée :

L31,5 L63 L125 L250 L500 L1k L2k L4k L8k

Nous parlerons ici d'octave comme les musiciens.

Le niveau global correspond à la somme d'énergie de toutes les bandes d'octave. Le niveau global est noté L.

- **Niveau de pression acoustique continu équivalent pondéré A**

Valeur du niveau de pression acoustique pondéré A d'un son continu stable qui, au cours d'une période spécifiée T, à la même pression acoustique quadratique moyenne qu'un son considéré dont le niveau varie en fonction du temps. Cet estimateur est communément utilisé pour représenter la gêne due au bruit, et définir des valeurs limites d'exposition. Ainsi, il caractérise la « dose » de bruit reçue pendant une durée donnée T.

Il est défini par la formule :

$$L_{Aeq,T} = 10 \times \log\left[\frac{1}{t_2 - t_1}\int_{t_1}^{t_2}\frac{P_A^2(t)}{P_0^2}dt\right]$$

Avec :

- LAeq,T est le niveau de pression acoustique continu équivalent pondéré A, en décibels, déterminé pour un intervalle de temps T qui commence à t1 et se termine à t2. Dans les mesures ici présenté, T = 10 minutes ;
- Po est la pression acoustique de référence (20 µPa) ;
- PA (t) est la pression acoustique instantanée pondérée A du signal.

Le niveau équivalent est utilisé pour traduire l'intensité moyenne du bruit sur un temps donné comprenant des phases de bruits entrecoupées de phase de silence.

- **Niveaux acoustiques fractiles**

Le niveau fractile est exprimé en dB(A), il est symbolisé par le paramètre $L_{AN,T}$, où N est compris entre 0 et 100 (par exemple: $LA_{10,T}$, ..., $LA_{90,T}$, $LA_{95,T}$, ...). Il exprime le niveau sonore dépassé pendant le pourcentage de temps N (10%, ..., 90%, 95%, ...) par rapport à la durée totale de la mesure. Les valeurs LA1 et LA5 caractérisent généralement les niveaux de pointes tandis que les valeurs L90 et L95 caractérisent les niveaux de bruit de fond. A indique qu'il s'agit de bruit pondéré A et T donne la durée d'intégration.

- **Tonalité marquée**

La tonalité marquée est détectée dans un spectre non pondéré de tiers d'octave quand la différence de niveau entre la bande de tiers d'octave et les quatre bandes de tiers d'octave les plus proches (les deux bandes immédiatement inférieures et les deux bandes immédiatement supérieures) atteint ou dépasse les niveaux indiqués dans le tableau ci-après pour la bande considérée :

Tableau 17 Estimation de la tonalité marquée

Cette analyse se fera à partir d'une acquisition minimale de 10 s		
50 Hz à 315 Hz	400 Hz à 1250 Hz	1600 Hz à 8000 Hz
10 dB	5 dB	5 dB

Les bandes sont définies par fréquence centrale de tiers d'octave.

3. MOYENS ET PROCEDURES MIS EN ŒUVRE

Les conditions de mesure et d'interprétation des résultats suivent les prescriptions énoncées par la méthode de constat décrit dans les normes NFS 31-010, NF S 31-085 pour la caractérisation du bruit d'origine routière et NFS 31-088 pour la caractérisation du bruit d'origine ferroviaire.

3.1. APPAREILLAGE UTILISE

Le sonomètre utilisé pour les mesures est un SOLO (n° de série : 06952).

L'instrument est un instrument de classe 1 répondant aux normes suivantes :

- IEC 60651 (10-2000)
- IEC 60804 (10-2000)
- IEC 60672-1 (5-2002)
- IEC 1260 (7-1995)
- ANSI S1.11 (2004)
- ANSI S1.4 (2001)

3.2. PARAMETRES MESURES

Les mesures effectuées portent sur les niveaux de pression acoustique continus équivalents pondérés (A) (LAeq) en dB(A). Les acquisitions ont porté sur un intervalle élémentaire de 1 s.

3.3. PERIODE DE MESURES

Les acquisitions ont concerné trois mesures de longue durée (24h), appelées points fixes et couvrant les deux périodes de référence jour (6h-22h) et nuit (22h-6h).

Les différentes périodes de mesures sont décrites ci-dessous :

- PF1 : Du 13 juin à 14h59 au 14 juin à 14h59 ;
- PF2 : Du 16 juin à 11h31 au 17 juin à 11h31 ;
- PF3 : Du 09 juin à 14h10 au 10 juin à 14h10.

Pour décrire l'évolution temporelle de mesure, le sonomètre stocke en réalité un LAeqT (T=1s) avec les statistiques (min, max, crête et indices fractiles) toutes les secondes, soit 3 600 valeurs pour 1 heure et 86 400 valeurs pour 24 heures.

3.4. LOCALISATION DES STATIONS DE MESURES

Les acquisitions ont été réalisées sur 3 points fixes localisés à proximité de la RN1 (voir figure 1)

Les coordonnées géographiques et l'adresse des points de mesures sont présentées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 18 Coordonnées des points de mesures acoustiques

Points de mesure	Latitude	Longitude	Adresse
PF1	20°59'8.5164"S	55°17'25.5408"E	Rue Jacquot
PF2	20°58'47.8344"S	55°17'39.4872"E	Enceinte du poste de refoulement de la CREOLE
PF3	20°58'29.0028"S	55°17'41.1972"E	Carrière SBTPC sur le site de l'ancienne antenne Oméga

Figure 133 Localisation des points de mesures

4. RESULTATS DES MESURES ET DISCUSSION

La campagne de mesure a permis de mesurer les niveaux de bruits en trois points de la zone d'étude. Au cours de la campagne, différentes sources de bruits ont été distinguées :

Pour le PF1 :

- Bruit lié à la route nationale 1.
- Bruit de la faune (chiens, volailles, oiseaux), riverains et groupe électrogène en fonctionnement avant la fin de la mesure.

Pour le PF2 :

- Bruit lié à la route nationale 1.
- Bruit de la faune (oiseaux).
- Bruit d'une pompe/aération/climatisation

Pour le PF3 :

- Faible influence de la route nationale 1 mais circulation importante de poids lourds le matin et la nuit
- Bruit de la faune (oiseaux).

Lors de la campagne, la surface du sol était sèche et le vent était faible de travers et aucune couverture nuageuse pour une température comprise entre 20° (la nuit) et 30° (le jour).

Les mesures effectuées sont qualifiées de mesures de constat, c'est-à-dire qu'elles permettent de relever le niveau de bruit ambiant en un lieu donné, dans un état donné et à un moment donné. Les résultats obtenus lors des mesures sont présentés en Annexe 1, sous forme de fiches. Chacune d'elles contient la localisation du point de mesure sur un plan, des photos du site (vue sur le point de mesure et vue depuis le point de mesure vers la source), ainsi que les niveaux mesurés.

À noter, lors de la mesure du point PF2 un bruit parasite, dû à une pompe/climatisation/aération, est observé en début et fin de période nuit, cf Annexe 1. Ce bruit a été retiré de l'analyse.

Pour chaque mesure, sont présentés le niveau de pression acoustique de constat (noté LAeq) qui correspond au niveau sonore équivalent reflétant la situation acoustique pendant le mesurage, ainsi que les niveaux statistiques L95 (niveau dépassé pendant 95% du temps), L90 (niveau dépassé pendant 90% du temps, soit le bruit de fond), L50 (niveau dépassé pendant 50% du temps, soit le bruit de fond moyen), L10 (bruit dépassé pendant 10% du temps) et L5 (bruit dépassé pendant 5% du temps).

La figure et le tableau ci-après récapitulent les résultats des mesures.

Figure 234 Résultats des mesures Bruit

Tableau 19 Synthèse des résultats

	PF1		PF2		PF3	
	JOUR	NUIT	JOUR	NUIT	JOUR	NUIT
Adresse	Rue Jacquot		Enceinte du poste de refoulement de la CREOLE		Carrière SBTPC sur le site de l'ancienne antenne Oméga	
Date et heure	13/06/2022 – 14h59		16/06/2022 – 11h31		09/06/2022 – 14H10	
Durée	24h		24h		24h	
Infra, Concernée	RN1		RN1		RN1	
Distance / infra	Environ 90 m		Environ 50 m		Environ 300 m	
Urbanisation	Dense		Faible		Faible	
Environnement immédiat	Habitations		Goudron		Prairie	
U	U3	U3	U3	U3	U3	U3
T	T1	T5	T1	T5	T1	T5
Grille UiTi	-	+	-	+	-	+
LAeq	61	57	68	59.5	56,5	50
L95	56,5	42	62	52	41	42
L90	57	45	63,5	52	42	43
L50	60	53	67	55	48	47,5
L10	63	61	70	63	57	53,5
L5	64	63	71	65	61,5	55
Ecart jour - nuit	4		8,5		6,5	
Bruit dominant	RN1		RN1		RN1	
Bruit autre	Faune, riverains et groupe électrogène		Faune, pompe, aération, climatisation		Faune	
Trafic horaire	VL : 3501 PL : 30	VL : 580 PL : 5	VL : 3763 PL : 32	VL : 681 PL : 6	VL : 4079 PL : 35	VL : 740 PL : 6
%PL	0,9%	0,9%	0,9%	0,9%	0,9%	0,9%

La campagne de mesure a permis de mesurer les niveaux de bruit dans le secteur du projet, c'est-à-dire à proximité de la route nationale 1.

Les différents points fixes : PF1, PF2 et PF3 sont tous les trois influencés par le trafic de la nationale. Toutefois, l'influence de la RN1 sur le point fixe PF3 est moindre, du fait de la distance du point fixe à la voirie (300 mètres).

Pour le point fixe PF1, l'écart des niveaux sonores entre le jour et la nuit est de 4 dB(A). Cet écart est de 8,5 dB(A) pour le point fixe PF2 et est de 6,5 dB(A) pour le point PF3.

Pour les points PF1 et PF3, l'ambiance sonore peut être considérée comme modérée de jour comme de nuit, au sens de l'arrêté du 5 mai 1995 et repris dans la circulaire du 12 décembre 1997. En effet, de jour, les niveaux sonores relevés sont de 61 dB(A) pour le PF1 et 56,5 dB(A) pour le point PF3. De nuit, les niveaux sonores mesurés sont de 57 dB(A) pour le PF1 et 50 dB(A) pour le point PF3. Cependant, pour le point PF2 situé à une distance approximative de 50 mètres de la RN1, les niveaux relevés de jour sont de 68 dB(A). Concernant la période nocturne, les niveaux mesurés sont de 59.5 dB(A). Ainsi, l'ambiance sonore pour le point fixe PF2 est considérée comme non modérée.

ANNEXES

3- RESULTATS DETAILLES DES MESURES

4- VALIDATION DES RESULTATS DE MESURE

ANNEXE 2
RESULTATS DETAILLES DES MESURES

Station n°1 — Point Fixe 24h

Norme de mesurage	NF S 31-085, NF S 31-010
Appareillage	sonomètre 06952
Type de mesure	LAeq court (1s)

Localisation

Rue Jacquot
La réunion

Localisation du point

Identification du point de mesure

Emplacement du point de mesure	2m en avant de façade
Orientation du sonomètre	Est
Hauteur du sonomètre	1,5 m

Sonomètre

Source de bruit	RN1
Distance à la source	Environ 90 m

Caractéristiques du site

Urbanisation	Forte
Hauteur bâtiments	Maison - 5m

Caractéristiques du sol

Environnement immédiat	Habitations

Caractéristiques de l'infrastructure

Nb de voies	2 x 2 voies
Revêtement	Goudron
Protection acoustique	/
Allure du trafic	Dense

Station n°1 Point Fixe 24h

Date et durée de la mesure

Début mesure 13 Juin 2022 à 14h59

Fin mesure 14 Juin 2022 à 14h59 Durée mesure 24h

Conditions météorologiques

	Période Jour (6h-22h)	*Période Nuit (22h-6h)*
Vent - Force		
Vent - Direction		
Rayonnement		
Nébulosité		
Surface		
Conclusions sur les conditions météorologiques	(U3,T1) Conditions défavorables pour la propagation sonore	(U3,T5) Conditions favorables pour la propagation sonore

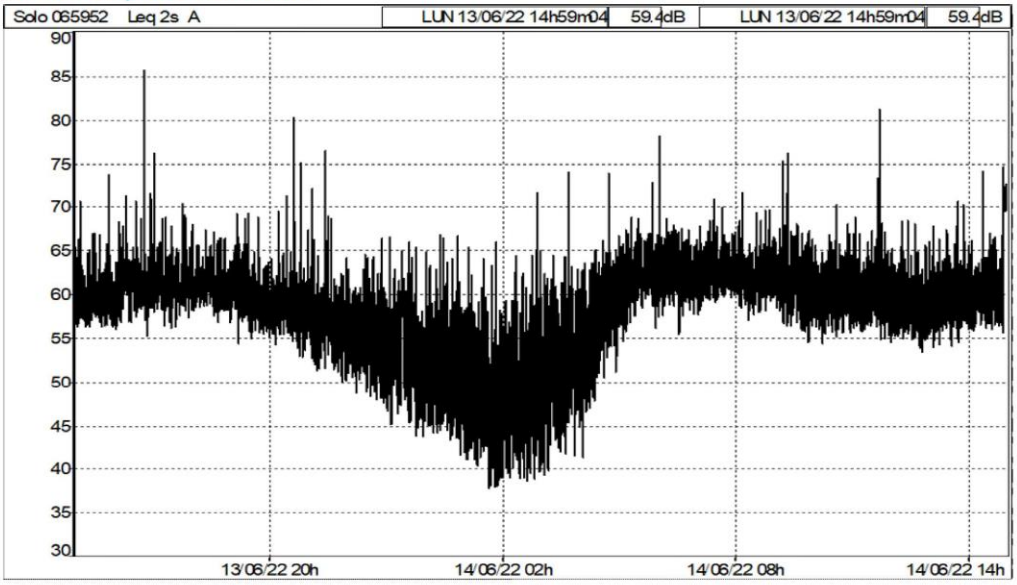
Résultats des mesures

Bruits perçus

Bruit dominant RN1

Autres Faune, riverains et groupe électrogène

Evolution temporelle de la mesure



Niveaux sonores en dB(A)

Période	LAeq	L95	L90	L50	L10	L5	Trafic horaire
Diurne	**61.2**	56.3	57.2	59.9	62.9	64	VL : 3501 PL : 30
Nocturne	**56.9**	42.1	44.6	53.2	61.2	62.6	VL : 580 PL : 5

Station n°2 — Point Fixe 24h

Norme de mesurage	NF S 31-085, NF S 31-010
Appareillage	sonomètre 06952
Type de mesure	LAeq court (1s)

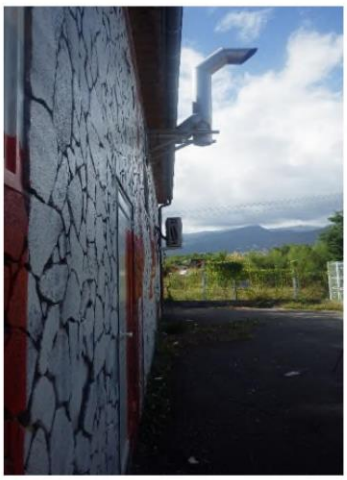
Localisation

Enceinte du poste de refoulement de la CREOLE
La Réunion

Identification du point de mesure

Emplacement du point de mesure	proximité façade
Orientation du sonomètre	Est
Hauteur du sonomètre	3 m

Localisation du point



Sonomètre

Source de bruit	RN1
Distance à la source	Environ 50 m

Caractéristiques du site

Urbanisation	Faible
Hauteur bâtiments	5m

Caractéristiques du sol

Environnement immédiat	Goudron

Caractéristiques de l'infrastructure

Nb de voies	2 x 2 voies
Revêtement	Goudron
Protection acoustique	/
Allure du trafic	Dense

Station n°2 Point Fixe 24h

Date et durée de la mesure

Début mesure 16 Juin 2022 à 11h31

Fin mesure 17 Juin 2022 à 11h31 Durée mesure 24h

Conditions météorologiques

	Période Jour (6h-22h)	*Période Nuit (22h-6h)*
Vent - Force	Fort	Fort
Vent - Direction	Sud-Est	Sud-Est
Rayonnement	Faible	
Nébulosité	Nuageux	Nuageux
Surface	Humide	Humide
	(U5,T3)	(U5,T4)
Conclusions sur les conditions météorologiques	Conditions favorables pour la propagation sonore	Conditions favorables pour la propagation sonore

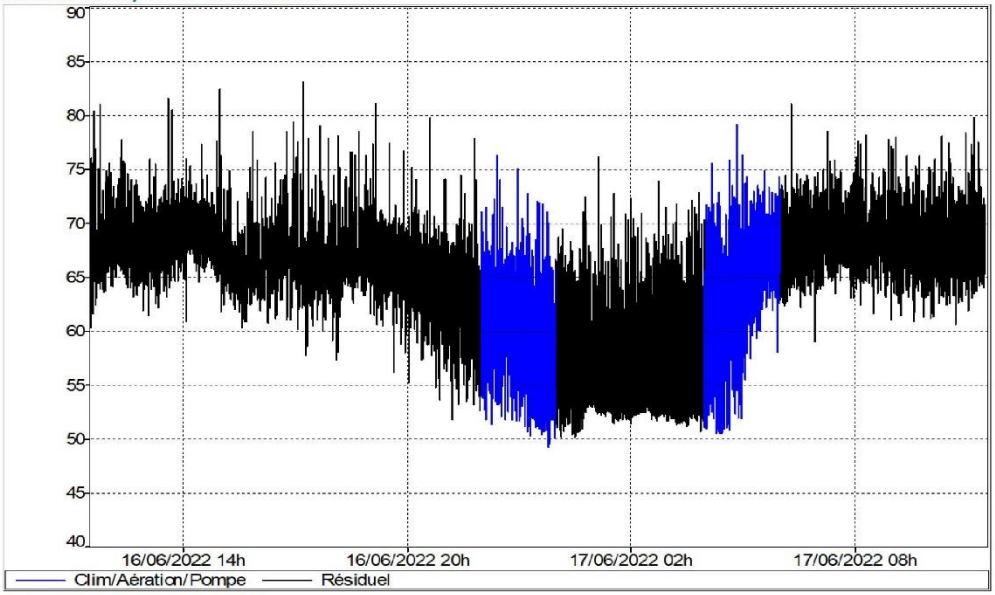
Résultats des mesures

Bruits perçus

Bruit dominant RN1

Autres Faune (chant des oiseaux), pompe, aération et climatisation

Evolution temporelle de la mesure



Niveaux sonores en dB(A)

Période	LAeq	L95	L90	L50	L10	L5	Trafic horaire
Diurne	67.8	62.2	63.6	67.1	69.9	71	VL : 3763 PL : 32
Nocturne	59.3	51.8	52.1	54.8	63.1	64.9	VL : 681 PL : 6

Station n°3 — Point fixe 24h

Norme de mesurage	NF S 31-085, NF S 31-010
Appareillage	sonomètre 06952
Type de mesure	LAeq court (1s)

Localisation

Adresse
Carrière SBTPC sur le site de l'ancienne antenne Oméga
La Réunion

Identification du point de mesure

Emplacement du point de mesure	Champs libre
Orientation du sonomètre	Est
Hauteur du sonomètre	1,5 m

Localisation du point

Sonomètre

Source de bruit	RN1
Distance à la source	>100m

Caractéristiques du site

Urbanisation	Faible
Hauteur bâtiments	/

Caractéristiques du sol

Environnement immédiat	Prairie

Caractéristiques de l'infrastructure

Nb de voies	2 x 2 voie
Revêtement	Goudron
Protection acoustique	/
Allure du trafic	Dense

Station n°3 Point fixe 24h

Date et durée de la mesure

Début mesure 09 Juin 2022 à 14h10
Fin mesure 10 Juin 2022 à 14h10 Durée mesure 24h

Conditions météorologiques

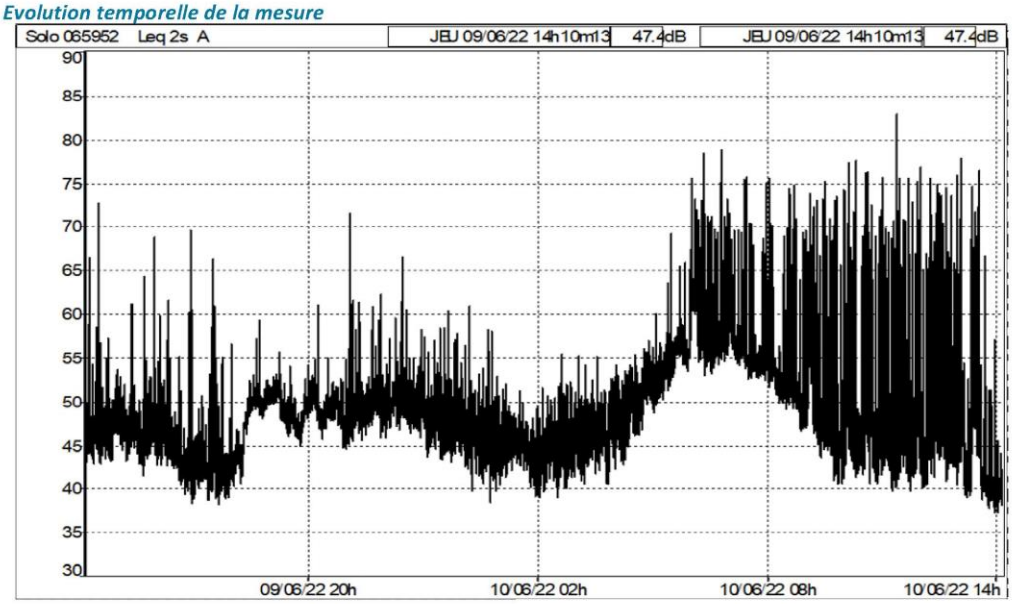
	Période Jour (6h-22h)	*Période Nuit (22h-6h)*
Vent - Force		
Vent - Direction		
Rayonnement	Forte	
Nébulosité	0%	
Surface	Sèche	
Conclusions sur les conditions météorologiques	(U3,T1) Conditions défavorables à la propagation sonore	(U3,T5) Conditions favorables

Résultats des mesures

Bruits perçus

Bruit dominant RN1/chemin
Autres Faune

Evolution temporelle de la mesure



Niveaux sonores en dB(A)

Période	LAeq	L95	L90	L50	L10	L5	Trafic horaire
Diurne	56.5	40.8	42	48.1	57.2	61.3	VL : 4079 PL : 35
Nocturne	50	42	43	47.4	53.3	55.2	VL : 740 PL : 6

ANNEXE 2

VALIDATION DES RESULTATS DE MESURE

Selon la norme AFNOR NF S 31-085 sur la caractérisation et le mesurage du bruit dû au trafic routier, la validation des résultats fait l'objet de tests qui ont quatre objectifs :

- Vérifier que le bruit est imputable au trafic routier ;
- Vérifier que le bruit mesuré est imputable à l'infrastructure considérée ;
- Détecter les intervalles de base présentant des singularités par rapport aux autres ;
- Eliminer les intervalles élémentaires perturbés par les bruits parasites.

Pour se faire, dans le cadre de cette étude, trois tests permettent d'avoir un regard critique sur les mesures acoustiques réalisées. Les tests se répartissent comme suit :

- Le test temporel ;
- Le test de répartition gaussienne ;
- Le test de cohérence entre le bruit et le trafic pour chaque intervalle de base.

Ces trois tests sont détaillés ci-dessous.

Il est à noter que le fait qu'une séquence de mesure ne réponde pas à un ou plusieurs tests ne signifie pas nécessairement que la mesure est invalide. En revanche, une enquête plus approfondie doit être menée afin de trouver une explication.

Enfin, les tests de validation ne sont pas effectués lorsque :

- Le trafic total est inférieur à 200 véhicules par heure ;
- Le trafic total est inférieur à 500 véhicules par heure avec une part de Poids-Lourds supérieure à 17%.

Dans le cas de notre étude, les critères sont validés pour le point PF1 pour les dates suivantes :

- Lundi 13/06 2022 de 15h à 23h,
- Mardi 14/06 2022 de 5h à 14h.

Les critères sont validés pour le point PF2 pour les dates suivantes :

- Jeudi 16/06 2022 de 12h à 0h,
- Vendredi 17/06 2022 de 0h à 1h, et de 4h à 11h.

Les critères sont validés pour le point PF3 pour les dates suivantes :

- Jeudi 09/06 2022 de 14h à 0h,
- Vendredi 10/06 2022 de 0h à 1h, et de 3h à 13h.

De ce fait, les tests n'ont pu être effectué que sur ces deux plages horaires.

Test temporel

Les niveaux sonores des intervalles élémentaires doivent respecter une certaine continuité dans leur évolution temporelle pour être représentatif d'un bruit de trafic routier. Le test a pour objectif d'aider l'opérateur à contrôler cette continuité, en évaluant celle-ci à partir de critère numérique.

La continuité du signal peut être qualifiée par la valeur absolue de l'écart entre deux niveaux sonores relatifs à des intervalles élémentaires successifs. Cet écart ne peut pas dépasser certaines valeurs qui dépendent essentiellement de la durée des intervalles élémentaires, de la distance à la voie et de la vitesse des véhicules. Cet écart décroit lorsque la concentration en véhicules augmente et ne peut pas excéder celui imputable au passage d'un véhicule isolé.

De ce fait, on compare les niveaux sonores successifs des intervalles élémentaires. L'ensemble des intervalles élémentaires correspondant à l'apparition d'un bruit parasite peut être repéré lorsqu'il est délimité entre une discontinuité positive ou une discontinuité négative des valeurs des niveaux sonores sur les intervalles élémentaires.

PF1 et PF2:

Dans notre cas, et dans l'analyse du point fixe 1 et 2, l'écart admissible entre deux valeurs successives des niveaux sonores est de 7 dB(A) puisque les points fixes 1 et 2 sont situés à moins de 100m de distance du bord de voie. Le tronçon étudié pour ces points est limité à 90 km/h.

Plusieurs périodes sont concernés par un écart de plus de 7 dB(A) entre deux valeurs successives des niveaux sonores. Ainsi, des évènements indépendants du trafic routier sont venus perturber la mesure. Pour le PF1, il s'agit seulement de 0,1% des 86 399 valeurs relevées pendant 24 heures. Pour le PF2, il s'agit seulement de 0,3% des 86 399 valeurs relevées pendant 24 heures.

PF3 :

Pour l'analyse du point fixe 3, l'écart admissible entre deux valeurs successives des niveaux sonores est de 3 dB(A) puisque le point fixe 3 est situé à plus de 100m de distance du bord de voie. Le tronçon étudié pour ce point est limité à 90 km/h.

Plusieurs périodes sont concernés par un écart de plus de 3 dB(A) entre deux valeurs successives des niveaux sonores. Ainsi, des évènements indépendants du trafic routier sont venus perturber la mesure. Pour le PF3, il s'agit seulement de 2,6% des 86 399 valeurs relevées pendant 24 heures.

A noter que ces périodes sont largement minoritaires, et n'influencent pas le L_{eq} global.

Répartition Gaussienne

La validation consiste, pour un intervalle de base donné, à associer aux résultats énergétiques un test statistique simple, en supposant que la répartition des niveaux sonores générés par un trafic routier suit approximativement une loi normale.

Le principe de validation fait appel à la distribution statistique des niveaux sonores sur les intervalles élémentaires, décrite par les niveaux sonores L_{10} et L_{50}, correspondant aux niveaux sonores atteints ou dépassés pendant respectivement 10% et 50% du temps sur la période d'observation considérée.

Dans le cadre de notre étude, les mesures ont été réalisées en zone dégagée. De ce fait, on calcule les niveaux L_{10} et L_{50} de chaque intervalle de base, à partir des $L_{A\,eq}$ mesurés sur les intervalles élémentaires.

On définit alors, pour chaque intervalle de base, l'indice :

$$L_{Aeq,Gauss} = L_{50} + 0{,}07\ (L_{10} - L_{50})^2$$

Ainsi, pour chaque intervalle de base, on effectue la différence suivante :

$$d1 = L_{Aeq,base} - L_{Aeq,Gauss}$$

Où $L_{Aeq,base}$ est le niveau de pression acoustique mesuré sur l'intervalle de base considéré.

A partir de cette formule, les mesures sont validées comme représentatives d'un bruit de trafic routier si d1< 1 dB(A) en valeur positive.

Le détail des calculs pour le point PF1 est donné ci-dessous.

Tableau 20 Validation du test de répartition gaussienne pour le point PF1

Date et Période	LAeq, mesuré en dB(A)	L95	L90	L50	L10	L5	Laeq, Gauss en dB(A)	d1 = Laeq, mesuré - Laeq, Gauss en dB(A)

13/06/2022 14:59	60,1	57,1	57,6	59	61,7	63,1	59,5	0,6
13/06/2022 15:59	61,7	57,2	57,7	59,8	62,7	63,7	60,4	1,3
13/06/2022 16:59	61,1	58,1	58,6	60,3	62,3	63,5	60,6	0,5
13/06/2022 17:59	61,3	58,7	59,1	60,9	62,5	63,3	61,1	0,2
13/06/2022 18:59	60,2	56,8	57,5	59,7	61,7	62,6	60,0	0,2
13/06/2022 19:59	60,1	55,4	56,2	58,7	60,9	61,7	59,0	1,1
13/06/2022 20:59	58,2	52,5	53,6	57	59,9	61	57,6	0,6
13/06/2022 21:59	56,4	50,2	51,1	55,4	58,8	59,8	56,2	0,2
13/06/2022 22:59	55,1	46,2	47,5	53	58,3	59,3	55,0	0,1
13/06/2022 23:59	53,4	44,6	45,5	50,2	56,4	58,2	52,9	0,5
14/06/2022 00:59	51,1	39,7	41	47,1	54,7	56,6	51,1	*
14/06/2022 01:59	52,7	39,8	41	48,5	56,2	58,3	52,7	*
14/06/2022 02:59	54,7	42	44,1	51,6	57,9	60	54,4	*
14/06/2022 03:59	58,1	48,8	50,6	56,5	61,2	62,4	58,0	*
14/06/2022 04:59	62,2	58	58,8	61,5	64,1	65	62,0	0,2
14/06/2022 05:59	62,5	59,2	59,7	61,6	64,2	65,2	62,1	0,4
14/06/2022 06:59	62,7	60	60,5	62,1	64,4	65,2	62,5	0,2
14/06/2022 07:59	62,2	59,1	59,6	61,5	63,9	64,7	61,9	0,3
14/06/2022 08:59	61,7	57,6	58,2	60,5	63,3	64,4	61,0	0,7
14/06/2022 09:59	60,2	56,5	57,2	59,3	62,4	63,4	60,0	0,2
14/06/2022 10:59	60,6	56,7	57,3	59,3	62,1	63,3	59,8	0,8
14/06/2022 11:59	59,2	55,8	56,4	58,4	61	62,1	58,9	0,3
14/06/2022 12:59	59,8	56,2	56,8	58,8	61,7	62,7	59,4	0,4
14/06/2022 13:59	63,6	57,1	57,6	59,6	66,4	71	62,8	0,8

* non calculé (trafic horaire inférieur à 200 véh/h)

Le détail des calculs pour le point PF2 est donné ci-dessous.

Tableau 21 Validation du test de répartition gaussienne pour le point PF2

Date et Période	LAeq, mesuré en dB(A)	L95	L90	L50	L10	L5	Laeq, Gauss en dB(A)	d1 = Laeq, mesuré - Laeq, Gauss en dB(A)
16/06/2022 11:31	68,5	65,1	65,7	67,6	70,2	71,4	68,1	0,4

16/06/2022 12:31	68,1	64,7	65,4	67,4	69,9	70,9	67,8	0,3
16/06/2022 13:31	69,1	65,9	66,5	68,3	70,7	71,5	68,7	0,4
16/06/2022 14:31	67,6	63,8	64,3	66,7	69,5	70,3	67,2	0,4
16/06/2022 15:31	65,8	62,1	62,8	64,8	67,4	68,5	65,3	0,5
16/06/2022 16:31	67	62,1	62,9	65,9	68,3	69,8	66,3	0,7
16/06/2022 17:31	66	61,9	62,8	65	67,3	68,7	65,4	0,6
16/06/2022 18:31	67,6	64	64,7	67,1	69,0	69,6	67,4	0,2
16/06/2022 19:31	66,6	61,6	62,8	66,1	68,4	69,0	66,5	0,1
16/06/2022 20:31	65	58,3	59,6	64,3	67,3	68,0	64,9	0,1
16/06/2022 21:31	63,3	54,9	56,2	61,7	66,1	67,3	63,1	0,2
16/06/2022 22:31	62,1	52,7	54,2	60,3	65,2	66,3	62,0	0,1
16/06/2022 23:31	60,2	50,9	51,5	57,8	63,8	65,1	60,3	-0,1
17/06/2022 00:31	58,9	51,6	52,3	54,2	62,4	64,2	58,9	0,0
17/06/2022 01:31	58,2	52	52,2	53,6	61,4	63,8	57,9	*
17/06/2022 02:31	59,2	51,8	52	53,9	63,2	65,4	60,0	*
17/06/2022 03:31	62	51,7	52,3	58,7	65,6	67,4	62,0	*
17/06/2022 04:31	65,8	57,2	59,1	64,1	68,9	70,3	65,7	0,1
17/06/2022 05:31	68,1	63,8	64,4	67,4	70,2	71,2	67,9	0,2
17/06/2022 06:31	69,2	65,2	66	68,5	71,2	72,0	69,0	0,2
17/06/2022 07:31	69,2	65,6	66,5	68,6	70,8	71,8	68,9	0,3
17/06/2022 08:31	69,1	65	66	68,4	70,9	72,0	68,8	0,3
17/06/2022 09:31	68,5	64,4	65,4	67,9	70,4	71,4	68,3	0,2
17/06/2022 10:31	68,5	64,8	65,5	67,6	70,3	71,6	68,1	0,4

* non calculé (trafic horaire inférieur à 200 véh/h)

Le détail des calculs pour le point PF3 est donné ci-dessous.

Tableau 22 Validation du test de répartition gaussienne pour le point PF3

Date et Période	LAeq, mesuré en dB(A)	L95	L90	L50	L10	L5	Laeq, Gauss en dB(A)	d1 = Laeq, mesuré - Laeq, Gauss en dB(A)
09/06/2022 14:10	49,6	44	44,4	46,5	49,2	50,5	47,0	2,6

09/06/2022 15:10	49	43,8	44,2	46,1	48,6	50,4	46,5	2,5
09/06/2022 16:10	47,9	40,1	40,8	43,6	46,7	48,6	44,3	3,6
09/06/2022 17:10	45,6	39,8	40,2	42,2	45,2	47,5	42,8	2,8
09/06/2022 18:10	49,4	42,9	43,8	49,6	51	51,5	49,7	-0,3
09/06/2022 19:10	49,4	46,1	46,6	48,8	51,3	51,9	49,2	0,2
09/06/2022 20:10	49,6	46,1	46,6	48,4	50,3	51,4	48,7	0,9
09/06/2022 21:10	50,4	46,9	47,4	49,3	51,7	53,3	49,7	0,7
09/06/2022 22:10	50,5	46,7	47,4	49,4	51,6	52,8	49,7	0,8
09/06/2022 23:10	48,3	44,4	45	47,3	50	51,1	47,8	0,5
10/06/2022 00:10	46,8	41,5	42,3	45,6	49	49,9	46,4	0,4
10/06/2022 01:10	44,8	40,8	41,5	44,2	46,8	47,5	44,7	*
10/06/2022 02:10	45,6	40,9	41,7	44,4	47,9	49,1	45,3	*
10/06/2022 03:10	47,2	42,2	43,1	46,2	49,6	50,8	47,0	0,2
10/06/2022 04:10	51	45,9	46,9	50,5	53,2	54	51,0	0,0
10/06/2022 05:10	57,9	51,7	52,4	55,3	61,1	61,8	57,7	0,2
10/06/2022 06:10	61,4	54,2	54,8	57	63,8	66,9	60,2	1,2
10/06/2022 07:10	59,4	52,8	53,2	54,8	59,9	64,7	56,6	2,8
10/06/2022 08:10	59,1	47,6	48,5	51,7	60,9	66,4	57,6	1,5
10/06/2022 09:10	58,6	42,9	43,8	47,7	60,1	65,1	58,5	0,1
10/06/2022 10:10	58,1	42,1	42,8	46,3	59,5	64,2	58,5	-0,4
10/06/2022 11:10	58	41	41,5	45	58,2	62,9	57,2	0,8
10/06/2022 12:10	59,1	42,4	43,4	48,8	60,2	65,1	57,9	1,2
10/06/2022 13:10	55,3	38,3	38,8	41,1	54,2	59,2	53,1	2,2

* non calculé (trafic horaire inférieur à 200 véh/h)

A noter qu'un dépassement important de la valeur positive de 1 dB(A) traduit la présence de sources anormalement bruyantes ou de bruit parasite pendant moins de 10 % du temps. Cela peut être le cas en particulier lorsqu'on cherche à mesurer la contribution sonore d'un trafic contenant sporadiquement une forte concentration de poids lourds ou de véhicules particulièrement bruyants. Cependant, si ce n'est pas le cas, on doit contrôler l'absence d'apparition de bruits accidentels par analyse de la continuité de l'évolution temporelle des niveaux sonores sur les intervalles élémentaires ou par une analyse fine de la distribution statistique.

Corrélation Bruit / Trafic

Le but de ce test est de comparer, au sein d'un intervalle de référence considéré, la variation des niveaux sonores mesurés sur les intervalles de base $LA_{eq,\ mes}$ et la variation des niveaux sonores théoriques $LA_{eq,\ calc}$, calculés sur ces mêmes intervalles de base à partir des mesures de trafic et des mesures ou estimation de vitesse.

La validation consiste à vérifier, pour chaque intervalle de base, la relation théorique décrite par la formule :

$$L_{A\,eq,mes} = L_{A\,eq,calc}$$

Où :

$L_{A\,eq,mes}$ est le niveau de pression acoustique mesuré sur un intervalle de base considéré.

$L_{A\,eq,calc}$ est le niveau de pression acoustique calculé sur le même intervalle de base.

Pour cela, on compare, au sein d'un intervalle de référence considéré, la variation des niveaux sonores mesurés sur les intervalles de base $L_{A\,eq,mes}$ et la variation des niveaux sonores théoriques $L_{A\,eq,calc}$, calculés sur ces mêmes intervalles de base à partir des mesures de trafic et des mesures ou estimation de vitesse.

Sur l'intervalle de référence considéré, on trace les courbes de variation temporelle des deux fonctions suivantes :

$$L_{A\,eq,mes}(i) = L_{A\,eq,base}(i)$$

$$L_{A\,eq,calc} = L_{A\,eq,ref} + 10\log(\frac{Q_{éq,i}}{Q_{éq,ref}}) + C_v * \log(\frac{V_{m,i}}{V_{m,ref}})$$

Où :

$L_{A\,eq,base}$ est le niveau sonore mesuré sur l'intervalle de base i.

$L_{A\,eq,ref}$ est le niveau sonore mesuré sur l'intervalle de référence considéré.

$Q_{éq,i}$ est le débit horaire acoustiquement équivalent mesuré sur l'intervalle de base i, exprimé en v/h.

$Q_{éq,ref}$ est le débit horaire acoustiquement équivalent mesuré sur l'intervalle de référence considéré, exprimé en v/h.

C_v est une valeur dépendant des conditions de circulation.

$V_{m,i}$ est la vitesse moyenne du flot mesurée ou estimée sur l'intervalle de base i, exprimé en m/s.

$V_{m,réf}$ est la vitesse moyenne du flot mesurée ou estimée sur l'intervalle de référence considéré, exprimée en m/s.

Dans le cadre de cette étude, on fait l'hypothèse que $V_{m,i} = V_{m,réf}$

Pour chaque intervalle de base, on calcule la valeur absolue de la différence $L_{A\,eq,mes}(i) - L_{A\,eq,calc}(i)$.

Lorsque des écarts entre courbes sont constatés et que pour certains intervalles de base $L_{A\,eq,mes}(i) - L_{A\,eq,calc}(i)$ >3 dB(A), des explications doivent être recherchées sur ces écarts.

Le détail des calculs pour le point PF1 est donné ci-dessous.

Tableau 23 Validation du test de corrélation bruit / trafic pour le point PF1

Date et Période	Laeq, mes	LAeq, calc	d2 = LAeq, mes - LAeq,calc
13/06/2022 14:59	60,1	61,6	-1,5
13/06/2022 15:59	61,7	62,0	-0,3
13/06/2022 16:59	61,1	61,6	-0,5
13/06/2022 17:59	61,3	61,3	0,0
13/06/2022 18:59	60,2	60,9	-0,7
13/06/2022 19:59	60,1	58,7	1,4
13/06/2022 20:59	58,2	56,8	1,4
13/06/2022 21:59	56,4	54,5	1,9
13/06/2022 22:59	55,1	56,3	-1,2

Date et Période	Laeq, mes	LAeq, calc	d2 = LAeq, mes - LAeq,calc
13/06/2022 23:59	53,4	54,1	*
14/06/2022 00:59	51,1	50,7	*
14/06/2022 01:59	52,7	N/A	*
14/06/2022 02:59	54,7	48,9	*
14/06/2022 03:59	58,1	51,2	*
14/06/2022 04:59	62,2	56,2	6,0
14/06/2022 05:59	62,5	62,8	-0,3
14/06/2022 06:59	62,7	61,4	1,3
14/06/2022 07:59	62,2	N/A	N/A
14/06/2022 08:59	61,7	62,2	-0,5
14/06/2022 09:59	60,2	62,0	-1,8
14/06/2022 10:59	60,6	61,7	-1,1
14/06/2022 11:59	59,2	61,5	-2,3
14/06/2022 12:59	59,8	61,4	-1,6
14/06/2022 13:59	63,6	61,4	2,2

* non calculé (trafic horaire inférieur à 200 véh/h)

Le détail des calculs pour le point PF2 est donné ci-dessous.

Tableau 24 Validation du test de corrélation bruit / trafic pour le point PF2

Date et Période	Laeq, mes	LAeq, calc	d2 = LAeq, mes - LAeq,calc
16/06/2022 11:31	60,1	61,9	-1,8
16/06/2022 12:31	61,7	62,2	-0,5
16/06/2022 13:31	61,1	61,8	-0,7
16/06/2022 14:31	61,3	61,5	-0,2
16/06/2022 15:31	60,2	61,1	-0,9
16/06/2022 16:31	60,1	58,9	1,2
16/06/2022 17:31	58,2	57,1	1,1
16/06/2022 18:31	56,4	54,8	1,6
16/06/2022 19:31	55,1	56,3	-1,2
16/06/2022 20:31	53,4	54,1	-0,7
16/06/2022 21:31	51,1	50,7	0,4
16/06/2022 22:31	52,7	N/A	N/A
16/06/2022 23:31	54,7	48,9	5,8
17/06/2022 00:31	58,1	51,2	6,9
17/06/2022 01:31	62,2	56,2	*
17/06/2022 02:31	62,5	62,8	*
17/06/2022 03:31	62,7	61,6	*
17/06/2022 04:31	62,2	N/A	N/A
17/06/2022 05:31	61,7	62,5	-0,8
17/06/2022 06:31	60,2	62,2	-2,0
17/06/2022 07:31	60,6	62,0	-1,4
17/06/2022 08:31	59,2	61,7	-2,5
17/06/2022 09:31	59,8	61,7	-1,9

Date et Période	Laeq, mes	LAeq, calc	d2 = LAeq, mes - LAeq,calc
17/06/2022 10:31	63,6	61,6	2,0

* non calculé (trafic horaire inférieur à 200 véh/h)

Le détail des calculs pour le point PF3 est donné ci-dessous.

Tableau 25 Validation du test de corrélation bruit / trafic pour le point PF3

Date et Période	Laeq, mes	LAeq, calc	d2 = LAeq, mes - LAeq,calc
09/06/2022 14:10	49,6	54,4	-4,8
09/06/2022 15:10	49,0	54,2	-5,2
09/06/2022 16:10	47,9	54,1	-6,2
09/06/2022 17:10	45,6	53,8	-8,2
09/06/2022 18:10	49,4	53,9	-4,5
09/06/2022 19:10	49,4	51,9	-2,5
09/06/2022 20:10	49,6	49,1	0,5
09/06/2022 21:10	50,4	47,9	2,5
09/06/2022 22:10	50,5	49,6	0,9
09/06/2022 23:10	48,3	47,5	0,8
10/06/2022 00:10	46,8	46,0	0,8
10/06/2022 01:10	44,8	42,8	*
10/06/2022 02:10	45,6	42,9	*
10/06/2022 03:10	47,2	44,9	2,3
10/06/2022 04:10	51,0	49,0	2,0
10/06/2022 05:10	57,9	54,7	3,2
10/06/2022 06:10	61,4	54,0	7,4
10/06/2022 07:10	59,4	54,4	5,0
10/06/2022 08:10	59,1	54,5	4,6
10/06/2022 09:10	58,6	54,2	4,4
10/06/2022 10:10	58,1	54,1	4,0
10/06/2022 11:10	58,0	54,6	3,4
10/06/2022 12:10	59,1	54,6	4,5
10/06/2022 13:10	55,3	54,4	0,9

Un écart de plus de 3 dB(A) entre le niveau de pression acoustique mesuré et le niveau de pression acoustique calculé peut être expliqué, soit par l'occurrence d'un bruit particulier, soit par des variations de conditions météorologiques.

ANNEXE 3

HYPOTHESES TRAFIC

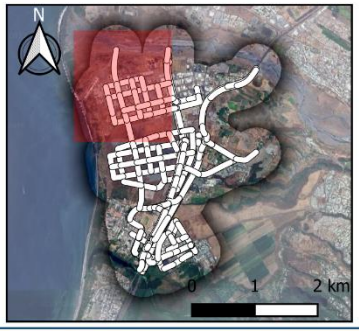
Hypothèse trafic Horizon 2022 et 2027 Carte 1/6

Axe Mixte

Etude Air et Santé

Légende

Routes



Sources : IGN

ARTELIA

8518256
UTM Zone 40S
1/2023

id	TMJA EI	%PL EI	TMJA REF 2027	%PL REF 2027	TMJA PRO 2027	%PL PRO 2027	Vitesse
54	10639	12%	12531	12%	14045	11%	75
56	9967	6%	11014	6%	11551	6%	25
59	10639	12%	12531	12%	14045	11%	75
74	10639	12%	12531	12%	14045	11%	25
84	9967	6%	11014	6%	11551	6%	75
100	9967	6%	10492	5%	10931	5%	75
111	9967	6%	11014	6%	11551	6%	75
150	#N/A	#N/A	1367	35%	1644	35%	50
151	#N/A	#N/A	1084	30%	1076	30%	50
152	#N/A	#N/A	1084	30%	1076	30%	50
153	#N/A	#N/A	1084	30%	1076	30%	50
155	#N/A	#N/A	283	53%	568	45%	50
179	#N/A	#N/A	1084	30%	1076	30%	50
181	#N/A	#N/A	5357	17%	5102	16%	50
182	#N/A	#N/A	2268	16%	2288	17%	50
183	#N/A	#N/A	2268	16%	2288	17%	50
188	#N/A	#N/A	2268	16%	2288	17%	50

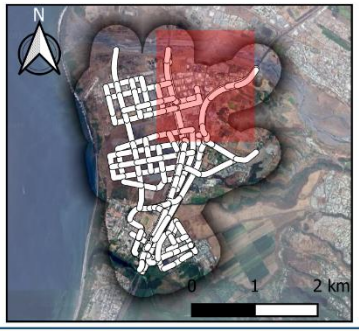
Hypothèse trafic Horizon 2022 et 2027
Carte 2/6

Axe Mixte

Etude Air et Santé

Légende

Routes



Sources : IGN

ARTELIA

8518256
UTM Zone 40S
1/2023

id	TMJA EI	%PL EI	TMJA REF 2027	%PL REF 2027	TMJA PRO 2027	%PL PRO 2027	Vitesse
26	6184	7%	6816	8%	5455	7%	45
27	10198	5%	13441	6%	14246	6%	75
42	3574	13%	2544	8%	2544	8%	25
43	13772	7%	15985	6%	16790	6%	25
44	12530	9%	17098	10%	15126	10%	75
45	5846	7%	6775	8%	7612	9%	45
54	10639	12%	12531	12%	14045	11%	75
56	9967	6%	11014	6%	11551	6%	25
57	6605	15%	5267	12%	5327	12%	35
58	13689	10%	15455	10%	17329	10%	25
59	10639	12%	12531	12%	14045	11%	75
60	31757	10%	35548	9%	34424	10%	100
61	10198	5%	13441	6%	14246	6%	75
62	10115	9%	12911	11%	14790	10%	75
63	3795	7%	7617	7%	9031	8%	67
64	25911	11%	28773	10%	26817	10%	100
65	10115	9%	12911	11%	14790	10%	75
74	10639	12%	12531	12%	14045	11%	25
75	9967	6%	12356	6%	12819	6%	75
76	8817	5%	10012	5%	7590	3%	45
82	13964	15%	12362	11%	12415	11%	35
83	2509	12%	2446	10%	1322	11%	45
84	9967	6%	11014	6%	11551	6%	75
85	9393	7%	11939	10%	9830	9%	67
86	10115	9%	12911	11%	14790	10%	75
99	1793	7%	2250	9%	3031	11%	25
100	9967	6%	10492	5%	10931	5%	75
101	12613	6%	17629	6%	16622	6%	75
102	10198	5%	13441	6%	14246	6%	75
110	3209	7%	5123	12%	4374	13%	67
111	9967	6%	11014	6%	11551	6%	75
112	7085	6%	10187	10%	12007	9%	25
122	8693	9%	9262	8%	6777	8%	45
123	4053	8%	4525	7%	4582	7%	25
124	24522	7%	26945	7%	26522	7%	100
125	3137	16%	5159	10%	5296	10%	45
134	6984	16%	6178	7%	6207	9%	35
135	6984	16%	6178	7%	6207	9%	35
136	27659	8%	32104	7%	31814	7%	100
137	31757	10%	35548	9%	34424	10%	100
138	27659	8%	32104	7%	31814	7%	100
139	31757	10%	35548	9%	34424	10%	100
141	3805	8%	3629	6%	3976	7%	25
144	7359	16%	7095	10%	7088	10%	35
145	14444	11%	17282	10%	19095	9%	25
150	#N/A	#N/A	1367	35%	1644	35%	50
151	#N/A	#N/A	1084	30%	1076	30%	50
155	#N/A	#N/A	283	53%	568	45%	50
181	#N/A	#N/A	5357	17%	5102	16%	50
182	#N/A	#N/A	2268	16%	2288	17%	50
249	2415	11%	4187	7%	4471	7%	50
250	12613	6%	17629	6%	18716	6%	50
254	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	4130	8%	50
255	12530	9%	17098	10%	19256	9%	50

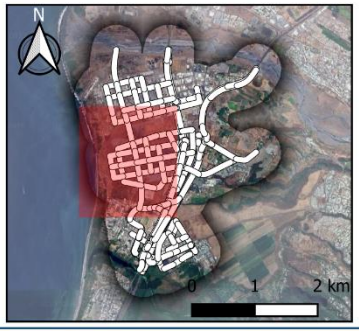
Hypothèse trafic Horizon 2022 et 2027
Carte 3/6

Axe Mixte

Etude Air et Santé

Légende

Routes

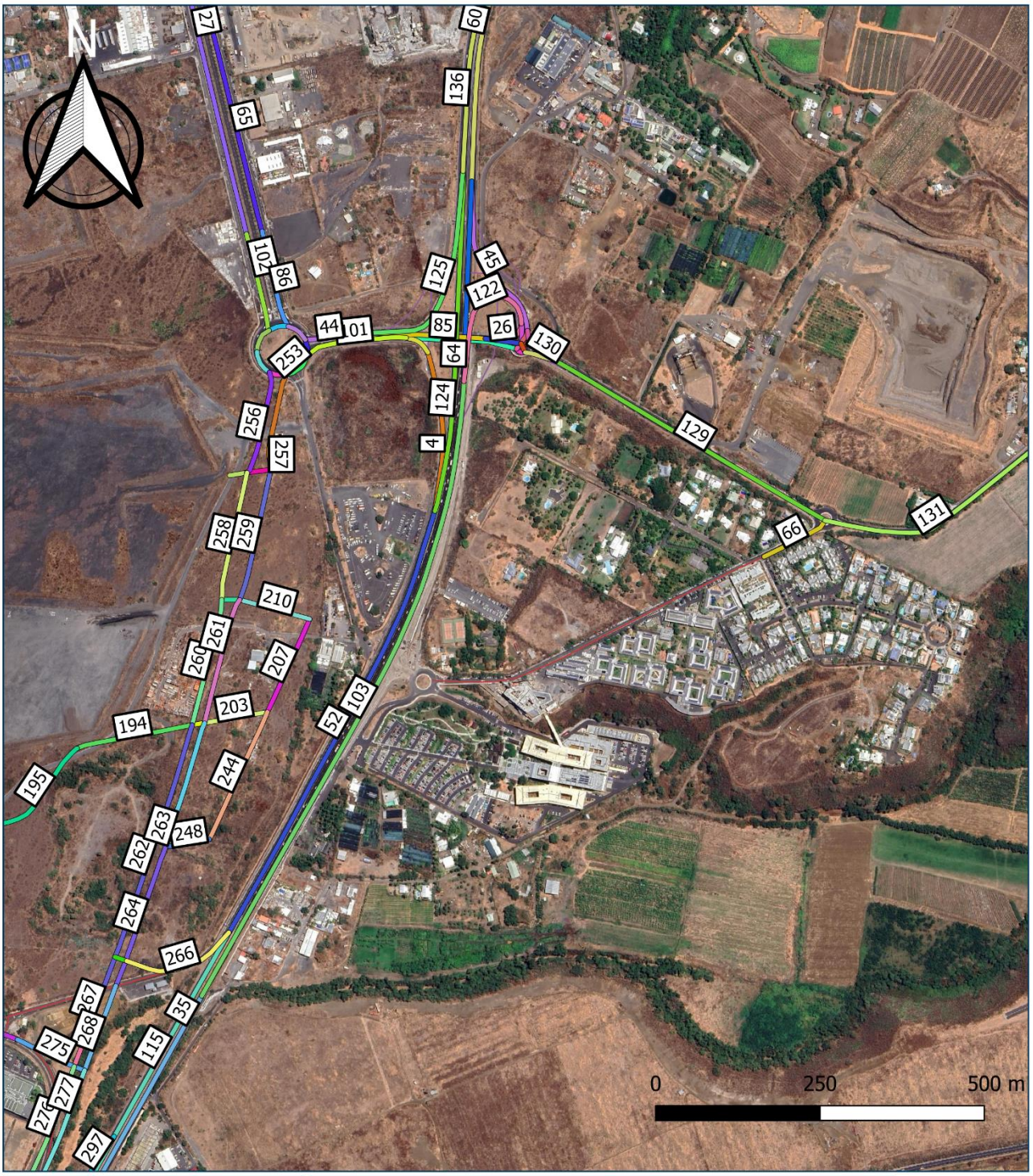


Sources : IGN

ARTELIA

8518256
UTM Zone 40S
1/2023

id	TMJA EI	%PL EI	TMJA REF 2027	%PL REF 2027	TMJA PRO 2027	%PL PRO 2027	Vitesse
27	10198	5%	13441	6%	14246	6%	75
29	2555	9%	1571	10%	86	10%	35
35	34604	10%	38035	9%	33594	10%	100
61	10198	5%	13441	6%	14246	6%	75
62	10115	9%	12911	11%	14790	10%	75
65	10115	9%	12911	11%	14790	10%	75
103	34604	10%	38035	9%	33594	10%	100
113	2555	9%	1571	10%	55	10%	35
115	30785	6%	35386	6%	33382	6%	100
179	#N/A	#N/A	1084	30%	1076	30%	50
183	#N/A	#N/A	2268	16%	2288	17%	50
188	#N/A	#N/A	2268	16%	2288	17%	50
192	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	51	11%	50
194	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	184	10%	50
195	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	241	10%	50
196	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	241	10%	50
203	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	0	25%	50
221	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	141	10%	50
248	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	131	8%	50
260	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	3066	10%	50
261	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	5012	9%	50
262	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	3047	10%	50
263	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	4961	9%	50
264	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	5029	9%	50
265	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	736	17%	50
266	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	736	17%	50
267	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	3850	11%	50
268	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	5029	9%	50
273	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	86	10%	50
274	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	86	10%	50
275	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	86	10%	50
276	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	3830	11%	50
277	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	5101	9%	50



Hypothèse trafic Horizon 2022 et 2027
Carte 4/6

Axe Mixte

Etude Air et Santé

Légende

Routes

Sources : IGN

ARTELIA

8518256
UTM Zone 40S
1/2023

id	TMJA EI	%PL EI	TMJA REF 2027	%PL REF 2027	TMJA PRO 2027	%PL PRO 2027	Vitesse
4	8817	5%	10012	5%	7590	3%	45
26	6184	7%	6816	8%	5455	7%	45
27	10198	5%	13441	6%	14246	6%	75
35	34604	10%	38035	9%	33594	10%	100
41	1531	7%	3339	9%	3641	9%	25
44	12530	9%	17098	10%	15126	10%	75
45	5846	7%	6775	8%	7612	9%	45
52	33340	7%	36957	6%	34118	6%	100
53	3659	6%	5019	12%	4804	12%	25
60	31757	10%	35548	9%	34424	10%	100
63	3795	7%	7617	7%	9031	8%	67
64	25911	11%	28773	10%	26817	10%	100
65	10115	9%	12911	11%	14790	10%	75
66	4740	18%	5608	21%	5563	21%	35
76	8817	5%	10012	5%	7590	3%	45
83	2509	12%	2446	10%	1322	11%	45
85	9393	7%	11939	10%	9830	9%	67
86	10115	9%	12911	11%	14790	10%	75
98	2265	8%	4278	6%	5390	8%	25
99	1793	7%	2250	9%	3031	11%	25
101	12613	6%	17629	6%	16622	6%	75
102	10198	5%	13441	6%	14246	6%	75
103	34604	10%	38035	9%	33594	10%	100
110	3209	7%	5123	12%	4374	13%	67
115	30785	6%	35386	6%	33382	6%	100
121	3431	11%	4370	6%	4111	6%	25
122	8693	9%	9262	8%	6777	8%	45
123	4053	8%	4525	7%	4582	7%	25
124	24522	7%	26945	7%	26522	7%	100
125	3137	16%	5159	10%	5296	10%	45
129	12674	8%	17253	9%	17134	9%	63
130	7712	7%	9544	10%	9381	10%	63
131	10329	4%	13266	4%	13167	4%	63
132	4962	10%	7709	7%	7753	7%	63
136	27659	8%	32104	7%	31814	7%	100
192	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	51	11%	50
194	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	184	10%	50
195	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	241	10%	50
203	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	0	25%	50
207	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	210	11%	50
210	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	210	11%	50
211	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	104	11%	50
241	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	448	10%	50
242	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	321	10%	50
244	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	131	8%	50
248	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	131	8%	50
249	2415	11%	4187	7%	4471	7%	50
250	12613	6%	17629	6%	18716	6%	50
251	12613	6%	17629	6%	18716	6%	50
252	12613	6%	17629	6%	15434	5%	50
253	12613	6%	17629	6%	20757	6%	50
254	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	4130	8%	50
255	12530	9%	17098	10%	19256	9%	50
256	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	3302	10%	50

id	TMJA EI	%PL EI	TMJA REF 2027	%PL REF 2027	TMJA PRO 2027	%PL PRO 2027	Vitesse
257	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	5323	9%	50
258	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	3175	10%	50
259	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	5128	9%	50
260	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	3066	10%	50
261	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	5012	9%	50
262	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	3047	10%	50
263	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	4961	9%	50
264	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	5029	9%	50
265	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	736	17%	50
266	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	736	17%	50
267	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	3850	11%	50
268	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	5029	9%	50
274	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	86	10%	50
275	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	86	10%	50
276	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	3830	11%	50
277	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	5101	9%	50
297	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	4630	6%	50

Hypothèse trafic Horizon 2022 et 2027
Carte 5/6

Axe Mixte

Etude Air et Santé

Légende

Routes

Sources : IGN

ARTELIA

8518256
UTM Zone 40S
1/2023

id	TMJA EI	%PL EI	TMJA REF 2027	%PL REF 2027	TMJA PRO 2027	%PL PRO 2027	Vitesse
2	4735	10%	4721	9%	4830	10%	65
7	2555	9%	1571	10%	55	10%	30
8	5790	2%	5503	3%	5475	2%	63
11	44	1%	826	11%	870	17%	30
12	3097	13%	4209	12%	3798	11%	25
15	15090	6%	15467	6%	12304	6%	70
16	7591	7%	7325	7%	4218	6%	45
17	28783	10%	31675	9%	31734	9%	100
18	4735	10%	4721	9%	4830	10%	35
19	11282	8%	13576	7%	14663	7%	25
20	8185	6%	9367	5%	10864	6%	70
21	25898	6%	34384	5%	34706	5%	100
22	#N/A	#N/A	6062	4%	5954	4%	45
23	#N/A	#N/A	6062	4%	5954	4%	45
25	5516	14%	5861	15%	5986	14%	30
29	2555	9%	1571	10%	86	10%	35
30	1239	2%	2802	13%	2882	13%	30
31	5790	2%	5503	3%	5475	2%	63
32	258	1%	997	16%	1055	21%	30
35	34604	10%	38035	9%	33594	10%	100
35	34604	10%	38035	9%	33594	10%	100
36	12366	5%	13317	5%	14243	5%	25
37	5276	4%	5175	5%	6157	5%	45
38	4735	10%	4721	9%	4830	10%	35
39	4735	10%	4721	9%	4830	10%	35
47	25898	6%	28322	6%	28751	5%	100
47	25898	6%	28322	6%	28751	5%	100
47	25898	6%	28322	6%	28751	5%	100
49	4735	10%	4721	9%	4830	10%	35
50	7089	5%	8142	6%	8086	6%	25
52	33340	7%	36957	6%	34118	6%	100
67	5790	2%	5503	3%	5475	2%	63
68	10088	8%	12116	7%	13028	7%	25
72	44	1%	826	11%	870	17%	30
77	7499	6%	8143	6%	8086	6%	70
79	7631	2%	8596	4%	9417	3%	25
87	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	5351	6%	30
88	1840	2%	3093	6%	3937	5%	25
89	1239	2%	2802	13%	2882	13%	30
91	17419	6%	12773	5%	13422	6%	30
93	3506	12%	4211	12%	3798	11%	45
94	6829	3%	7425	3%	7333	3%	25
95	9242	10%	10119	6%	10079	7%	25
96	9900	7%	10115	7%	10178	7%	25
97	8203	10%	8196	6%	8221	7%	63
103	34604	10%	38035	9%	33594	10%	100
104	8203	10%	8196	6%	8221	7%	63
105	8248	10%	9023	7%	9091	8%	63
106	7631	2%	8596	4%	9417	3%	25
107	23507	11%	26500	10%	25577	10%	100
108	10481	9%	11202	8%	11270	8%	25
113	2555	9%	1571	10%	55	10%	35
114	981	2%	5933	7%	6266	6%	30
115	30785	6%	35386	6%	33382	6%	100

id	TMJA EI	%PL EI	TMJA REF 2027	%PL REF 2027	TMJA PRO 2027	%PL PRO 2027	Vitesse
117	10596	8%	12352	8%	11884	7%	25
118	11097	9%	11535	9%	8017	8%	45
120	2555	9%	1571	10%	55	10%	30
140	2555	9%	1571	10%	5407	6%	35
142	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	8115	5%	30
143	5395	5%	3498	4%	8115	5%	30
146	1194	2%	6104	8%	6451	7%	30
147	1039	8%	1923	6%	1863	7%	25
148	1194	2%	6104	8%	6451	7%	30
149	213	1%	171	39%	185	41%	30
195	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	241	10%	50
196	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	241	10%	50
221	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	141	10%	50
244	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	131	8%	50
248	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	131	8%	50
262	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	3047	10%	50
263	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	4961	9%	50
264	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	5029	9%	50
265	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	736	17%	50
266	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	736	17%	50
267	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	3850	11%	50
268	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	5029	9%	50
273	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	86	10%	50
274	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	86	10%	50
275	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	86	10%	50
276	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	3830	11%	50
277	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	5101	9%	50
278	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	4630	6%	50
279	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	6753	8%	50
280	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	8744	7%	50
281	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	12054	6%	50
282	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	5935	7%	50
283	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	4910	8%	50
284	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	4910	8%	50
285	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	12304	6%	50
286	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	12304	6%	50
287	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	8909	6%	50
288	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	10184	5%	50
290	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	10184	5%	50
291	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	8909	6%	50
292	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	12054	6%	50
293	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	5935	7%	50
294	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	12054	6%	50
295	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	5935	7%	50
296	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	4630	6%	50
297	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	4630	6%	50

Hypothèse trafic Horizon 2022 et 2027
Carte 6/6

Axe Mixte

Etude Air et Santé

Légende

Routes

Sources : IGN

ARTELIA

8518256
UTM Zone 40S
1/2023

id	TMJA EI	%PL EI	TMJA REF 2027	%PL REF 2027	TMJA PRO 2027	%PL PRO 2027	Vitesse
2	4735	10%	4721	9%	4830	10%	65
7	2555	9%	1571	10%	55	10%	30
8	5790	2%	5503	3%	5475	2%	63
11	44	1%	826	11%	870	17%	30
12	3097	13%	4209	12%	3798	11%	25
15	15090	6%	15467	6%	12304	6%	70
16	7591	7%	7325	7%	4218	6%	45
17	28783	10%	31675	9%	31734	9%	100
18	4735	10%	4721	9%	4830	10%	35
19	11282	8%	13576	7%	14663	7%	25
20	8185	6%	9367	5%	10864	6%	70
21	25898	6%	34384	5%	34706	5%	100
22	#N/A	#N/A	6062	4%	5954	4%	45
23	#N/A	#N/A	6062	4%	5954	4%	45
25	5516	14%	5861	15%	5986	14%	30
29	2555	9%	1571	10%	86	10%	35
30	1239	2%	2802	13%	2882	13%	30
31	5790	2%	5503	3%	5475	2%	63
32	258	1%	997	16%	1055	21%	30
35	34604	10%	38035	9%	33594	10%	100
35	34604	10%	38035	9%	33594	10%	100
36	12366	5%	13317	5%	14243	5%	25
37	5276	4%	5175	5%	6157	5%	45
38	4735	10%	4721	9%	4830	10%	35
39	4735	10%	4721	9%	4830	10%	35
47	25898	6%	28322	6%	28751	5%	100
47	25898	6%	28322	6%	28751	5%	100
47	25898	6%	28322	6%	28751	5%	100
49	4735	10%	4721	9%	4830	10%	35
50	7089	5%	8142	6%	8086	6%	25
52	33340	7%	36957	6%	34118	6%	100
67	5790	2%	5503	3%	5475	2%	63
68	10088	8%	12116	7%	13028	7%	25
72	44	1%	826	11%	870	17%	30
77	7499	6%	8143	6%	8086	6%	70
79	7631	2%	8596	4%	9417	3%	25
87	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	5351	6%	30
88	1840	2%	3093	6%	3937	5%	25
89	1239	2%	2802	13%	2882	13%	30
93	3506	12%	4211	12%	3798	11%	45
94	6829	3%	7425	3%	7333	3%	25
95	9242	10%	10119	6%	10079	7%	25
96	9900	7%	10115	7%	10178	7%	25
97	8203	10%	8196	6%	8221	7%	63
103	34604	10%	38035	9%	33594	10%	100
104	8203	10%	8196	6%	8221	7%	63
105	8248	10%	9023	7%	9091	8%	63
106	7631	2%	8596	4%	9417	3%	25
107	23507	11%	26500	10%	25577	10%	100
108	10481	9%	11202	8%	11270	8%	25
114	981	2%	5933	7%	6266	6%	30
115	30785	6%	35386	6%	33382	6%	100
117	10596	8%	12352	8%	11884	7%	25
118	11097	9%	11535	9%	8017	8%	45

id	TMJA EI	%PL EI	TMJA REF 2027	%PL REF 2027	TMJA PRO 2027	%PL PRO 2027	Vitesse
142	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	8115	5%	30
146	1194	2%	6104	8%	6451	7%	30
147	1039	8%	1923	6%	1863	7%	25
148	1194	2%	6104	8%	6451	7%	30
149	213	1%	171	39%	185	41%	30
221	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	141	10%	50
244	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	131	8%	50
248	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	131	8%	50
262	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	3047	10%	50
263	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	4961	9%	50
264	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	5029	9%	50
265	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	736	17%	50
266	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	736	17%	50
267	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	3850	11%	50
268	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	5029	9%	50
273	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	86	10%	50
274	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	86	10%	50
275	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	86	10%	50
276	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	3830	11%	50
277	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	5101	9%	50
278	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	4630	6%	50
279	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	6753	8%	50
280	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	8744	7%	50
281	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	12054	6%	50
282	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	5935	7%	50
283	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	4910	8%	50
284	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	4910	8%	50
285	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	12304	6%	50
286	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	12304	6%	50
287	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	8909	6%	50
288	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	10184	5%	50
290	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	10184	5%	50
291	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	8909	6%	50
292	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	12054	6%	50
293	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	5935	7%	50
294	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	12054	6%	50
295	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	5935	7%	50
296	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	4630	6%	50
297	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	4630	6%	50

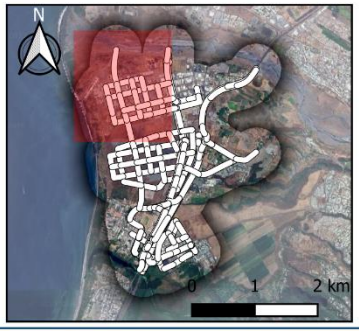
Hypothèse trafic Horizon 2047
Carte 1/6

Axe Mixte

Etude Air et Santé

Légende

Routes



Sources : IGN

ARTELIA

8518256
UTM Zone 40S
1/2023

id	TMJA REF 2047	%PL REF 2047	TMJA PRO 2047	%PL PRO 2047	Vitesse
50	13733	8%	15077	10%	75
52	12947	5%	15204	9%	25
55	13733	8%	15077	10%	75
70	13733	8%	15077	10%	25
79	12947	5%	15204	9%	75
92	12947	5%	13302	8%	75
102	12947	5%	15204	9%	75
150	#N/A	#N/A	3556	17%	50
151	#N/A	#N/A	3020	20%	50
152	#N/A	#N/A	1104	14%	50
153	#N/A	#N/A	1854	22%	50
154	#N/A	#N/A	2664	13%	50
155	#N/A	#N/A	1276	26%	50
156	#N/A	#N/A	4745	20%	50
158	#N/A	#N/A	1815	22%	50
159	#N/A	#N/A	1875	18%	50
160	#N/A	#N/A	475	39%	50
161	#N/A	#N/A	489	39%	50
164	#N/A	#N/A	8001	20%	50
165	#N/A	#N/A	3899	18%	50
166	#N/A	#N/A	2700	15%	50
167	#N/A	#N/A	1965	18%	50
168	#N/A	#N/A	1863	10%	50
171	#N/A	#N/A	315	14%	50
172	#N/A	#N/A	168	20%	50
173	#N/A	#N/A	315	14%	50
174	#N/A	#N/A	168	20%	50
175	#N/A	#N/A	6335	12%	50
176	#N/A	#N/A	5531	9%	50
177	#N/A	#N/A	7976	8%	50
178	#N/A	#N/A	5474	5%	50
179	#N/A	#N/A	5474	5%	50
181	#N/A	#N/A	756	24%	50
182	#N/A	#N/A	250	60%	50
185	#N/A	#N/A	15	40%	50
186	#N/A	#N/A	2958	18%	50
187	#N/A	#N/A	811	33%	50
188	#N/A	#N/A	2308	26%	50
189	#N/A	#N/A	1643	30%	50
191	#N/A	#N/A	2233	10%	50
193	#N/A	#N/A	1799	3%	50
201	#N/A	#N/A	1334	3%	50
202	#N/A	#N/A	1799	3%	50
226	#N/A	#N/A	547	4%	50
234	#N/A	#N/A	1149	18%	50

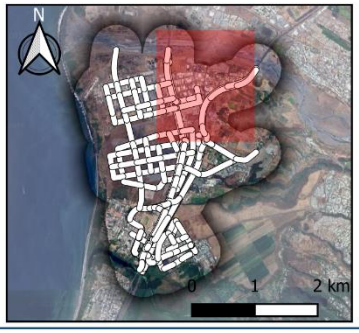
Hypothèse trafic Horizon 2047
Carte 2/6

Axe Mixte

Etude Air et Santé

Légende

Routes



Sources : IGN

ARTELIA

8518256
UTM Zone 40S
1/2023

id	TMJA REF 2047	%PL REF 2047	TMJA PRO 2047	%PL PRO 2047	Vitesse
26	13746	4%	15655	8%	75
40	2636	11%	2885	11%	25
41	12950	5%	12547	7%	25
42	12745	7%	9814	6%	75
50	13733	8%	15077	10%	75
52	12947	5%	15204	9%	25
53	2636	11%	2772	9%	35
54	13811	7%	15446	9%	25
55	13733	8%	15077	10%	75
56	35705	10%	37191	10%	100
58	#N/A	#N/A	12561	8%	75
59	5818	6%	8087	8%	67
60	28526	10%	26045	11%	100
61	12745	7%	16143	9%	75
70	13733	8%	15077	10%	25
71	12947	5%	12547	7%	75
72	7918	3%	8483	3%	45
78	5196	13%	5175	11%	35
79	12947	5%	15204	9%	75
80	12745	7%	12489	7%	75
92	12947	5%	13302	8%	75
93	13746	4%	16570	5%	75
94	13746	4%	15157	8%	75
102	12947	5%	15204	9%	75
103	11176	6%	12674	9%	25
112	29077	6%	32373	6%	100
119	7471	9%	7301	14%	35
120	743	18%	842	11%	35
121	29077	6%	32373	6%	100
122	35705	10%	37191	10%	100
123	29077	6%	32373	6%	100
124	35705	10%	37191	10%	100
129	2560	16%	2403	14%	35
130	13736	8%	15077	10%	25
135	5827	6%	8087	8%	67
136	12745	7%	9814	6%	50
137	940	15%	412	4%	50
138	950	15%	412	4%	50
139	13685	7%	10227	6%	50
141	3530	4%	8221	6%	50
142	11213	6%	13529	7%	50
143	11839	6%	9695	6%	50
144	6444	7%	4253	7%	50
145	9651	9%	7843	6%	50
146	6002	9%	4919	4%	50
147	3649	9%	2924	8%	50
148	7179	7%	11145	7%	50
150	#N/A	#N/A	3556	17%	50
151	#N/A	#N/A	3020	20%	50
155	#N/A	#N/A	1276	26%	50
156	#N/A	#N/A	4745	20%	50
162	6728	8%	6459	14%	50
163	5159	7%	8748	18%	50
164	#N/A	#N/A	8001	20%	50

id	TMJA REF 2047	%PL REF 2047	TMJA PRO 2047	%PL PRO 2047	Vitesse
165	#N/A	#N/A	3899	18%	50
181	#N/A	#N/A	756	24%	50
182	#N/A	#N/A	250	60%	50
191	#N/A	#N/A	2233	10%	50
193	#N/A	#N/A	1799	3%	50
202	#N/A	#N/A	1799	3%	50
204	#N/A	#N/A	3475	12%	50
205	#N/A	#N/A	3696	14%	50
234	#N/A	#N/A	1149	18%	50
246	#N/A	#N/A	4800	14%	50
249	#N/A	#N/A	1221	5%	50
250	13746	4%	16378	7%	50
254	#N/A	#N/A	3895	9%	50
255	12745	7%	13710	7%	50

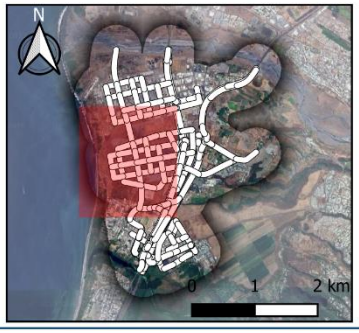
Hypothèse trafic Horizon 2047
Carte 3/6

Axe Mixte

Etude Air et Santé

Légende

Routes



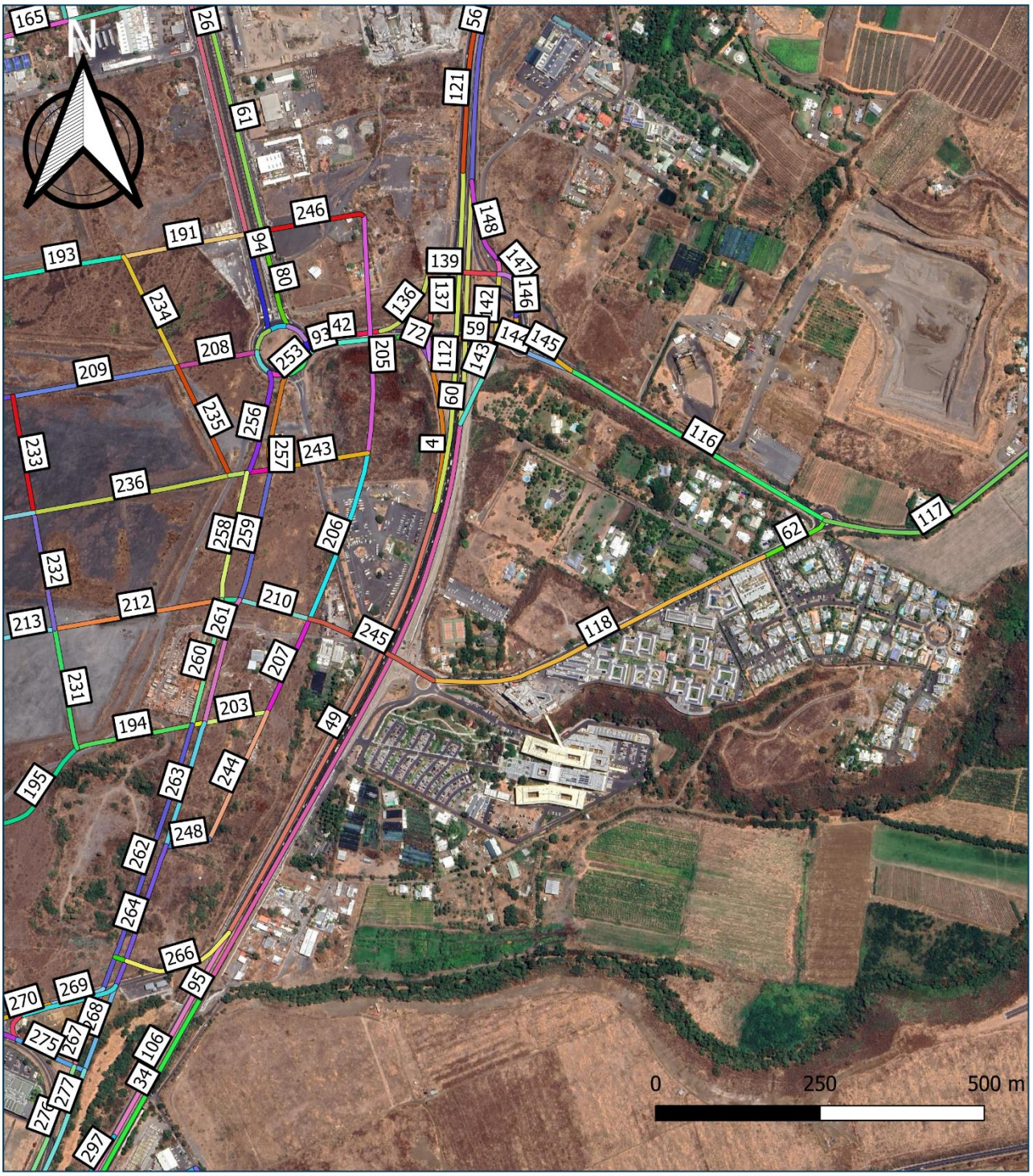
Sources : IGN

ARTELIA

8518256
UTM Zone 40S
1/2023

id	TMJA REF 2047	%PL REF 2047	TMJA PRO 2047	%PL PRO 2047	Vitesse
26	13746	4%	15655	8%	75
28	1733	8%	5098	7%	35
34	40365	9%	35740	9%	100
58	#N/A	#N/A	12561	8%	75
61	12745	7%	16143	9%	75
95	40365	9%	35740	9%	100
104	1733	8%	3746	4%	35
106	36212	6%	32953	6%	100
156	#N/A	#N/A	4745	20%	50
158	#N/A	#N/A	1815	22%	50
162	6728	8%	6459	14%	50
163	5159	7%	8748	18%	50
164	#N/A	#N/A	8001	20%	50
165	#N/A	#N/A	3899	18%	50
166	#N/A	#N/A	2700	15%	50
167	#N/A	#N/A	1965	18%	50
168	#N/A	#N/A	1863	10%	50
172	#N/A	#N/A	168	20%	50
174	#N/A	#N/A	168	20%	50
177	#N/A	#N/A	7976	8%	50
178	#N/A	#N/A	5474	5%	50
179	#N/A	#N/A	5474	5%	50
186	#N/A	#N/A	2958	18%	50
187	#N/A	#N/A	811	33%	50
188	#N/A	#N/A	2308	26%	50
191	#N/A	#N/A	2233	10%	50
192	#N/A	#N/A	2490	7%	50
193	#N/A	#N/A	1799	3%	50
194	#N/A	#N/A	1898	4%	50
195	#N/A	#N/A	397	1%	50
196	#N/A	#N/A	397	1%	50
197	#N/A	#N/A	4282	2%	50
198	#N/A	#N/A	1430	3%	50
199	#N/A	#N/A	1315	3%	50
200	#N/A	#N/A	2558	3%	50
201	#N/A	#N/A	1334	3%	50
202	#N/A	#N/A	1799	3%	50
203	#N/A	#N/A	1427	9%	50
208	#N/A	#N/A	1202	2%	50
209	#N/A	#N/A	950	5%	50
212	#N/A	#N/A	1463	5%	50
213	#N/A	#N/A	2119	2%	50
214	#N/A	#N/A	1263	3%	50
215	#N/A	#N/A	1081	3%	50
216	#N/A	#N/A	2417	1%	50
217	#N/A	#N/A	1335	2%	50
218	#N/A	#N/A	92	1%	50
219	#N/A	#N/A	1675	9%	50
220	#N/A	#N/A	1017	12%	50
221	#N/A	#N/A	8556	6%	50
222	#N/A	#N/A	4386	10%	50
223	#N/A	#N/A	4205	10%	50
224	#N/A	#N/A	5788	10%	50
225	#N/A	#N/A	4205	10%	50

id	TMJA REF 2047	%PL REF 2047	TMJA PRO 2047	%PL PRO 2047	Vitesse
226	#N/A	#N/A	547	4%	50
227	#N/A	#N/A	1246	5%	50
229	#N/A	#N/A	1240	3%	50
231	#N/A	#N/A	1501	4%	50
232	#N/A	#N/A	845	11%	50
233	#N/A	#N/A	710	10%	50
234	#N/A	#N/A	1149	18%	50
235	#N/A	#N/A	896	26%	50
236	#N/A	#N/A	1912	2%	50
237	#N/A	#N/A	1703	2%	50
238	#N/A	#N/A	1061	2%	50
239	#N/A	#N/A	1061	2%	50
240	#N/A	#N/A	2689	2%	50
247	#N/A	#N/A	4567	1%	50
248	#N/A	#N/A	4117	8%	50
260	#N/A	#N/A	2809	11%	50
261	#N/A	#N/A	5206	10%	50
262	#N/A	#N/A	5385	9%	50
263	#N/A	#N/A	7308	8%	50
264	#N/A	#N/A	9686	9%	50
265	#N/A	#N/A	8314	5%	50
266	#N/A	#N/A	8314	5%	50
267	#N/A	#N/A	8799	7%	50
268	#N/A	#N/A	6062	10%	50
269	#N/A	#N/A	1230	3%	50
270	#N/A	#N/A	1230	3%	50
271	#N/A	#N/A	47	29%	50
272	#N/A	#N/A	47	29%	50
273	#N/A	#N/A	5098	7%	50
274	#N/A	#N/A	3868	8%	50
275	#N/A	#N/A	3915	9%	50
276	#N/A	#N/A	2563	8%	50
277	#N/A	#N/A	5936	7%	50



Hypothèse trafic Horizon 2047
Carte 4/6

Axe Mixte

Etude Air et Santé

Légende

Routes

Sources : IGN

ARTELIA

8518256
UTM Zone 40S
1/2023

id	TMJA REF 2047	%PL REF 2047	TMJA PRO 2047	%PL PRO 2047	Vitesse
4	8868	4%	8895	3%	45
9	#N/A	#N/A	1100	3%	30
26	13746	4%	15655	8%	75
27	#N/A	#N/A	12025	9%	35
34	40365	9%	35740	9%	100
42	12745	7%	9814	6%	75
49	37945	6%	41267	6%	100
56	35705	10%	37191	10%	100
59	5818	6%	8087	8%	67
60	28526	10%	26045	11%	100
61	12745	7%	16143	9%	75
62	4961	21%	7490	9%	35
72	7918	3%	8483	3%	45
80	12745	7%	12489	7%	75
93	13746	4%	16570	5%	75
94	13746	4%	15157	8%	75
95	40365	9%	35740	9%	100
106	36212	6%	32953	6%	100
112	29077	6%	32373	6%	100
116	16095	8%	12096	6%	63
117	12583	3%	13435	4%	63
118	#N/A	#N/A	6157	13%	35
121	29077	6%	32373	6%	100
135	5827	6%	8087	8%	67
136	12745	7%	9814	6%	50
137	940	15%	412	4%	50
138	950	15%	412	4%	50
139	13685	7%	10227	6%	50
141	3530	4%	8221	6%	50
142	11213	6%	13529	7%	50
143	11839	6%	9695	6%	50
144	6444	7%	4253	7%	50
145	9651	9%	7843	6%	50
146	6002	9%	4919	4%	50
147	3649	9%	2924	8%	50
148	7179	7%	11145	7%	50
156	#N/A	#N/A	4745	20%	50
164	#N/A	#N/A	8001	20%	50
165	#N/A	#N/A	3899	18%	50
191	#N/A	#N/A	2233	10%	50
192	#N/A	#N/A	2490	7%	50
193	#N/A	#N/A	1799	3%	50
194	#N/A	#N/A	1898	4%	50
195	#N/A	#N/A	397	1%	50
203	#N/A	#N/A	1427	9%	50
204	#N/A	#N/A	3475	12%	50
205	#N/A	#N/A	3696	14%	50
206	#N/A	#N/A	3554	13%	50
207	#N/A	#N/A	4905	10%	50
208	#N/A	#N/A	1202	2%	50
209	#N/A	#N/A	950	5%	50
210	#N/A	#N/A	2141	12%	50
211	#N/A	#N/A	1631	9%	50
212	#N/A	#N/A	1463	5%	50

id	TMJA REF 2047	%PL REF 2047	TMJA PRO 2047	%PL PRO 2047	Vitesse
213	#N/A	#N/A	2119	2%	50
220	#N/A	#N/A	1017	12%	50
231	#N/A	#N/A	1501	4%	50
232	#N/A	#N/A	845	11%	50
233	#N/A	#N/A	710	10%	50
234	#N/A	#N/A	1149	18%	50
235	#N/A	#N/A	896	26%	50
236	#N/A	#N/A	1912	2%	50
240	#N/A	#N/A	2689	2%	50
241	#N/A	#N/A	7788	11%	50
242	#N/A	#N/A	5229	9%	50
243	#N/A	#N/A	142	22%	50
244	#N/A	#N/A	3691	11%	50
245	#N/A	#N/A	6157	13%	50
246	#N/A	#N/A	4800	14%	50
248	#N/A	#N/A	4117	8%	50
249	#N/A	#N/A	1221	5%	50
250	13746	4%	16378	7%	50
251	13746	4%	16717	7%	50
252	13746	4%	12602	6%	50
253	13746	4%	20465	6%	50
254	#N/A	#N/A	3895	9%	50
255	12745	7%	13710	7%	50
256	#N/A	#N/A	4115	13%	50
257	#N/A	#N/A	7863	7%	50
258	#N/A	#N/A	3367	11%	50
259	#N/A	#N/A	6043	10%	50
260	#N/A	#N/A	2809	11%	50
261	#N/A	#N/A	5206	10%	50
262	#N/A	#N/A	5385	9%	50
263	#N/A	#N/A	7308	8%	50
264	#N/A	#N/A	9686	9%	50
265	#N/A	#N/A	8314	5%	50
266	#N/A	#N/A	8314	5%	50
267	#N/A	#N/A	8799	7%	50
268	#N/A	#N/A	6062	10%	50
269	#N/A	#N/A	1230	3%	50
270	#N/A	#N/A	1230	3%	50
271	#N/A	#N/A	47	29%	50
272	#N/A	#N/A	47	29%	50
274	#N/A	#N/A	3868	8%	50
275	#N/A	#N/A	3915	9%	50
276	#N/A	#N/A	2563	8%	50
277	#N/A	#N/A	5936	7%	50
297	#N/A	#N/A	1549	9%	50

Hypothèse trafic Horizon 2047
Carte 5/6

Axe Mixte

Etude Air et Santé

Légende

Routes

Sources : IGN

ARTELIA

8518256
UTM Zone 40S
1/2023

id	TMJA REF 2047	%PL REF 2047	TMJA PRO 2047	%PL PRO 2047	Vitesse
2	5203	9%	2652	8%	65
5	#N/A	#N/A	4110	9%	30
6	#N/A	#N/A	4110	9%	30
7	1733	8%	3746	4%	30
8	5750	2%	4167	1%	63
9	#N/A	#N/A	1100	3%	30
10	#N/A	#N/A	3273	6%	35
11	953	19%	288	26%	30
12	4527	13%	2244	9%	25
15	17145	5%	10327	6%	70
16	7740	6%	5448	8%	45
17	32971	9%	34768	9%	100
18	5203	9%	2652	8%	35
19	14051	8%	12482	4%	25
20	9524	5%	10238	3%	70
21	33903	5%	35811	5%	100
22	5889	4%	8425	3%	45
23	5889	4%	8425	3%	45
25	5872	14%	8199	12%	30
27	#N/A	#N/A	12025	9%	35
28	1733	8%	5098	7%	35
29	3022	18%	9646	9%	30
30	5750	2%	4167	1%	63
34	40365	9%	35740	9%	100
35	14277	5%	11600	4%	25
36	4873	6%	6721	4%	45
37	5203	9%	2652	8%	35
38	5203	9%	2652	8%	35
44	28013	5%	31405	6%	100
46	5203	9%	2652	8%	35
47	9405	5%	4878	3%	25
49	37945	6%	41267	6%	100
63	5750	2%	4167	1%	63
64	12514	6%	11356	5%	25
65	#N/A	#N/A	7915	9%	30
68	953	19%	288	26%	30
73	9405	5%	4878	3%	70
75	9075	3%	8947	2%	25
81	#N/A	#N/A	2755	3%	30
82	3325	5%	4780	4%	25
83	3022	18%	1731	6%	30
85	13485	5%	14546	6%	30
87	4527	13%	2244	9%	45
88	7808	3%	10595	4%	25
89	10295	5%	12716	6%	25
90	10659	7%	10372	7%	25
91	8237	5%	6288	6%	63
95	40365	9%	35740	9%	100
96	8237	5%	6288	6%	63
97	9189	7%	6576	7%	63
98	9075	3%	8947	2%	25
99	28099	9%	28047	10%	100
100	11532	9%	11026	8%	25
104	1733	8%	3746	4%	35

id	TMJA REF 2047	%PL REF 2047	TMJA PRO 2047	%PL PRO 2047	Vitesse
105	6552	8%	5327	5%	30
106	36212	6%	32953	6%	100
108	13932	7%	7122	5%	25
109	12267	8%	7693	8%	45
111	1733	8%	3746	4%	30
125	1733	8%	991	9%	35
127	#N/A	#N/A	10356	6%	30
128	3663	4%	13629	6%	30
131	6729	9%	5882	3%	30
132	2058	6%	6428	6%	25
133	6729	9%	5039	4%	30
134	177	39%	288	26%	30
195	#N/A	#N/A	397	1%	50
196	#N/A	#N/A	397	1%	50
221	#N/A	#N/A	8556	6%	50
244	#N/A	#N/A	3691	11%	50
248	#N/A	#N/A	4117	8%	50
262	#N/A	#N/A	5385	9%	50
263	#N/A	#N/A	7308	8%	50
264	#N/A	#N/A	9686	9%	50
265	#N/A	#N/A	8314	5%	50
266	#N/A	#N/A	8314	5%	50
267	#N/A	#N/A	8799	7%	50
268	#N/A	#N/A	6062	10%	50
269	#N/A	#N/A	1230	3%	50
270	#N/A	#N/A	1230	3%	50
271	#N/A	#N/A	47	29%	50
272	#N/A	#N/A	47	29%	50
273	#N/A	#N/A	5098	7%	50
274	#N/A	#N/A	3868	8%	50
275	#N/A	#N/A	3915	9%	50
276	#N/A	#N/A	2563	8%	50
277	#N/A	#N/A	5936	7%	50
278	#N/A	#N/A	1549	9%	50
279	#N/A	#N/A	9940	5%	50
280	#N/A	#N/A	5737	6%	50
281	#N/A	#N/A	9775	5%	50
282	#N/A	#N/A	5737	6%	50
283	#N/A	#N/A	5832	5%	50
284	#N/A	#N/A	5832	5%	50
285	#N/A	#N/A	10327	6%	50
286	#N/A	#N/A	10327	6%	50
287	#N/A	#N/A	11134	5%	50
288	#N/A	#N/A	11591	6%	50
290	#N/A	#N/A	11591	6%	50
291	#N/A	#N/A	11134	5%	50
292	#N/A	#N/A	9775	5%	50
293	#N/A	#N/A	5737	6%	50
294	#N/A	#N/A	9775	5%	50
295	#N/A	#N/A	5737	6%	50
296	#N/A	#N/A	1549	9%	50
297	#N/A	#N/A	1549	9%	50

Hypothèse trafic Horizon 2047
Carte 6/6

Axe Mixte

Etude Air et Santé

Légende

Routes

Sources : IGN

ARTELIA

8518256
UTM Zone 40S
1/2023

id	TMJA REF 2047	%PL REF 2047	TMJA PRO 2047	%PL PRO 2047	Vitesse
2	5203	9%	2652	8%	65
5	#N/A	#N/A	4110	9%	30
6	#N/A	#N/A	4110	9%	30
7	1733	8%	3746	4%	30
8	5750	2%	4167	1%	63
9	#N/A	#N/A	1100	3%	30
10	#N/A	#N/A	3273	6%	35
11	953	19%	288	26%	30
12	4527	13%	2244	9%	25
15	17145	5%	10327	6%	70
16	7740	6%	5448	8%	45
17	32971	9%	34768	9%	100
18	5203	9%	2652	8%	35
19	14051	8%	12482	4%	25
20	9524	5%	10238	3%	70
21	33903	5%	35811	5%	100
22	5889	4%	8425	3%	45
23	5889	4%	8425	3%	45
25	5872	14%	8199	12%	30
27	#N/A	#N/A	12025	9%	35
28	1733	8%	5098	7%	35
29	3022	18%	9646	9%	30
30	5750	2%	4167	1%	63
34	40365	9%	35740	9%	100
35	14277	5%	11600	4%	25
36	4873	6%	6721	4%	45
37	5203	9%	2652	8%	35
38	5203	9%	2652	8%	35
44	28013	5%	31405	6%	100
46	5203	9%	2652	8%	35
47	9405	5%	4878	3%	25
49	37945	6%	41267	6%	100
63	5750	2%	4167	1%	63
64	12514	6%	11356	5%	25
65	#N/A	#N/A	7915	9%	30
68	953	19%	288	26%	30
73	9405	5%	4878	3%	70
75	9075	3%	8947	2%	25
81	#N/A	#N/A	2755	3%	30
82	3325	5%	4780	4%	25
83	3022	18%	1731	6%	30
87	4527	13%	2244	9%	45
88	7808	3%	10595	4%	25
89	10295	5%	12716	6%	25
90	10659	7%	10372	7%	25
91	8237	5%	6288	6%	63
95	40365	9%	35740	9%	100
96	8237	5%	6288	6%	63
97	9189	7%	6576	7%	63
98	9075	3%	8947	2%	25
99	28099	9%	28047	10%	100
100	11532	9%	11026	8%	25
105	6552	8%	5327	5%	30
106	36212	6%	32953	6%	100

id	TMJA REF 2047	%PL REF 2047	TMJA PRO 2047	%PL PRO 2047	Vitesse
108	13932	7%	7122	5%	25
109	12267	8%	7693	8%	45
127	#N/A	#N/A	10356	6%	30
131	6729	9%	5882	3%	30
132	2058	6%	6428	6%	25
133	6729	9%	5039	4%	30
134	177	39%	288	26%	30
221	#N/A	#N/A	8556	6%	50
244	#N/A	#N/A	3691	11%	50
248	#N/A	#N/A	4117	8%	50
262	#N/A	#N/A	5385	9%	50
263	#N/A	#N/A	7308	8%	50
264	#N/A	#N/A	9686	9%	50
265	#N/A	#N/A	8314	5%	50
266	#N/A	#N/A	8314	5%	50
267	#N/A	#N/A	8799	7%	50
268	#N/A	#N/A	6062	10%	50
269	#N/A	#N/A	1230	3%	50
270	#N/A	#N/A	1230	3%	50
271	#N/A	#N/A	47	29%	50
272	#N/A	#N/A	47	29%	50
273	#N/A	#N/A	5098	7%	50
274	#N/A	#N/A	3868	8%	50
275	#N/A	#N/A	3915	9%	50
276	#N/A	#N/A	2563	8%	50
277	#N/A	#N/A	5936	7%	50
278	#N/A	#N/A	1549	9%	50
279	#N/A	#N/A	9940	5%	50
280	#N/A	#N/A	5737	6%	50
281	#N/A	#N/A	9775	5%	50
282	#N/A	#N/A	5737	6%	50
283	#N/A	#N/A	5832	5%	50
284	#N/A	#N/A	5832	5%	50
285	#N/A	#N/A	10327	6%	50
286	#N/A	#N/A	10327	6%	50
287	#N/A	#N/A	11134	5%	50
288	#N/A	#N/A	11591	6%	50
290	#N/A	#N/A	11591	6%	50
291	#N/A	#N/A	11134	5%	50
292	#N/A	#N/A	9775	5%	50
293	#N/A	#N/A	5737	6%	50
294	#N/A	#N/A	9775	5%	50
295	#N/A	#N/A	5737	6%	50
296	#N/A	#N/A	1549	9%	50
297	#N/A	#N/A	1549	9%	50

ANNEXE 4 Etude AIR – ARTELIA

Prolongement de l'axe mixte

Etude sur la qualité de l'air

VOLET AIR ET SANTE

ARTELIA / AOUT 2022 / 8518256

Prolongement de l'axe mixte

Etude sur la qualité de l'air

Région Réunion

Volet air et santé

VERSION	DESCRIPTION	ÉTABLI(E) PAR	APPROUVÉ(E) PAR	DATE
V0	Caractérisation de l'état actuel de la qualité de l'air	AEH	ERY	Août 2022
V1	Modélisation de l'état initial et études des impacts en phase projet	MMD	ERY	Février 2023

Unité Risques Industriels & maritimes, Sanitaires et Chimiques
2 avenue Lacassagne, 69425 Lyon Cedex 03 – TEL : 04 37 65 38 00

SOMMAIRE

SOMMAIRE 2

TABLEAUX 4

FIGURES 5

1. INTRODUCTION 7

2. VALEURS REPÈRES 8

2.1. REGLEMENTATION FRANÇAISE 8

2.2. LIGNES DIRECTRICES DE L'OMS 10

3. CARACTÉRISATION DE L'ÉTAT INITIAL 12

3.1. OUTILS DE PLANIFICATION 12

3.1.1. SCHÉMA RÉGIONAL CLIMAT, AIR, ENERGIE (SRCAE) 12

3.1.2. PLAN CLIMAT AIR ENERGIE TERRITORIAL (PCAET) DU TERRITOIRE DE LA CÔTE OUEST (TCO) 13

3.2. CARACTERISATION DE LA QUALITE DE L'AIR ACTUELLE SUR LE TERRITOIRE DE LA COTE OUEST 13

3.3. CARACTERISATION DE LA SITUATION ACTUELLE PAR DES MESURES IN-SITU 16

3.3.1. MÉTHODOLOGIE DE MESURE DE LA QUALITÉ DE L'AIR PAR TUBES PASSIFS 16

3.3.2. EMPLACEMENT DES SITES DE MESURES 17

3.3.3. CONDITIONS MÉTÉOROLOGIQUES 19

3.3.4. RÉSULTATS DE LA CAMPAGNE DE MESURES 21

4. EFFETS DU PROJET DE CRÉATION DE L'AXE MIXTE SUR LA QUALITÉ DE L'AIR - QUANTIFICATION DES ÉMISSIONS POLLUANTES 28

4.1. RESEAU ROUTIER ET TRAFIC 28

4.2. ESTIMATION DES EMISSIONS POLLUANTES 31

5. MODÉLISATION DES CONCENTRATIONS EN POLLUANTS 36

5.1. HYPOTHESES DE MODELISATION DES CONCENTRATIONS 36

5.1.1. PRÉSENTATION DU LOGICIEL ADMS ROAD 36

5.1.2. HYPOTHÈSES DE CALCUL 36

5.1.2.1. Le domaine d'étude 36

5.1.2.2. Topographie et occupation du sol 36

5.1.2.3. Données météorologiques 39

5.1.2.4. Pollution de fond 39

5.2. MODELISATION DE L'ETAT INITIAL 40

5.3. MODELISATIONS HORIZON 2027 44

5.4. MODELISATIONS HORIZON 2047 51

6. EFFETS DU PROJET SUR LA SANTÉ 57

6.1. RAPPEL SOMMAIRE DES EFFETS DE LA POLLUTION ATMOSPHERIQUE SUR LA SANTE 57

6.2. EVALUATION DE L'INDICE D'EXPOSITION DE LA POPULATION A LA POLLUTION 60

6.2.1. MÉTHODOLOGIE 60

6.2.2. RÉSULTAT 63

7. COUTS COLLECTIFS DE L'IMPACT SANITAIRE 67

7.1. ANALYSE DES COUTS COLLECTIFS 67

7.1.1. POLLUTION DE L'AIR LOCALE ET RÉGIONALE 67

7.1.1. EFFET DE SERRE 68

7.2. BILAN DES CONSOMMATIONS ENERGETIQUES 69

8. CONCLUSION 70

ANNEXE 1 DÉTAIL DES POINTS DE MESURE 71

ANNEXE 2 HYPOTHÈSES TRAFIC 92

TABLEAUX

Tableau 1 Seuils relatifs aux polluants atmosphériques 9
Tableau 2 Seuils relatifs aux particules $PM_{2,5}$ 10
Tableau 3 Valeurs cibles au 31 décembre 2012 (métaux lourds et HAP) 10
Tableau 4 Niveaux de qualité de l'air recommandés et cibles intermédiaires - Lignes directrices de l'OMS, septembre 2021 11
Tableau 5 Concentrations en moyennes annuelles de NO2 (µg/m3) pour la période 2014-2020 (Stations : Chaussée Royale, Grand fond, station terrain de sel) 15
Tableau 6 Données météorologiques pendant la campagne de mesures du 09 au 30 juin 2022 - Station Météo France de La Réunion – Le Port 19
Tableau 7 Concentrations moyennes en NO_2 et benzène relevée pendant la campagne de mesures 21
Tableau 8 Concentrations en moyennes annuelles de NO2 (µg/m3) pour la période 2014-2019 (Stations : Centre pénitentiaire et Plateau Caillou) et comparaison aux valeurs de concentrations obtenues pendant la campagne sur ces mêmes stations. 25
Tableau 9 Comparaison des concentrations pendant les campagnes de 2020 et de 2022 pour des capteurs positionnées au même endroit 27
Tableau 10 Hypothèses étude trafic 28
Tableau 11 Kilométrage parcourus sur le réseau d'étude 31
Tableau 12 Facteurs d'émission pour l'Arsenic et le Nickel en mg/kg de carburant 32
Tableau 13 Facteurs d'émission pour le benzo(a)pyrène en µg/km 32
Tableau 14 Emissions globales pour les différents scénarios étudiés dans l'aire d'étude en grammes par jour 33
Tableau 15 - Concentration en NO2 et PM10 du fait des sources modélisées aux points récepteurs pour l'état initial 43
Tableau 16 - Comparaison entre les scénarios référence projet à l'horizon 2027 au droit des récepteurs pour le NO2 47
Tableau 17 Comparaison entre les scénarios référence projet à l'horizon 2027 au droit des récepteurs pour lesPM10 48

Tableau 18 Comparaison entre les scénarios référence projet à l'horizon 2047 au droit des récepteurs pour le NO2 54
Tableau 19 - Comparaison entre les scénarios référence projet à l'horizon 2047 au droit des récepteurs pour les PM10 55
Tableau 20 Distribution en nombre de personnes pour différentes classes de concentrations .. 66
Tableau 21 Valeurs 2015 de la pollution atmosphérique en euros pour 100 véhicules par km .. 67
Tableau 22 Valeurs 2015 de la pollution atmosphérique en euros pour 100 véhicules par km .. 68
Tableau 23 Coûts collectifs liés à la pollution atmosphérique pour une année, en euros 68
Tableau 24 Coût lié à l'effet de serre pour une année, en euros 69
Tableau 25 Consommations dans le domaine d'étude en kilogramme par jour 69

FIGURES

Figure 1 Stations de mesures permanentes d'ATMO Réunion sur le territoire de la TCO (source ATMO Réunion) 14
Figure 2 Evolution des concentrations journalières en NO2 sur les stations MQT et CPE ainsi que de la puissance des moteurs de la centrale du 1 Janvier au 31 Décembre 2020 15
Figure 3 Système de protection contre les intempéries 16
Figure 4 Localisation des points de mesures air 18
Figure 5 Rose des vents du 09 au 30 juin 2022 - Station Météo France de La Réunion – Le Port 20
Figure 6 Rose des vents normales pour la station Le Port - Période 2001-2020 (Source: Météo France) 21
Figure 7 Concentrations moyennes en NO_2 (en µg/m3) relevées pendant la campagne de mesures du 09 au 30 juin 2022 23
Figure 8 Décroissance des niveaux de concentrations de NO2 (µg/m3) en fonction de la distance (m) à la route de Cambaie et mise en évidence de la concentration moyenne de NO2 en situation de fond urbain 24
Figure 9 Décroissance des niveaux de concentrations de NO2 (µg/m3) en fonction de la distance (m) à la RN1 et mise en évidence de la concentration moyenne de NO2 en situation de fond urbain 24
Figure 10 Concentrations moyennes en NO2 (µg/m3) obtenus dans le cadre de l'étude de la ZAC Cambaie 26
Figure 11 Réseau routier retenu 30
Figure 12 Evolution du kilomètre parcouru 31
Figure 13 Evolution des émissions en NO2 à l'horizon 2027 34
Figure 14 Evolution des émissions en NO2 à l'horizon 2047 35
Figure 15 - Rugosité de la zone d'étude 38
Figure 16 - Rose des vents de la station Le Port sur la période de 2001 à 2020 39
Figure 17 - Contribution des sources modélisées aux concentrations moyennes annuelles dans l'air en NO_2 en µg/m^3 - État initial 41
Figure 18 Contribution des sources modélisées aux concentrations moyennes annuelles dans l'air en particule PM10 en µg/m3 - État initial 42
Figure 19 - Contribution des sources modélisées aux concentrations moyennes annuelles dans l'air en NO_2 en µg/m^3 – Scénario référence 2027 45
Figure 20 - Contribution des sources modélisées aux concentrations moyennes annuelles dans l'air en NO_2 en µg/m^3 – Scénario projet 2027 45
Figure 21 - Contribution des sources modélisées aux concentrations moyennes annuelles dans l'air en particule PM_{10} en µg/m^3 – Scénario référence 2027 46
Figure 22 - Contribution des sources modélisées aux concentrations moyennes annuelles dans l'air en particule PM_{10} en µg/m^3 – Scénario projet 2027 46
Figure 23 Evolution des concentrations sur les points récepteurs - Horizon 2027 50

Figure 24 - Contribution des sources modélisées aux concentrations moyennes annuelles dans l'air en NO_2 en µg/m^3 – Scénario référence 2047 52
Figure 25 - Contribution des sources modélisées aux concentrations moyennes annuelles dans l'air en NO_2 en µg/m^3 – Scénario projet 2047 52
Figure 26 - Contribution des sources modélisées aux concentrations moyennes annuelles dans l'air en particule PM_{10} en µg/m^3 – Scénario référence 2047 53
Figure 27 - Contribution des sources modélisées aux concentrations moyennes annuelles dans l'air en particule PM_{10} en µg/m^3 – Scénario projet 2047 53
Figure 28 Evolution des concentrations en NO2 pour les points récepteurs à l'horizon 2047..... 56
Figure 29 Conséquences de la pollution atmosphérique, source : Programme de surveillance air et santé, InVS 2014 58
Figure 30 Densité de population pour l'état initial et l'état référence (horizons 2027 et 2047).. 61
Figure 31 Densité de population à l'état projet (horizons 2027 et 2047)..... 62
Figure 32 Calcul de l'IPP pour l'état initial 63
Figure 33 Calcul de l'IPP pour l'état référence 2027 64
Figure 34 Calcul de l'IPP pour l'état Projet 2027 64
Figure 35 Calcul de l'IPP pour l'état référence 2047 65
Figure 36 Calcul de l'IPP pour l'état projet 2047 65

1. INTRODUCTION

La présente étude porte sur l'impact sur la qualité de l'air et la santé de la réalisation du prolongement de l'axe mixte de Cambaie.

Actuellement, la RN1 constitue l'unique voie de liaison entre Cambaie et Savanna et supporte à la fois un trafic de transit et un trafic local. La portion de route comprise entre Saint-Paul et la Possession est l'une des plus saturée de l'île, avec 90 000 véhicules par jour en moyenne.

Le projet du prolongement de l'axe mixte de Cambaie vise à améliorer le réseau existant via la création d'une liaison directe entre le centre-ville de Saint-Paul et le centre-ville du Port. L'objectif de ce prolongement est d'offrir une véritable alternative à la RN1 pour le trafic local, d'améliorer le fonctionnement des échangeurs de Cambaie et Savanna, mais aussi de garantir l'accessibilité du quartier Jacquot et de la zone d'activités de Cambaie. Cette liaison nouvelle pourra accueillir tous les modes de déplacement avec des itinéraires réservés : deux voies centrales dédiées aux transports en commun, une voie par sens de circulation pour les véhicules individuels, des pistes cyclables latérales et des trottoirs ombragés.

L'étude air et santé est réalisée conformément à la note technique du CEREMA du 22 février 2019 sur le volet « air et santé » des études d'impact routières. Cette note définit pour les projets d'infrastructures routières différents niveaux d'étude en fonction des trafics, de l'urbanisation, du type de projet. Au vu des caractéristiques du projet, de son environnement urbain et du trafic attendu, une étude de niveau II est nécessaire.

Elle consiste en :

- Une caractérisation de la qualité de l'air du secteur sur la base de données bibliographiques et avec la réalisation d'une campagne de mesures du NO_2 et du benzène sur deux semaines ;
- Une estimation des émissions des polluants émis par le trafic routier au niveau du réseau d'étude, pour 5 scénarios et trois horizons d'étude : état initial (2022), scénario référence et scénario projet aux horizons de la mise en service (2027) et 20 ans après (2047) ;
- Une estimation des concentrations en NO_2 et particules PM_{10} sur toutes les bandes du réseau d'étude pour les mêmes scénarios ;
- Une synthèse bibliographique des effets de la pollution de l'air d'origine routière sur la santé ;
- Une étude des coûts collectifs de l'impact sanitaire.

2. VALEURS REPERES

2.1. REGLEMENTATION FRANÇAISE

Au sens de l'article L.220-2 du Code de l'Environnement, est considérée comme pollution atmosphérique « l'introduction par l'homme, directement ou indirectement, ou la présence, dans l'atmosphère et les espaces clos, d'agents chimiques, biologiques ou physiques ayant des conséquences préjudiciables de nature à mettre en danger la santé humaine, à nuire aux ressources biologiques, et aux écosystèmes, à influer sur les changements climatiques, à détériorer les biens matériels, à provoquer des nuisances olfactives excessives. »

La réglementation française vis-à-vis de la qualité de l'air s'appuie principalement sur des directives européennes, conçues en tenant compte des recommandations de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) qui déterminent des seuils à ne pas dépasser pour une vingtaine de polluants en fonction de leur impact sur la santé. Elle est transcrite dans le code de l'Environnement aux articles L. 220-1 et suivant pour la partie législative et R. 221-2 et suivants pour la partie réglementaire.

Les normes de qualité retenues au niveau national par polluants sont précisées dans l'article R. 221-1 du Code de l'Environnement. Ces normes fixent des objectifs de qualité, des valeurs limites, des valeurs cibles et des seuils de recommandation et d'information et des seuils d'alerte :

- L'objectif de qualité correspond au « niveau à atteindre à long terme et à maintenir, sauf lorsque cela n'est pas réalisable par des mesures proportionnées, afin d'assurer une protection efficace de la santé humaine et de l'environnement sur son ensemble ».

- La valeur cible correspond au « niveau à atteindre, dans la mesure du possible, dans un délai donné et fixé afin d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs sur la santé humaine ou l'environnement dans son ensemble ».

- La valeur limite correspond « au niveau à atteindre dans un délai donné et à ne pas dépasser, et fixé sur la base des connaissances scientifiques afin d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs sur la santé humaine ou sur l'environnement dans son ensemble ».

- Le seuil d'information et de recommandation correspond au « niveau au-delà duquel une exposition de courte durée présente un risque pour la santé humaine de groupes particulièrement sensibles au sein de la population et qui rend nécessaire l'émission d'informations immédiates et adéquates à destination de ces groupes et des recommandations pour réduire certaines émissions ».

- Le seuil d'alerte correspond « au niveau au-delà duquel une exposition de courte durée présente un risque pour la santé de l'ensemble de la population ou de dégradation de l'environnement, justifiant l'intervention de mesures d'urgence. »

Le seuil d'information et de recommandation et le seuil d'alerte sont définis pour l'ozone, le dioxyde de soufre, le dioxyde d'azote et les particules PM10. Le dépassement des seuils précités implique la mise en œuvre d'une série d'actions et de mesures d'urgence, fonction des caractéristiques de pollution atmosphérique locale et applicable à des zones de taille adaptées à l'étendue de la pollution constatée ou attendue. La procédure d'information et d'alerte du publique ainsi que les mesures à mettre en œuvre sont définies par arrêté préfectoral.

Les tableaux ci-dessous précisent les normes de qualité de l'air retenues au niveau national (article R. 221-1 du Code de l'Environnement).

Tableau 1 Seuils relatifs aux polluants atmosphériques

Polluants	Objectifs de qualité	Valeurs limites	Seuil de recommandation et d'information	Seuil d'alerte
Dioxyde d'azote (NO_2)	40 µg/m³ en moyenne annuelle	40 µg/m³ en moyenne annuelle 200 µg/m³ à ne pas dépasser plus de 18 heures par an	200 µg/m³ en moyenne horaire	400 µg/m³ dépassé sur 3 heures consécutives 200 µg/m³ si dépassement de ce seuil la veille et risque de dépassement de ce seuil le lendemain
Particules PM_{10}	30 µg/m³ en moyenne annuelle	40 µg/m³ en moyenne annuelle 50 µg/m³ à ne pas dépasser plus de 35 jours par an	50 µg/m³ en moyenne journalière	80 µg/m³ en moyenne journalière
Dioxyde de soufre (SO_2)	50 µg/m³ en moyenne annuelle	350 µg/m³ à ne pas dépasser plus de 24 heures par an 125 µg/m³ à ne pas dépasser plus de 3 jours par an	300 µg/m³ en en moyenne horaire	500 µg/m³ en en moyenne horaire sur 3 heures consécutives
Ozone (O_3)	**Pour la protection de la santé humaine :** 120 µg/m³ pour le maximum journalier de la moyenne sur 8 heures, calculé sur une année civile **Pour la protection de la végétation** : 6 000 µg/m³ par heure en AOT40[1] calculée à partir des valeurs enregistrées sur 1 heure de mai à juillet	Pour l'ozone, la réglementation ne fixe pas de valeurs limites mais des valeurs cibles : **Valeur cible pour la protection de la santé humaine :** 120 µg/m³ pour le maximum journalier de la moyenne sur 8 heures à ne pas dépasser plus de 25 jours par année civile en moyenne calculée sur 3 ans **Valeur cible pour la protection de la végétation :** 18 000 µg/m³/h en AOT 40 calculées à partir des valeurs sur 1h de mai à juillet en moyenne calculée sur 5 ans.	180 µg/m³ en moyenne horaire	Seuil d'alerte pour une protection sanitaire pour toute la population : 240 µg/m³ en moyenne horaire Seuils d'alerte pour la mise en œuvre progressive de mesures d'urgence : 1er seuil : 240 µg/m³ en moyenne horaire dépassé pendant 3 heures consécutives 2ème seuil : 300 µg/m³ en moyenne horaire dépassé pendant 3 heures consécutives 3ème seuil : 360 µg/m³ en moyenne horaire
Plomb (Pb)	0.25 µg/m³ en en moyenne annuelle	0.5 µg/m³ en moyenne annuelle		
Monoxyde de carbone (CO)		10 000 µg/m³ pour le maximum journalier en moyenne glissante sur 8 heures		
Benzène (C_6H_6)	2 µg/m³ en en moyenne annuelle	5 µg/m³ en moyenne annuelle		

Pour les particules fines PM2.5, la réglementation fixe en plus d'un objectif de qualité, d'une valeur limite et d'une valeur cible, un objectif de réduction de l'exposition et une obligation en matière de concentration relative à l'exposition :

[1] L'AOT 40, exprimé en µg/m³ par heure, est égale à la somme des différences entre les concentrations horaires supérieures à 80 µg/m³ (soit 40 ppb) et 80 µg/m³ en utilisant uniquement les valeurs sur une heure, mesurées quotidiennement entre 8 heures et 20 heures, durant une période donnée.

Tableau 2 Seuils relatifs aux particules $PM_{2,5}$

Objectifs de qualité	Valeur limite	Valeur cible	Objectif de réduction de l'exposition par rapport à l'EIM 2011[2] qui devrait être atteint en 2020		Obligation en matière de concentration relative à l'exposition qui doit être respectée en 2015
10 µg/m³ en moyenne annuelle	25 µg/m³ en moyenne annuelle	20 µg/m³ en moyenne annuelle	EIM 2011	Objectif de réduction en %	20 µg/m³
			≤ 8.5	0%	
			]8.5 ;13[	10%	
			[13 ;18[	15%	
			[18 ;22[	20%	
			≥22	Toute mesure appropriée pour atteindre 18 µg/m³	

Enfin, pour les métaux lourds et les Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP), la réglementation précise les valeurs cibles (calculées sur l'année civile du contenu total de la fraction PM10) qui devraient être respectées le 31 décembre 2012.

Tableau 3 Valeurs cibles au 31 décembre 2012 (métaux lourds et HAP)

	Arsenic	Cadmium	Nickel	Benzo(a)pyrène
Valeur cible calculée sur une année civile	6 ng/m³	5 ng/m³	20 ng/m³	1 ng/m³

Le Benzo(a)pyrène est utilisé comme traceur du risque cancérogène lié aux hydrocarbures aromatiques polycycliques dans l'air ambiant.

2.2. LIGNES DIRECTRICES DE L'OMS

Les lignes directrices de l'OMS traduisent l'état des connaissances scientifiques actuelles concernant l'impact de la pollution de l'air sur la santé.

Elles ne sont pas réglementaires, ni juridiquement contraignantes mais elles apportent une base factuelle aux décideurs dans la définition de normes et objectifs réglementaires (directives européennes, réglementation nationale). Elles ont été établies suivant une méthodologie rigoureusement définie et sont fondées sur des données factuelles.

Les lignes directrices ont été mise à jour en septembre 2021. Les données accumulées montrent que la pollution atmosphérique a des effets néfastes sur la santé à des concentrations encore plus faibles que ce qui été admis jusqu'alors. Aussi, l'OMS a abaissé la quasi-totalité des seuils de référence (dont la dernière édition date de 2005) en signalant que le dépassement de ces nouveaux seuils relatifs à la qualité de l'air était associé à des risques importants pour la santé. Elles concernent six polluants, pour lesquels des données récentes quant à leurs effets sur la santé sont disponible. Par ailleurs, le fait de prendre des mesures contre ces polluants dits classique a également un impact sur d'autres polluants nocifs.

[2] L'EIM 2011 est l'indicateur d'exposition moyenne de référence, correspondant à la concentration moyenne annuelle en µg/m³ en sur les années 2009, 2010 et 2011.

Elles sont présentées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 4 Niveaux de qualité de l'air recommandés et cibles intermédiaires - Lignes directrices de l'OMS, septembre 2021

Polluant	Durée retenue	Cible intermédiaire				Niveau recommandé
		1	2	3	4	
$PM_{2,5}$	Annuel	35	25	15	10	5
	24 h	75	50	37,5	25	15
PM_{10}	Annuel	70	50	30	20	15
	24 h	150	100	75	50	45
Ozone	Saison de pointe	100	70	-	-	60
	8 h	160	120	-	-	100
NO_2	Annuel	40	30	20	-	10
	24 h	120	50	-	-	25
SO_2	24 h	125	50	-	-	40
CO	24 h	7	-	-	-	4

3. CARACTERISATION DE L'ETAT INITIAL

3.1. OUTILS DE PLANIFICATION

3.1.1. Schéma Régional Climat, Air, Energie (SRCAE)

L'objectif des Schémas Régionaux Climat, Air, Energie prévus par la loi Grenelle II est de définir les orientations et objectifs à l'échelon du territoire régional et aux horizons 2020 et 2050 permettant d'atténuer les effets du changement climatique, notamment la réduction des émissions de gaz à effet de serre, de prévenir ou de réduire la pollution atmosphérique et de développer les énergies renouvelables. Le décret du 16 juin 2011 définit le contenu et les modalités d'élaboration des SRCAE.

Les SRCAE sont élaborés conjointement par le préfet de région et le président du conseil régional, qui s'appuient sur un comité de pilotage rassemblant les représentants de l'Etat, des établissements publics, ainsi que sur un comité technique réunissant l'ensemble des acteurs et parties prenantes.

Le SRCAE vaut Schéma des Energies Renouvelables au sens de la loi du 3 août 2009 et Plan Régional pour la Qualité de l'Air (PRQA).

Le SRCAE de la Réunion a été approuvé par arrêté préfectoral du 18 décembre 2013 et fixe comme objectifs :

- Une part d'énergies renouvelables (EnR) de 50% dans le mix énergétique électrique en 2020 et aller l'autonomie électrique en 2030,
- La réduction des émissions de gaz à effet de serre de 10% en 2020 par rapport à 2011,
- L'amélioration de 10% de l'efficacité électrique en 2020 et de 20% en 2030 par rapport à l'évolution tendancielle,
- La diminution de 10% du volume d'importation du carburant fossile pour le secteur des transports en 2020,
- L'équipement de 650 à 60% des logements en eau chaude solaire en 2020 et 70 à 80% en 2030.

Il comprend plusieurs volets dont :

- Un rapport de présentation, présentant notamment un bilan des émissions de gaz à effet de serre et des émissions en polluants atmosphériques et permettant de définir les objectifs qualitatifs et quantitatifs à atteindre aux horizons 2020 et 2030 pour répondre aux enjeux majeurs de la Réunion, en matière de climat, d'air et d'énergie,
- Un document d'orientations visant à atteindre les objectifs avec au total 70 orientations déclinées selon 7 secteurs (Energie, Transports et déplacements, Aménagement, urbanisme et cadre bâti, Ressources en eau, Milieux naturels, Agriculture, élevages et forêts, Santé et cadre de vie),

Dans le secteur des transports et déplacements, 11 orientations ont été définies parmi lesquelles :

- Maîtriser la demande de déplacements en véhicules particuliers via l'emprise des infrastructures dédiées sur le territoire,
- Développer une offre de transports en commun moderne et performante,
- Hiérarchiser le réseau viaire et garantir un maillage multimodal permettant une meilleure desserte des territoires.

Les trois orientations citées permettent de répondre au sous-objectif de réduction de la consommation de carburants en limitant les déplacements.

3.1.2. Plan Climat Air Energie Territorial (PCAET) du Territoire de la Côte Ouest (TCO)

Le Plan Climat Air Energie Territorial (PCAET) est un outil de planification qui a pour but d'atténuer le changement climatique, de développer les énergies renouvelables et maîtriser la consommation d'énergie. Il impose également de traiter le volet spécifique de la qualité de l'air. Il est obligatoire depuis 2017 pour les intercommunalités de plus de 50 000 habitants et depuis 2019 pour les intercommunalités de plus de 20 000 habitants.

Cette planification est un projet territorial de développement durable qui prend en compte l'ensemble des problématiques climat-air-énergie autour de plusieurs axes d'actions :

- La réduction des émissions de gaz à effet de serre (GES)
- L'adaptation au changement climatique
- La sobriété énergétique – La qualité de l'air
- Le développement des énergies renouvelables

Le PCAET implique et mobilise tous les acteurs du territoire (entreprises, associations, citoyens, communes, …). Il est mis en place pour une durée de 6 ans.

Lors du conseil communautaire le 15 février 2021, l'assemblée a prescrit l'élaboration d'un Plan Climat Air Energie territorial à l'échelle du TCO et approuvé la mise en œuvre des modalités d'élaboration, de gouvernance, de concertation et d'information. Les objectifs qui seront définis dans le cadre du PCAET doivent être articulés avec les objectifs de la stratégie territoriale déjà engagée et ceux de la Stratégie Nationale Bas Carbone (SNBC). Le programme d'actions porte sur tous les secteurs d'activités : tertiaire, résidentiel, industriel, agriculture, mobilité. Le TCO s'est engagé dans une stratégie volontarisme pour la transition écologique, en partenariat avec l'ADEME, dans le cadre d'un Contrat d'Objectif Territorial (COT). A ce titre, le TCO s'est engagé à élaborer et valider son PCAET.

3.2. CARACTERISATION DE LA QUALITE DE L'AIR ACTUELLE SUR LE TERRITOIRE DE LA COTE OUEST

ATMO Réunion est l'Association Agrée de Surveillance de la Qualité de l'Air (AASQA) à la Réunion. Les AASQA sont des organismes français mesurant et étudiant la pollution atmosphérique au niveau de l'air ambiant. Elles sont agréées par le ministère de l'Ecologie pour communiquer officiellement leurs résultats.

ATMO Réunion compte 17 stations de mesure permanentes sur le territoire régional et 7 stations mobiles. Ces stations permettent de mesurer en temps réels différents polluants, réglementés ou non.

Sur le territoire de la TCO, ATMO Réunion dispose de 6 stations de mesures dont 1 (station centre pénitentiaire) dans la commune du port :

- Station Terrain de Sel en situation industrielle, représentative du niveau maximum de pollution induit par des phénomènes de retombées de panaches ou d'accumulation provenant de la centrale thermique EDF-PEI du Port. Les polluants surveillés sont les suivants : SO_2 et NO_2
- Station Centre pénitentiaire, cette station mobile se situe au centre pénitentiaire du Port dans le cadre de la surveillance des retombées de dioxyde de souffre autour de la centrale thermique EDF-PEI du Port. Le SO_2 et le NO_2 sont les polluants mesurés pour cette station.
- Station Plateau Caillou en situation urbaine, sous influence du trafic routier permet la mesure des polluants suivants ; SO_2, NO_2, O_3, PM_{10}, $PM_{2.5}$.
- Station Grand Fond en situation périurbaine, éloignée du trafic routier permet la mesure du NO_2, O_3, et des PM_{10}.
- Station Chaussée Royale en situation trafic, sous influence directe du trafic routier, elle mesure les polluants suivants : NO_2, PM_{10}, CO.

- La dernière est la station Route des Tamarins en situation trafic, sous l'influence du trafic routier, elle permet la mesure du NO_2, des PM_{10}, et des $PM_{2.5}$.

Elles sont localisées sur la figure ci-dessous (source ATMO Réunion).

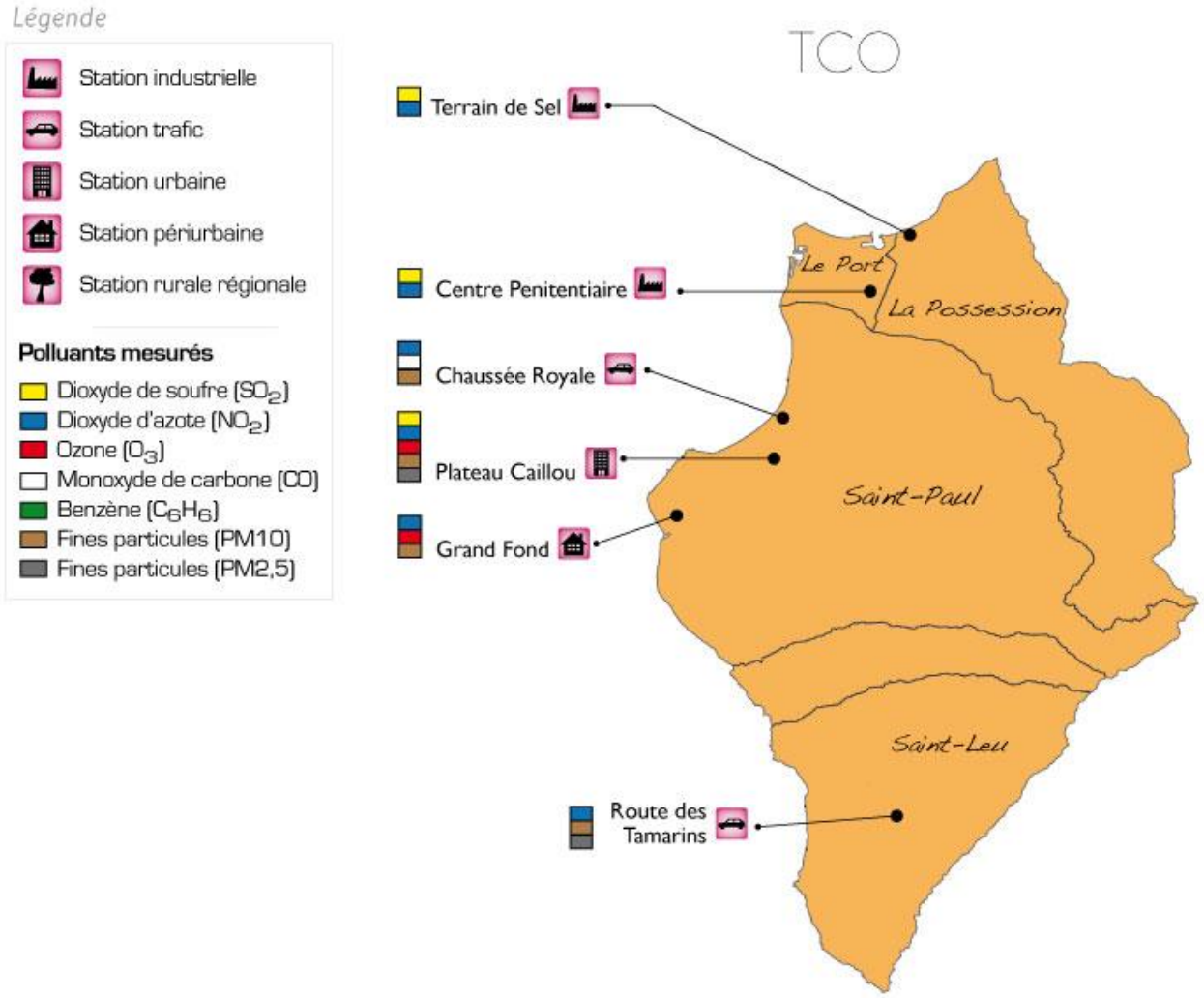


Figure 1 Stations de mesures permanentes d'ATMO Réunion sur le territoire de la TCO (source ATMO Réunion)

L'association fournit chaque année un bilan de la qualité de l'air sur la région Réunion et sur ses différents territoires. Pour l'année 2020, le bilan de la qualité de l'air sur le territoire de la côte Ouest est le suivant;

- Le dioxyde d'azote
  En moyenne annuelle, la concentration de dioxyde d'azote en 2020 a respecté l'objectif de qualité fixé par la réglementation Française à 40 µg/m^3. En effet, il a été relevé 5 µg/m^3 pour la station Grand fond et 13 µg/m^3 pour la station plateau-caillou.

- Les PM10
  En moyenne annuelle, la concentration de PM10 en 2020 a respecté l'objectif de qualité fixé par la réglementation Française à 30 µg/m^3. Il a été mesuré 16 µg/m^3 pour la station Grand fond et 11 µg/m^3 pour la station plateau caillou.

- L'ozone
  La concentration en moyenne annuelle pour l'année 2020 pour l'ozone respecte l'objectif de qualité pour la protection de la santé humaine fixé à 120 µg/m^3, moyenné sur 8 heures. Il a été relevé une concentration moyennée sur 8 heures de 69 µg/m^3 pour la station plateau caillou et 72 µg/m^3 pour la station Grand fond.

Il convient d'être prudent face aux concentrations mesurées en 2020, année marquée par la crise sanitaire liée à la COVID-19. La conséquence du confinement sur les concentrations journalières en NO_2 a été démontrée dans une étude faite par ATMO Réunion pour les stations Centre pénitentiaire du Port (CPE) et Terrain de Sel (MQT) (voir figure ci-dessous).

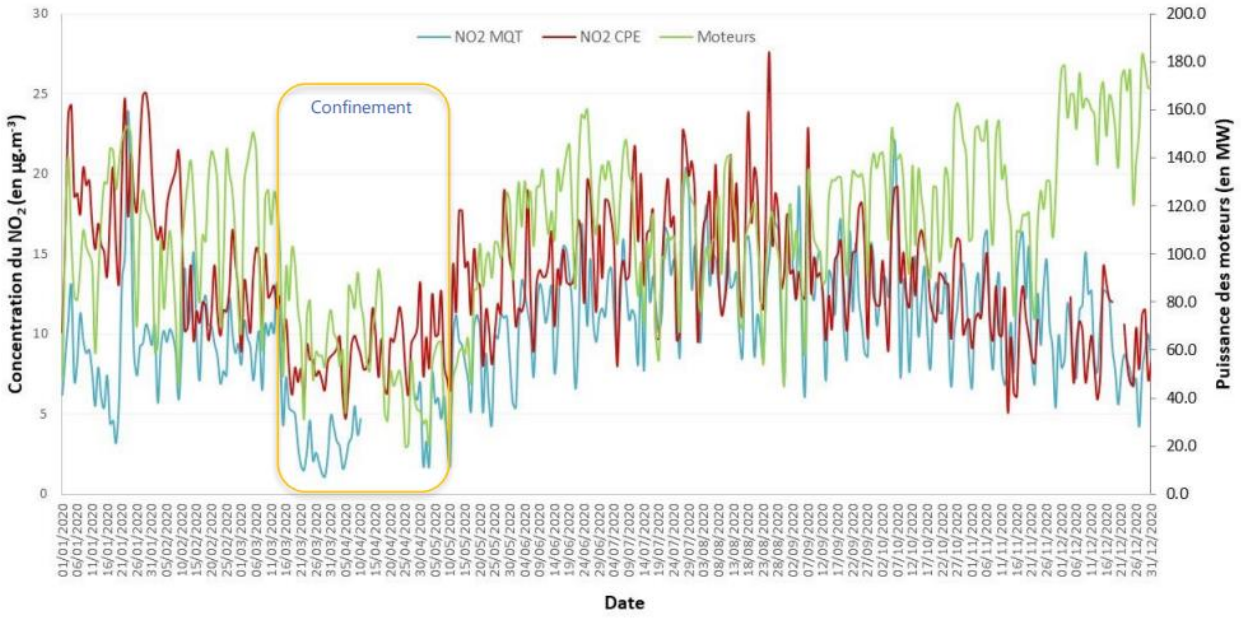


Figure 2 Evolution des concentrations journalières en NO2 sur les stations MQT et CPE ainsi que de la puissance des moteurs de la centrale du 1 Janvier au 31 Décembre 2020

La baisse conséquente de la concentration journalière en NO_2 relevée sur les stations CPE et MQT de mi-mars à mi-mai est principalement liée au confinement. Ce confinement a impacté le trafic routier et la production d'électricité (demande plus faible) sur toute l'île.
Le tableau suivant répertorie les concentrations en moyennes annuelles mesurées pour plusieurs stations de différents types (trafic, périurbaine et industrielle) concernant la période 2014-2020 pour le dioxyde d'azote.

Tableau 5 Concentrations en moyennes annuelles de NO2 (µg/m3) pour la période 2014-2020 (Stations : Chaussée Royale, Grand fond, station terrain de sel)

Station	Concentrations en NO2 (µg/m³) mesurées						
	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Chaussée royale (trafic)	19	26	28	28	N/A	N/A	-
Grand fond (périurbaine)	7	7	6	6	6	8	13
Station terrain de sel (industrielle)	N/A	14	12	10	11	11	10

Les concentrations en moyennes annuelles concernant le dioxyde d'azote montrent respectant les objectifs de qualités fixés par la réglementation Française pour toutes les années et pour l'ensemble des stations (trafic, périurbaine et industrielle). Ceci témoigne donc d'une bonne qualité de l'air sur le territoire de la côte Ouest de La Réunion.

3.3. CARACTERISATION DE LA SITUATION ACTUELLE PAR DES MESURES IN-SITU

Afin de mieux rendre compte de la qualité de l'air sur le secteur d'étude, une campagne de mesures in-situ a été réalisée à l'aide d'échantillonneurs passifs du NO_2, ce polluant étant le plus représentatif de la pollution atmosphérique liée à la circulation routière et du benzène. La campagne s'est déroulée entre le jeudi 09 et le jeudi 30 Juin 2022.

3.3.1. Méthodologie de mesure de la qualité de l'air par tubes passifs

L'échantillonnage par tubes à diffusion passive est basé sur le principe de convection naturelle de l'air à travers un tube contenant un adsorbant ou un support solide imprégné de réactif chimique adapté à l'adsorption spécifique du polluant gazeux. Les tubes utilisés dans cette campagne sont préparés et analysés par le laboratoire PASSAM AG (Suisse).

Pendant l'échantillonnage, les polluants gazeux sont piégés par la source diffuse contenant l'adsorbant. Les polluants sont ensuite récupérés par désorption, puis analysés par le laboratoire qui quantifie les polluants absorbés et en déduit les concentrations moyennes. La concentration atmosphérique moyenne sur la période d'échantillonnage est calculée à partir de la masse piégée pendant l'exposition.

L'exposition est limitée à deux semaines afin de limiter le lessivage par les intempéries. Les tubes sont disposés à une hauteur de 2 à 2,5 m environ, d'une part pour être représentatifs de l'exposition de la population et d'autre part afin de limiter les actes de vandalismes. De plus, afin de limiter les effets des conditions météorologiques sur la qualité de l'échantillonnage, les tubes sont généralement placés dans des abris cylindriques pendant toute la durée d'exposition (voir la figure ci-dessous).

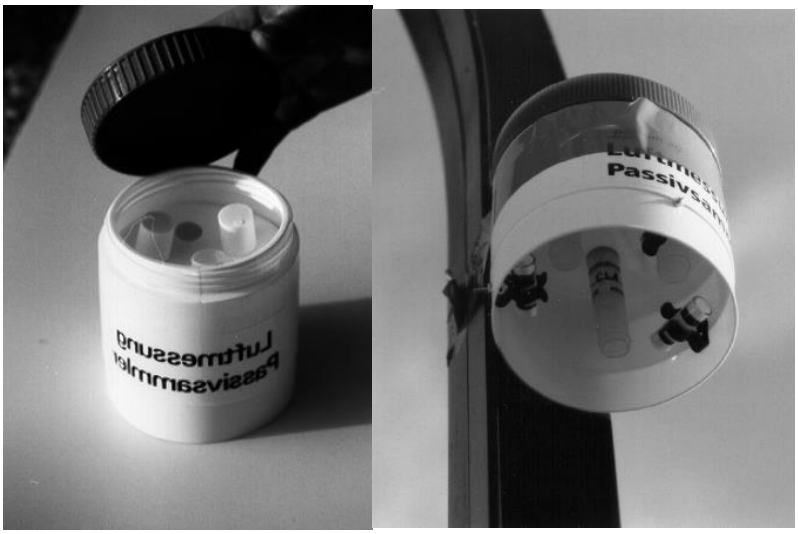
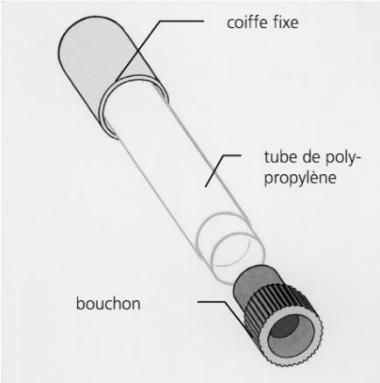


Figure 3 Système de protection contre les intempéries

- **Mesures du dioxyde d'azote (NO_2)**

L'échantillonneur passif du dioxyde d'azote est basé sur le principe de la diffusion passive de molécules de dioxyde d'azote sur un absorbant, le triéthanolamine, permettant le piégeage du NO2 pendant la période d'exposition. Les échantillonneurs utilisés consistent en un tube de polypropylène de 7,4 cm de long et de 9,5 mm de diamètre (voir figure ci-contre). Pour la protection de l'échantillonneur contre les intempéries de même que pour diminuer l'influence du vent, un dispositif spécifique de protection est conseillé. Les tubes sont disposés en position verticale à l'intérieur du dispositif de protection.



A l'issue de l'exposition, les tubes sont renvoyés au laboratoire PASSAM AG en vue de leur analyse. La quantité de dioxyde d'azote absorbée par l'absorbant est proportionnelle à sa concentration dans l'environnement. Après une exposition donnée (1 jour à 2 semaines) la quantité totale de dioxyde d'azote est extraite et déterminée par colorimétrie à 540 nm selon la réaction de Saltzmann.

Le résultat obtenu est une concentration s'exprimant en µg/m3 et représentant la quantité de NO_2 échantillonnée pendant la durée d'exposition (soit généralement 15 jours). Une comparaison des valeurs réglementaires annuelles avec les concentrations obtenues revient à faire l'hypothèse que la période d'exposition des tubes est représentative de l'ensemble de l'année.

- **Mesures du benzène**

L'échantillonneur passif correspondant au benzène est placé à côté de l'échantillonneur passif du dioxyde d'azote, en position horizontale et à l'abri sous le boitier cylindrique. L'échantillonneur passif correspondant au BTX est présenté à la figure ci-contre.

Le parcours de diffusion est déterminé par une couche d'acétate de cellulose. Par cette couche, on parvient aussi à diminuer l'influence du vent. La quantité absorbée de BTX est proportionnelle à sa concentration dans l'environnement.

A l'issue de l'exposition, les tubes sont renvoyés au laboratoire PASSAM AG en vue de leur analyse. Le charbon actif est extrait grâce à du sulfure de carbone et le BTX est déterminé par chromatographie gazeuse.

Comme pour le dioxyde d'azote, le résultat obtenu est une concentration s'exprimant en µg/m3 et représentant la quantité de polluants échantillonnée pendant la durée d'exposition.

3.3.2. Emplacement des sites de mesures

Le choix des stations de mesures a été effectué de manière à obtenir des valeurs représentatives de la qualité de l'air du site. Le positionnement tient compte des aspects environnementaux du site (habitations à proximité, direction des vents dominants, etc.).

Le secteur d'étude a été instrumenté de 20 stations de mesure du NO_2 et 10 stations de mesure du benzène (voir figure 3).

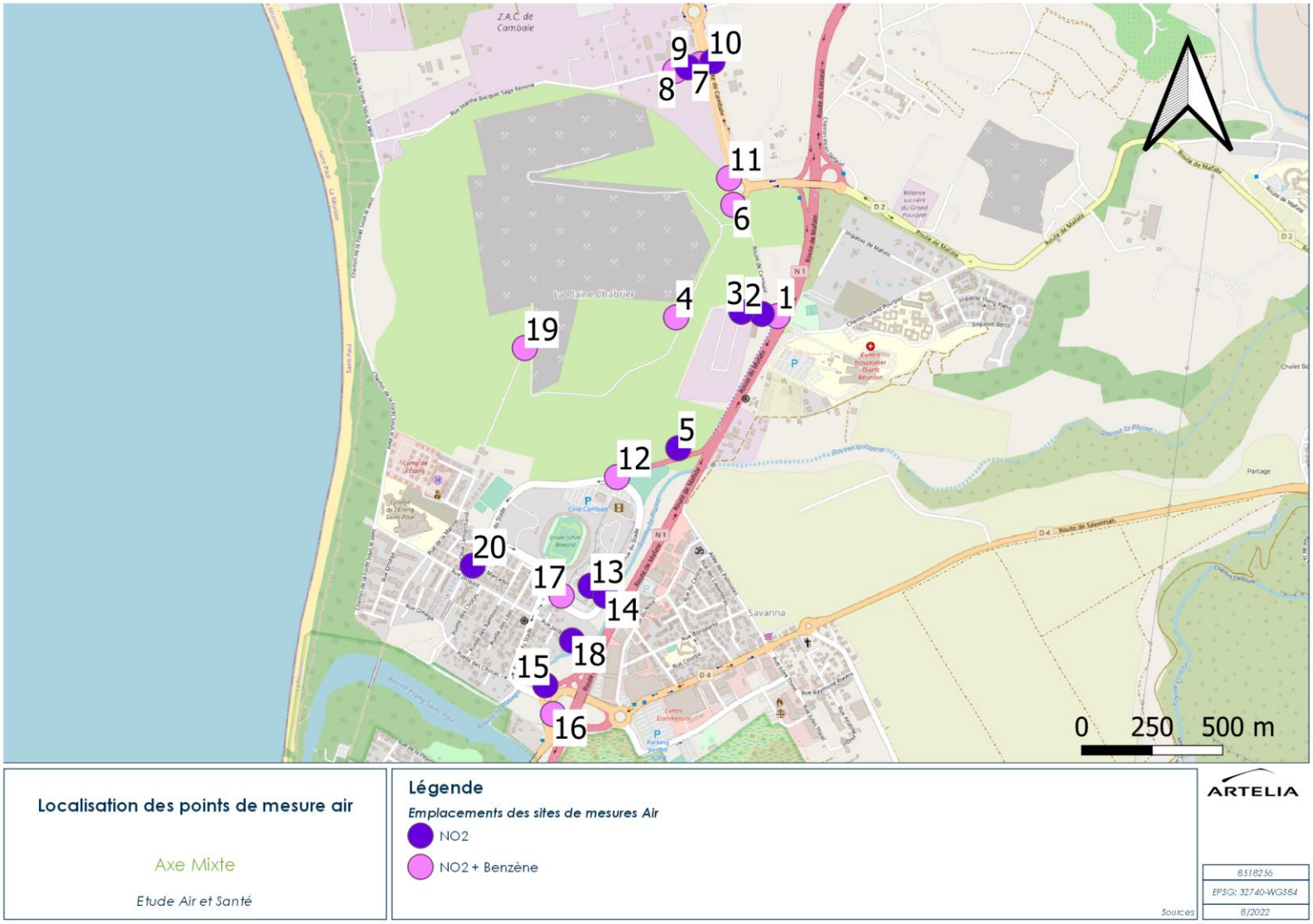


Figure 4 Localisation des points de mesures air

3.3.3. Conditions météorologiques

Les conditions météorologiques influencent le transport, la transformation et la dispersion des polluants, notamment par la direction et la force du vent. L'analyse des conditions météorologiques permet alors de mieux apprécier l'influence de celles-ci sur les teneurs mesurées.

Les conditions météorologiques pendant la période de mesures s'appuient sur les observations (vitesse et direction du vent, hauteur des précipitations, températures) de la station Météo France de La Réunion « Le Port », située à environ 3km au Nord de la zone d'étude.

Elles sont présentées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 6 Données météorologiques pendant la campagne de mesures du 09 au 30 juin 2022 - Station Météo France de La Réunion – Le Port

JOUR	PRECIPITATIONS (MM)	TEMPERATURES MOYENNES (°C)	VITESSE DU VENT MOYENNE (M/S)
09-juin	0	23,7	2,0
10-juin	0	23,8	1,8
11-juin	0,4	23,7	2,1
12-juin	0	23,5	2,2
13-juin	0	24,4	1,9
14-juin	1,2	24,2	2,5
15-juin	0	23,9	3,1
16-juin	0	25,4	6,3
17-juin	0	24,7	4,5
18-juin	1,8	22,7	2,1
19-juin	0	23,1	2,9
20-juin	0	22,7	2,4
21-juin	0	22,4	2,8
22-juin	0	22,2	3,0
23-juin	0	22,3	2,6
24-juin	0	22,6	3,1
25-juin	0	22,6	2,8
26-juin	0	23,2	3,8
27-juin	1,4	21,8	2,6
28-juin	0	22,2	2,7
29-juin	0	21,8	2,0
30-juin	0	22,0	2,7

Pour information, il tombe en moyenne 9,8 mm de précipitation pour un mois de juin classique (Source : weatherspark.com). Pendant la campagne, sur une période de 21 jours il est tombé au total 4,8 mm de précipitations.

Concernant les températures, sur la campagne de mesure, la température moyenne était de 23,1 °C, correspondant aux normales saisonnières pour un mois de juin classique (23°C) (Source : weatherspark.com).

La figure ci-dessous illustre pour la période de la campagne de mesure, la fréquence et la vitesse des régimes de vent. Les secteurs en jaune indiquent les vents les plus faibles, favorables à l'accumulation de la pollution atmosphérique (vitesse du vent < 1,5 m/s) et en bleu les régimes de vents les plus dispersifs (vitesse supérieure à 8 m/s).

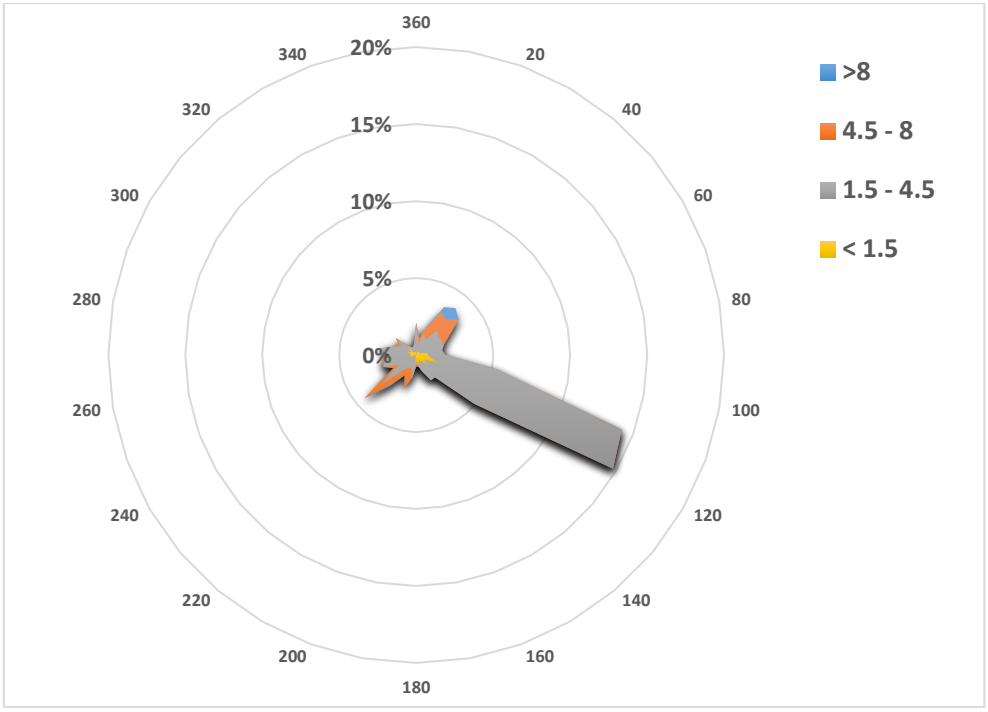


Figure 5 Rose des vents du 09 au 30 juin 2022 - Station Météo France de La Réunion – Le Port

La rose des vents présente une direction principale des vents provenant du secteur Sud-Est dans une proportion de 45% par rapport à l'ensemble des vents répertoriés pendant la campagne. Par ailleurs, dans une moindre proportion, les vents provenant des directions Sud-Ouest (20%) et Nord-Est (22,3%) ont été mesurés.

Les vents pendant la campagne étaient globalement des vents moyens, la contribution de ces vitesses de vent lors de la campagne a été de 72,2%. Les vents faibles (vitesse de vent inférieure à 1,5 m/s) ont représenté 15% des vents de l'ensemble de la campagne de mesure. Parmi ces vents faibles, A noter que 0,2% des vents étaient stagnants. Enfin, les vents forts (vitesse supérieure à 8 m/s) ont été recensés en provenance des secteurs Nord-Est et Sud-Ouest.

La figure ci-dessous présente la rose des vents normalisée pour la période 2001-2020.

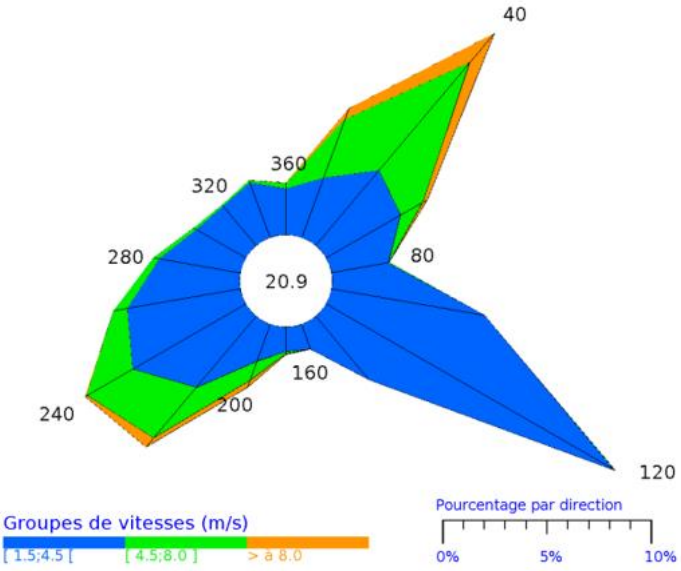


Figure 6 Rose des vents normales pour la station Le Port - Période 2001-2020 (Source: Météo France)

La rose des vents normalisée montre une direction principale des vents de secteurs Sud-Est. Il s'agit majoritairement de vents faibles c'est-à-dire des vents avec une vitesse inférieure à 1,5 m/s. La rose des vents présente également 2 directions secondaires; les vents provenant des secteurs Nord-Est et Sud-Ouest. Ces deux directions présentent majoritairement des vents faibles à modérés. Les vents les plus dispersifs correspondant à une vitesse de vent supérieure à 8 m/s sont également représentés pour ces deux directions. Globalement, les directions de vent de la rose des vents normalisée sont similaire à la rose des vents obtenu durant la campagne.

3.3.4. Résultats de la campagne de mesures

Les résultats de la campagne de mesures sont représentatifs de la période d'exposition (soit une période de 21 jours). Les concentrations mesurées correspondent à la moyenne des concentrations sur ces périodes avec des conditions météorologiques diverses. Les valeurs obtenues ne sont pas lissées sur l'année et peuvent laisser apparaître des pics de concentrations en cas de conditions météorologiques défavorables pendant la période de mesures (exemple d'un vent orienté vers le capteur).

D'autre part, cette période d'observation ne peut prétendre à une grande représentativité par rapport à la période de référence des seuils examinés (l'année) et tend à relativiser les conclusions.

Le tableau ci-après présentent les moyennes de concentration en polluants relevées sur chaque site.

Tableau 7 Concentrations moyennes en NO_2 et benzène relevée pendant la campagne de mesures

Point de mesure	Type de station	Concentration en NO_2 (µg/m³)	Concentration en Benzène (µg/m³)
1	Proximité routière – demi transect RN1	31,5	0,4
2	Proximité routière – demi transect RN1	23,4	-
3	Fond urbain – demi transect RN1	19,0	-
4	Fond urbain	14,3	0,4
5	Proximité routière	23,4	-
6	Proximité routière	28,0	0,4

Point de mesure	Type de station	Concentration en NO_2 (µg/m³)	Concentration en Benzène (µg/m³)
7	Proximité routière – demi transect route de Cambaie	29,5	0,8
8	Proximité routière – demi transect route de Cambaie	23,4	0,5
9	Proximité routière – demi transect route de Cambaie	Echantillonneur non retrouvé sur site	-
10	Proximité routière – demi transect route de Cambaie	23,9	-
11	Proximité routière	30,5	0,9
12	Proximité routière	20,2	0,5
13	Fond urbain	23,1	-
14	Proximité routière	26,2	-
15	Proximité routière	41,5	-
16	Proximité routière	43,8	1,0
17	Proximité routière	23,1	0,6
18	Proximité routière	23,7	-
19	Fond urbain	12,2	0,3
20	Fond urbain	16,3	-

Les concentrations en benzène sont faibles et bien en dessous du seuil réglementaire de 2 µg/m³. Ils sont peu variables selon les points (0,3 à 1,0 µg/m³).

Concernant le dioxyde d'azote, excepté pour les capteurs 15 et 16 situé à proximité de l'échangeur de la RN1 au sud (échangeur Savanna) dont les concentrations moyenne de NO_2 pendant la campagne ont été respectivement de 41,5 et 43,8 µg/m³, la majorité des capteurs de l'ensemble de la zone d'étude ont mesuré des concentrations en NO_2 en dessous du seuil réglementaire fixé dans la réglementation à 40 µg/m³. En situation de fond urbain, la moyenne des concentrations de l'ensemble des capteurs est de 17 µg/m³ et ne respectent donc pas le niveau recommandé par l'OMS en moyenne annuelle pour le NO_2 (10µg/m3).

Par ailleurs, les niveaux maximaux en NO_2 sont mesurés près des axes où le trafic est plus important, notamment au niveau de la RN1 mais aussi des échangeurs.

A l'inverse, les points les plus éloignés de l'infrastructure affichent des concentrations plus faibles, l'influence de la voirie devenant négligeable à une certaine distance. Les concentrations minimales sont observées sur les tronçons piétonniers à l'écart de toute source routière et les tronçons avec un très faible trafic routier.

La figure ci-après présente les moyennes des concentrations relevées sur chaque site pendant la période de mesures.

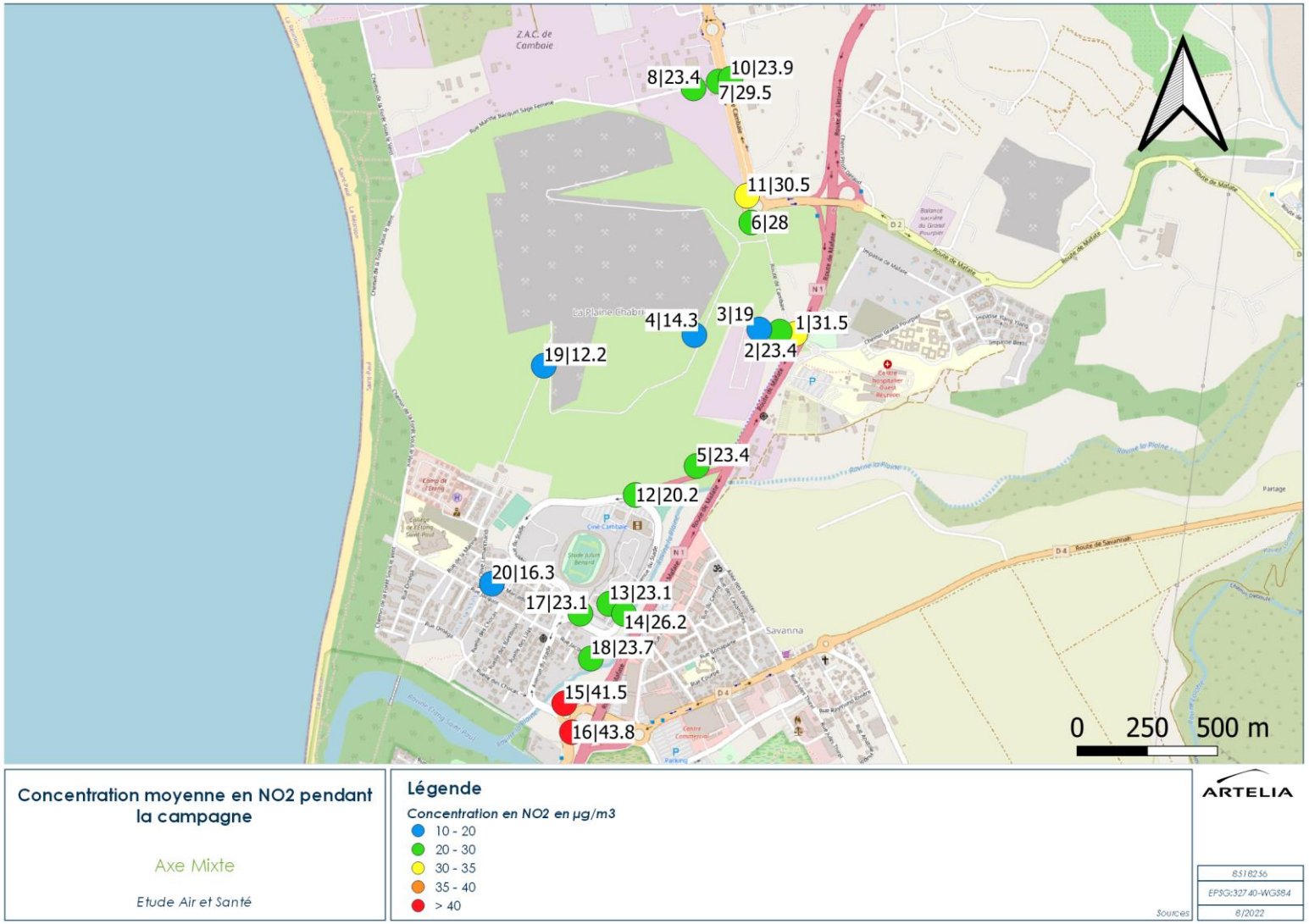


Figure 7 Concentrations moyennes en NO_2 (en µg/m3) relevées pendant la campagne de mesures du 09 au 30 juin 2022

Afin d'étudier la décroissance des niveaux avec la distance à la voie, deux demi-transects ont été réalisés, dont les résultats sont présentés sur les graphiques ci-dessous :

- **Transect 1** : Route de Cambaie (points 10, 7, 8 et 9) ;

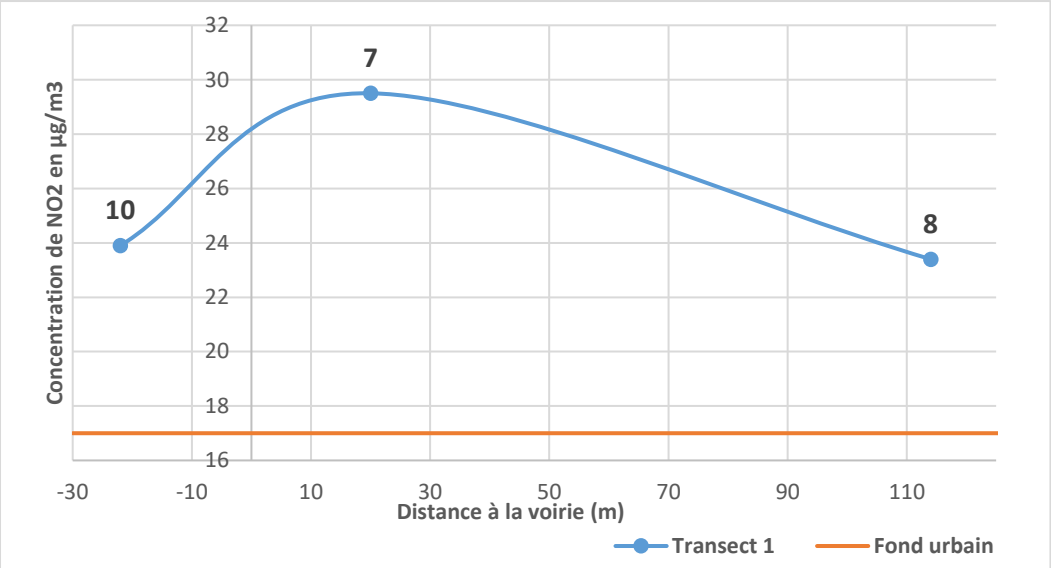


Figure 8 Décroissance des niveaux de concentrations de NO2 (µg/m3) en fonction de la distance (m) à la route de Cambaie et mise en évidence de la concentration moyenne de NO2 en situation de fond urbain

- **Transect 2** : RN1 (points 1, 2 et 3).

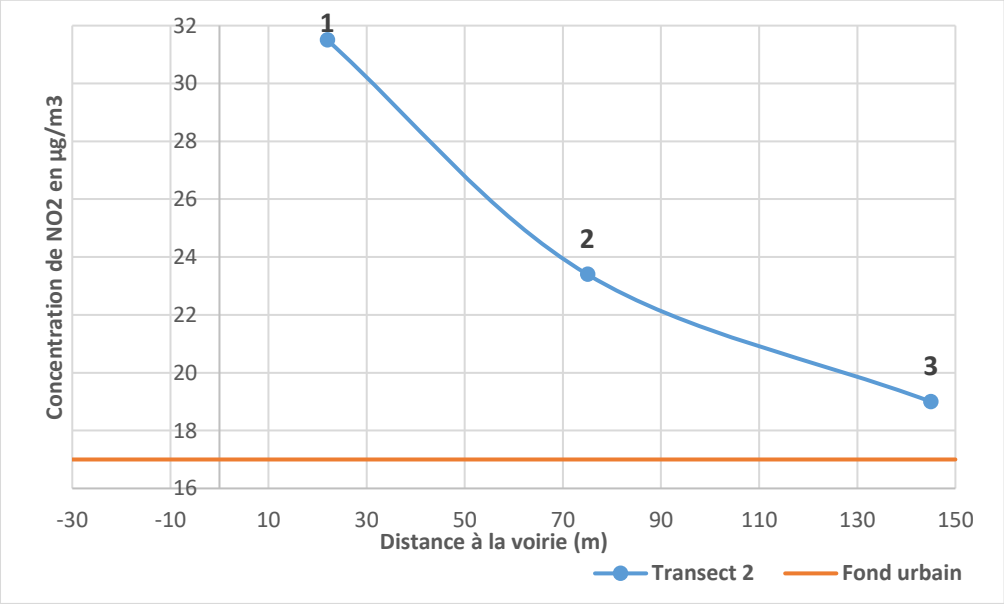


Figure 9 Décroissance des niveaux de concentrations de NO2 (µg/m3) en fonction de la distance (m) à la RN1 et mise en évidence de la concentration moyenne de NO2 en situation de fond urbain

Globalement, il est constaté une diminution de la concentration moyenne en NO_2 à mesure que l'on s'éloigne des axes routiers (RN1 ou route de Cambaie). Les niveaux de fond sont atteints au-delà de 150 m de l'infrastructure.

- **Comparaison avec les mesures d'Atmo Réunion**

Les stations de mesures d'ATMO Réunion les plus proches de la zone d'étude mesurant le dioxyde d'azote sont la station industrielle Centre pénitentiaire sur la commune du Port à un peu plus de 3km au nord-est du site et la station de fond urbaine Plateau Caillou sur la commune de Saint-Paul à 5 km au sud du site. Si ces stations ne sont pas représentatives de la qualité de l'air de la zone d'étude du fait de leur typologie (pour la station industrielle) ou de leur éloignement (pour la station de fond urbaine), il est intéressant de comparer sur ces stations, les concentrations mesurées pendant la campagne et les concentrations moyennes annuelles afin d'apprécier la représentativité des mesures. Le tableau suivant présente les concentrations mesurées sur ces stations pendant la période de la campagne mais également sur la période 2014-2020.

Tableau 8 Concentrations en moyennes annuelles de NO2 (µg/m3) pour la période 2014-2019 (Stations : Centre pénitentiaire et Plateau Caillou) et comparaison aux valeurs de concentrations obtenues pendant la campagne sur ces mêmes stations.

Station	Concentrations en NO2 (µg/m³) mesurées							
	09 au 30 Juin 2022	2014	2015	2016	2017	2018	2019	**2020**
Centre pénitentiaire (industrielle)	15	N/A	15	14	14	13	14	13
Plateau Caillou (fond urbaine)	10	7	10	10	10	9	9	13

Aussi, pendant la campagne, les stations ont relevé des niveaux moyens sensiblement identiques à ceux relevés en moyenne annuelle sur les années 2014-2020. Les niveaux relevés pendant la campagne peuvent être considérés comme représentatifs des concentrations moyennes annuelles.

Globalement, la campagne de mesures a montré une qualité de l'air plutôt bonne sur le secteur d'étude avec des niveaux de concentration en NO_2 en dessous de la valeur limite de 40 µg/m^3 définie dans la réglementation. Par ailleurs, les niveaux de fond relevés sur le site sont proches de ceux observés sur la station industrielle du centre pénitentiaire et un peu plus élevés que ceux observés sur la station de fond urbaine Plateau Caillou.

- **Comparaison avec la campagne de mesures de septembre 2020 dans le cadre de l'étude d'impact de la ZAC Cambaie**

Une campagne de mesure a été effectuée dans la zone d'étude du 1er au 15 septembre 2020 dans le cadre du projet de création de la ZAC Cambaie. La figure suivante présente les concentrations relevées pendant la campagne de 2020.

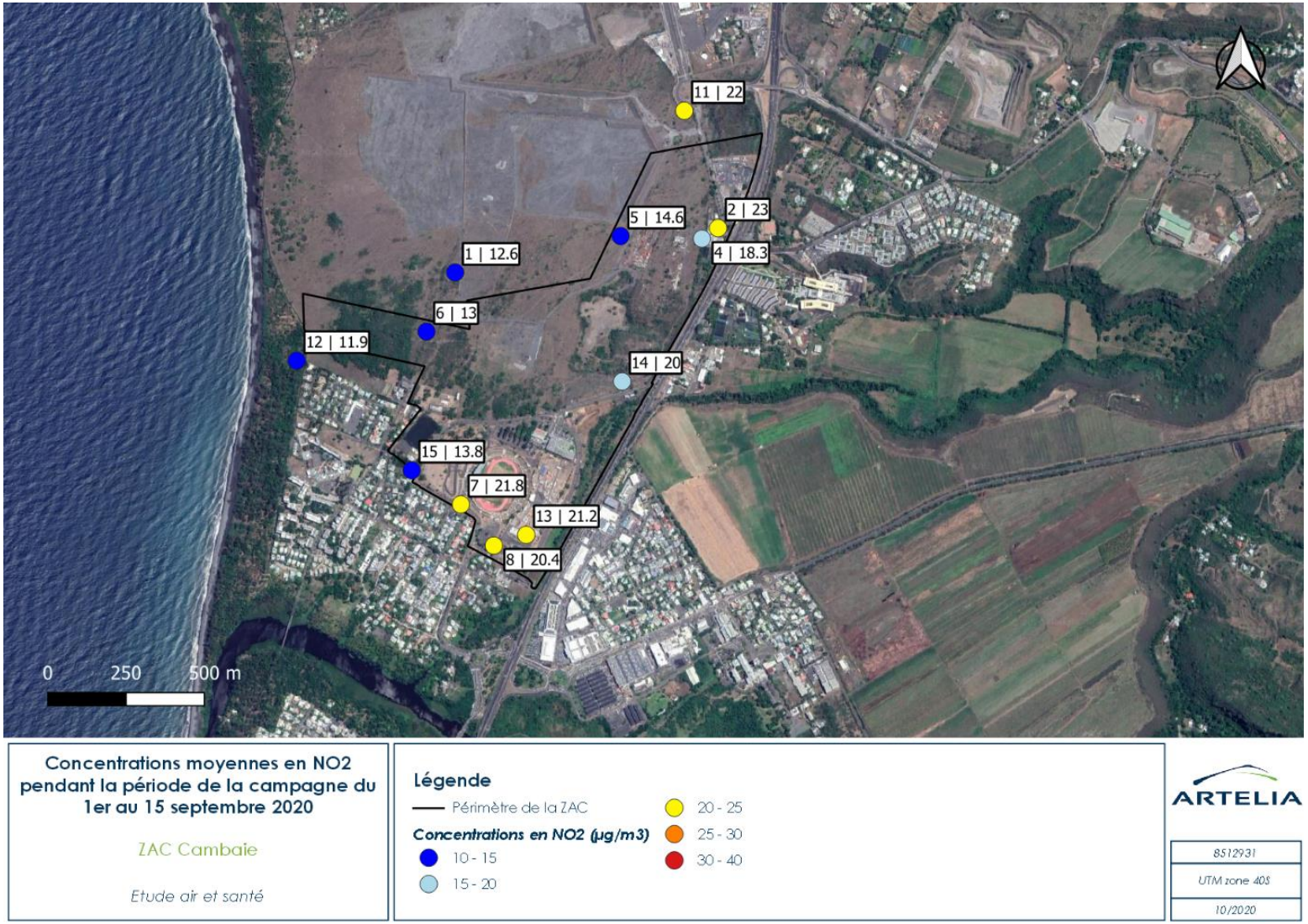


Figure 10 Concentrations moyennes en NO2 (µg/m3) obtenus dans le cadre de l'étude de la ZAC Cambaie

La campagne de 2020 avait mesuré en moyenne une concentration de 13,2 µg/m^3. Pendant la campagne de mesure de 2022, la moyenne de concentrations en NO_2 des capteurs a été de 16,5 µg/m^3, soit 3,3 µg/m^3 de plus que lors de la campagne de 2020.

Lors de la campagne de 2022, plusieurs capteurs ont été positionnés au même endroit que lors de la campagne de 2020. Le tableau suivant compare les résultats des concentrations en NO_2 des campagnes de 2020 et 2022 sur ces capteurs.

Tableau 9 Comparaison des concentrations pendant les campagnes de 2020 et de 2022 pour des capteurs positionnées au même endroit

Point de mesure Campagne 2022	Point de mesure Campagne 2020	Concentration en NO_2 (µg/m^3) - 2022	Concentration en NO_2 (µg/m^3) - 2020	Ecart 2022-2020
2	**2**	23,4	23	0,4
4	**5**	14,3	14,6	-0,3
5	**14**	23,4	20	3,4
6	**11**	28	22	6
17	**8**	23,1	20,4	2,7
19	**6**	12,2	13	-0,8

Globalement, les valeurs des concentrations en NO_2 ont été légèrement supérieures pendant la campagne de 2022 pour des capteurs positionnés au même endroit que lors de la campagne de 2020, en particulier pour les points en proximité de la voirie.

4. EFFETS DU PROJET DE CREATION DE L'AXE MIXTE SUR LA QUALITE DE L'AIR - QUANTIFICATION DES EMISSIONS POLLUANTES

L'évaluation des impacts sur la qualité de l'air est appréhendée d'abord sur la base d'une quantification des émissions des principaux polluants émis par le trafic routier, puis sur une modélisation de la dispersion atmosphérique pour le dioxyde d'azote et les particules (Cf 5 Modélisation des concentrations en polluants).

Les émissions polluantes, puis les concentrations en polluants ont été estimées sur l'ensemble du réseau d'étude pour 5 scénarios et 3 horizons d'étude : état initial 2022, scénario fil de l'eau et scénario projet à la mise en service 2027 et scénario fil de l'eau et scénario projet à la mise en service + 20 ans soit 2047.

4.1. RESEAU ROUTIER ET TRAFIC

Pour rappel, le réseau routier a été défini selon les recommandations de la note méthodologique du CEREMA du 22 février 2019. Il inclut donc le futur axe mixte, ainsi que l'ensemble des voies dont le trafic est affecté significativement par le projet.

Les données trafic sont issues de l'étude trafic réalisée par ARTELIA en 2022. Les hypothèses sont présentées en Annexe 2.

Au total, 5 scénarios ont été pris en compte, à 3 horizons différents. Ces scénarios sont explicités dans le tableau ci-dessous. Ce tableau est extrait des hypothèses des données trafic.

Tableau 10 Hypothèses étude trafic

Horizons	Scénarios	Nombre de tronçons	Projet viaire	Projet urbain
2022	Etat initial	140	-	-
2027	Etat référence	149	-	-
	Etat projet	186	Secteur 1 et 2 Axe Mixte	Pôle Loisirs Tranche 1 ZAC Cambaie
2047	Etat référence	149	-	-
	Etat projet	256	Secteur 1 et 2 Axe Mixte Réseau ZAP Plan de ciruculation de la possession Franchissement Port Possession, PSO, Savanna Réseau viaire Cambaie/Cornu Nouveau franchissement RdG Allée sur berge RdG	Pôle Loisir ZAC Cambaie Phase 2 / Cornu ZAC Sans souci ZAC Marie Case Savanna ZAP

A noter que pour les scénarios projets et référence 2047, les données trafic utilisées sont celles de l'horizon 2045. En effet, au vu de la conjoncture, il a été considéré une stagnation de la croissance du trafic après 2045.

Autour de chaque tronçon considéré est ensuite défini une bande d'étude, dont la largeur est adaptée en fonction du type de composés étudiés (gazeux ou particulaires) et du trafic circulant sur la voie.

Le réseau d'étude et la bande d'étude globale sont représentés sur la figure ci-après.

Figure 11 Réseau routier retenu

Sur la base de ces trafics, le kilométrage parcouru, qui correspond au produit du TMJA et de la distance parcourue pour chaque tronçon selon les différents scénarios a été calculé. Il est présenté dans le Tableau 11 ci-dessous. Il augmente, indépendamment du projet entre 2022 et 2027 (+13 %) sur tous les axes puis tend à se stabiliser entre 2022 et 2047. Entre 2027 et 2047, il augmente de manière significative sur sur la RN1 (200%), mais diminue globalement sur l'ensemble des autres tronçons, (-50%).

A l'horizon 2027, le projet tend à diminuer le kilométrage parcouru. Cependant, à l'horizon 2047, une augmentation est constatée au niveau de la RN1 (2%) et surtout sur le secteur 3 (590%), du fait des différents projets d'aménagement et notamment la ZAC Cambaie (phase 2).

Tableau 11 Kilométrage parcourus sur le réseau d'étude

Voies	2022	2027			2047		
	Etat initial	Référence	Projet	Evolution Projet/référence	Référence	Projet	Evolution Projet/référence
RN1	71 474 913	81 837 041	78 454 142	-4%	265 355 523	270 360 195	2%
Autres axes actuels	268 269 933	302 281 463	279 905 136	-7%	119 486 574	105 871 791	-11%
Secteur 1			1 816 873			25 020 548	
Secteur 3		3 686 823	3 133 603	-15%	3 332 232	22 951 434	589%
Axe Mixte			25 161 932			32 760 567	
Nouvel échangeur						8 900 813	
Toutes voiries	339 744 846	387 805 327	388 471 686	0%	388 174 330	465 865 347	20%

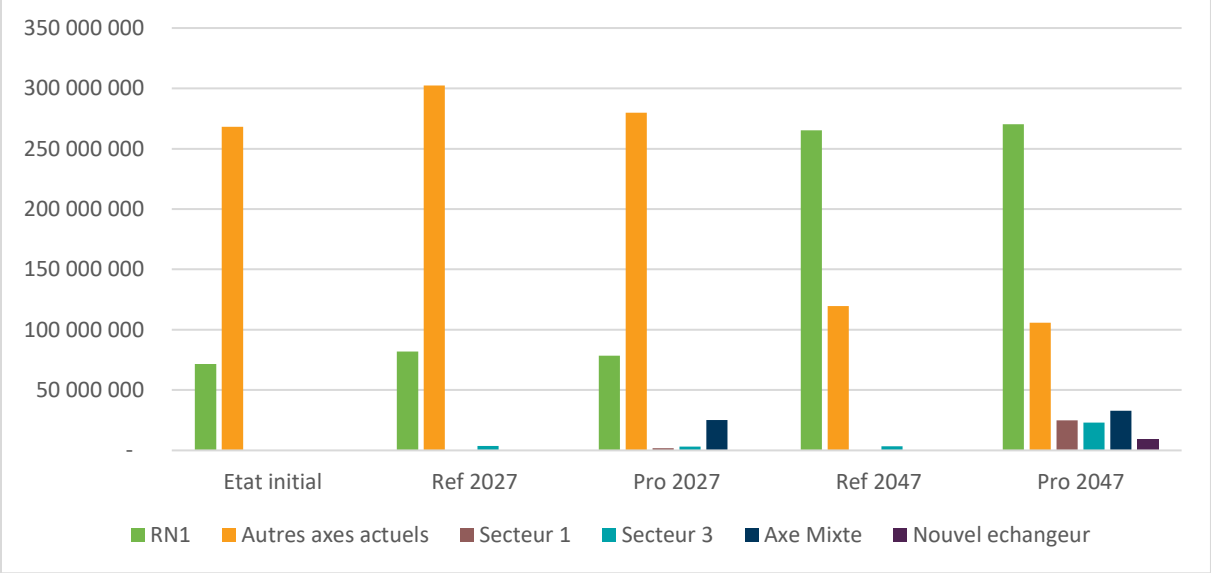


Figure 12 Evolution du kilomètre parcouru

4.2. ESTIMATION DES EMISSIONS POLLUANTES

Les émissions ont été calculées sur l'ensemble du réseau d'étude pour les polluants indicateurs majeurs de la pollution d'origine routière, c'est-à-dire, pour les oxydes d'azote (NOx) et le dioxyde d'azote (NO_2), les hydrocarbures totaux, le benzène, les particules PM_{10} et $PM_{2.5}$ (émises à l'échappement et hors échappement), le dioxyde de soufre (SO_2), le benzo(a)pyrène et deux polluants particulaires, l'Arsenic et le Nickel.

La quantification des émissions polluantes à l'échappement est réalisée à l'aide du logiciel HBEFA (Handbook Emission Factors for Road Transport), initialement développé par les agences de l'environnement suisse, allemande et autrichienne et rejointes par les agences suédoises, norvégienne et française. La dernière version de janvier 2022 intègre le parc automobile français (conçus par l'IFSTTAR) dont la dernière mise à jour a été réalisée en 2019.

Ce logiciel fournit en sortie les facteurs d'émissions des polluants indicateurs majeurs de la pollution routière ainsi que la consommation de chaque catégorie de véhicules formant le parc automobile pour différentes configuration (types de voie) et conditions de trafic. Les émissions d'une voie données sont donc obtenues en multipliant le facteur d'émission par le trafic considéré et la longueur de la voie.

HBEFA ne fournit pas directement les émissions pour le benzo(a)pyrène, l'arsenic et le nickel. Les émissions en polluants métalliques peuvent toutefois être calculées en fonction de la consommation de carburant à partir des facteurs d'émissions fournis par le GuideBook 2019 de l'EMEP / EAA (agence environnementale européenne) et récapitulés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 12 Facteurs d'émission pour l'Arsenic et le Nickel en mg/kg de carburant

Carburant	Arsenic	Nickel
Essence	0,0003	0,0023
Diesel	0,0001	0,0002

Quant au benzo(a)pyrène, le GuideBook 2019 fournit des facteurs d'émissions globaux, rappelés ci-dessous.

Tableau 13 Facteurs d'émission pour le benzo(a)pyrène en µg/km

Véhicules légers - Essence conventionnel	Véhicules légers - Essence Euro I & on	Véhicules légers - diesel	Poids lourds - diesel
0,48	0,32	1,74	0,9

Les données utilisées pour le calcul des émissions sont :

- Les données des facteurs d'émissions pour les années 2022 (état initial), 2027 (horizon de la mise en service) et 2047 (+20 ans après la mise en service).
- Le flux de véhicules par catégorie (véhicules légers particuliers et poids lourds) pour l'état initial (2022), les scénarios référence (2027, 2047) et les scénarios projet (2027, 2047)
- Le type de voie : par exemple autoroute urbaine, route principale urbaine, liaison de distribution, voie de desserte locale, etc.
- Les conditions de trafics pour les différents scénarios, à savoir une circulation fluide.
- La vitesse des véhicules.
- La distance parcourue.

Le tableau ci-dessous présente le bilan des émissions en grammes par jour des différents polluants émis dans l'aire d'étude pour chaque scénario.

Remarque : les taux d'émissions ne peuvent pas être directement comparés à la concentration de polluants résultante dans l'air ambiant. Les émissions polluantes correspondent à la quantité de polluants directement rejetées dans l'atmosphère par les véhicules en circulation. Elles sont exprimées en gramme par jour. Les concentrations représentent la quantité de polluants dans un volume ambiant et sont exprimées en microgramme par mètre cube (µg/m³). Elles caractérisent la qualité de l'air que l'on respire.

Tableau 14 Emissions globales pour les différents scénarios étudiés dans l'aire d'étude en grammes par jour

Polluants	2022	2027			2047		
	Etat initial	Réf.	Projet	Evolution Projet / Ref.	Réf.	Projet	Evolution Projet / Ref.
CO g/j	61 844	54 105	54 647	1,0%	60 866	73 832	21,3%
NOx g/j	155 893	105 196	106 016	0,8%	21 868	27 331	25,0%
NO2 g/j	31 909	18 431	18 463	0,2%	3 121	3 938	26,2%
NMCOV g/j	2 223	2 561	2 615	2,1%	7 367	9 454	28,3%
Benzène g/j	68	77	79	2,1%	292	376	28,6%
PM10 TOT g/j	15 041	15 469	15 410	-0,4%	12 786	15 498	21,2%
PM2,5 TOT g/j	7 565	7 108	7 260	2,1%	7 378	9 105	23,4%
SO2 g/j	328	328	330	0,6%	221	270	22,0%
As g/j	2,76E-03	2,91E-03	2,93E-03	0,7%	2,42E-03	2,94E-03	21,4%
Ni g/j	1,15E-02	1,30E-02	1,31E-02	0,7%	1,39E-02	1,66E-02	19,9%
B(a)P g/j	4,31E-01	4,24E-01	4,25E-01	0,2%	2,05E-01	2,48E-01	20,5%

Indépendamment du projet (comparaison des scénarios référence avec l'état initial), une diminution des émissions pour les polluants CO, NOx, NO_2, poussières PM_{10} et $PM_{2.5}$ émises à l'échappement et le Benzo(a)pyrène, est globalement observée du fait des améliorations technologiques attendues sur les véhicules et les carburants, l'électrification des véhicules et le renouvellement du parc automobile. En effet le durcissement des normes européennes et notamment l'introduction de la norme EURO 6 depuis 2015 contribue à freiner l'évolution globale des émissions en obligeant notamment les constructeurs de véhicules à réduire les émissions à la source grâce à des améliorations techniques portant sur la motorisation, les carburants et les systèmes de dépollution. Cette diminution est plus ou moins marquée selon les polluants avec une diminution très élevée pour les NOx (-33% entre 2022 et 2027 et -79% entre 2027 et 2047) et pour le NO_2 (- 42% entre 2022 et 2027 et -83% entre 2027 et 2047). A l'inverse, une augmentation des émissions peut être observée pour les COV, le benzène, le nickel, l'arsenic, et les poussières hors échappement, du fait de la croissance du trafic.

À l'horizon 2027, l'évolution des émissions entre les scénarios référence et projet est relativement négligeable (globalement inférieure à 2,5%). En effet, la faible variation de trafics sur les axes du secteur entre ces deux scénarios n'aura que très peu d'impact sur les émissions.

À l'horizon 2047, le scénario projet montre une hausse des émissions pour l'ensemble des polluants sur l'ensemble de l'aire d'étude du fait de l'augmentation des kilométrages parcourus avec le projet de l'Axe Mixte couplé au projet de la ZAC Cambaie (voir Tableau 10 Hypothèses étude trafic). Les deux projets étant liés, il est difficile de séparer la part du trafic généré par le projet de l'Axe Mixte de la part du trafic généré par la ZAC.

Les figures ci-dessous présentent l'évolution des émissions en NO2 pour les horizons 2027 et 2047.

Figure 13 Evolution des émissions en NO2 à l'horizon 2027

Figure 14 Evolution des émissions en NO2 à l'horizon 2047

5. MODELISATION DES CONCENTRATIONS EN POLLUANTS

L'évaluation des impacts sur la qualité de l'air se base sur l'évaluation des teneurs en polluants (NO_2 et PM_{10}) en tout point des bandes du réseau d'étude pour les différents scénarios étudiés.

5.1. HYPOTHESES DE MODELISATION DES CONCENTRATIONS

5.1.1. Présentation du logiciel ADMS Road

Les concentrations dans le domaine d'étude ont été calculées avec le logiciel ADMS Roads, qui a été développé par le CERC (Cambridge Environmental Research Consultants). Ce logiciel permet de simuler la dispersion atmosphérique d'un grand nombre de polluants de façon simple, grâce à un modèle gaussien.

Le trafic est modélisé à l'aide de sources linéaires, en spécifiant des données sur les caractéristiques de l'axe routier (tel que la largeur de la voie) ainsi que sur le taux d'émission de chaque polluant. Le logiciel simule par la suite la dispersion atmosphérique des polluants émis en prenant en compte l'effet d'un certain nombre de paramètres physiques tel que la météorologie et le relief.

Les concentrations sont ensuite calculés sur une grille de calcul (en spécifiant une largeur de domaine de calcul et un espacement horizontal). Une option de maillage « intelligent » permet d'optimiser les résultats de sortie en affinant le maillage près des sources. Les concentrations peuvent être également calculées sur des points récepteurs choisis par l'utilisateur.

5.1.2. Hypothèses de calcul

5.1.2.1. Le domaine d'étude

Le modèle de dispersion ADMS calcule les concentrations à la fois sur un maillage de points (avec un espacement horizontal régulier ou variable) et en des points spécifiques.

La grille de calcul retenue pour la modélisation se compose d'un maillage régulier de 14 815 points, soit une résolution de 2,8 km en X et 3,8 km en Y sur l'ensemble de l'aire d'étude.

Des points additionnels sont également intégrés au modèle afin d'affiner les résultats autour des voies routières (maillage intelligent autour des axes routiers). Les points supplémentaires sont placés près des sources d'émissions (les routes) où les gradients de concentration sont plus forts.

Enfin, des points spécifiques ont été ajoutés au modèle afin de permettre le calcul des concentrations en des points précis. Les calculs ont ainsi été réalisés sur vingt (20) points récepteurs dont la localisation correspond aux points de mesure réalisée pendant la campagne de mesure (voir partie 3.3.4. pour la localisation des points).

5.1.2.2. Topographie et occupation du sol

La prise en compte du relief et de la rugosité est effectuée sur une aire plus large que la zone d'étude. En effet, il s'agit de prendre en compte la déformation des champs de vent en amont de la zone où la dispersion des émissions des axes routiers est étudiée, afin d'intégrer les directions préférentielles de vents en limite de l'aire d'étude.

Pour se faire, le module de « terrain complexe » qui utilise le préprocesseur météorologique d'ADMS (Flowstar) a été activé. Dans ce cas les champs d'écoulement et de turbulence sont modélisés par le modèle FLOWSTAR. Il modélise la circulation et la dispersion atmosphérique en tenant compte du relief et des changements de rugosité.

Il prend également en compte les régions d'écoulement inverse, c'est-à-dire les régions où la vitesse du flux est dirigée dans la direction opposée à la vitesse moyenne du vent.

Étant donné l'absence de relief marqué sur la zone d'étude, la topographie n'a pas été prise en compte.

La rugosité a été spécifiée grâce aux données issues de Corine Land Cover, base de données européenne d'occupation biophysique des sols. La rugosité (voir Figure 15) dans la zone d'étude est variable, allant de 0,0001 (eau) à 1 (tissu urbain).

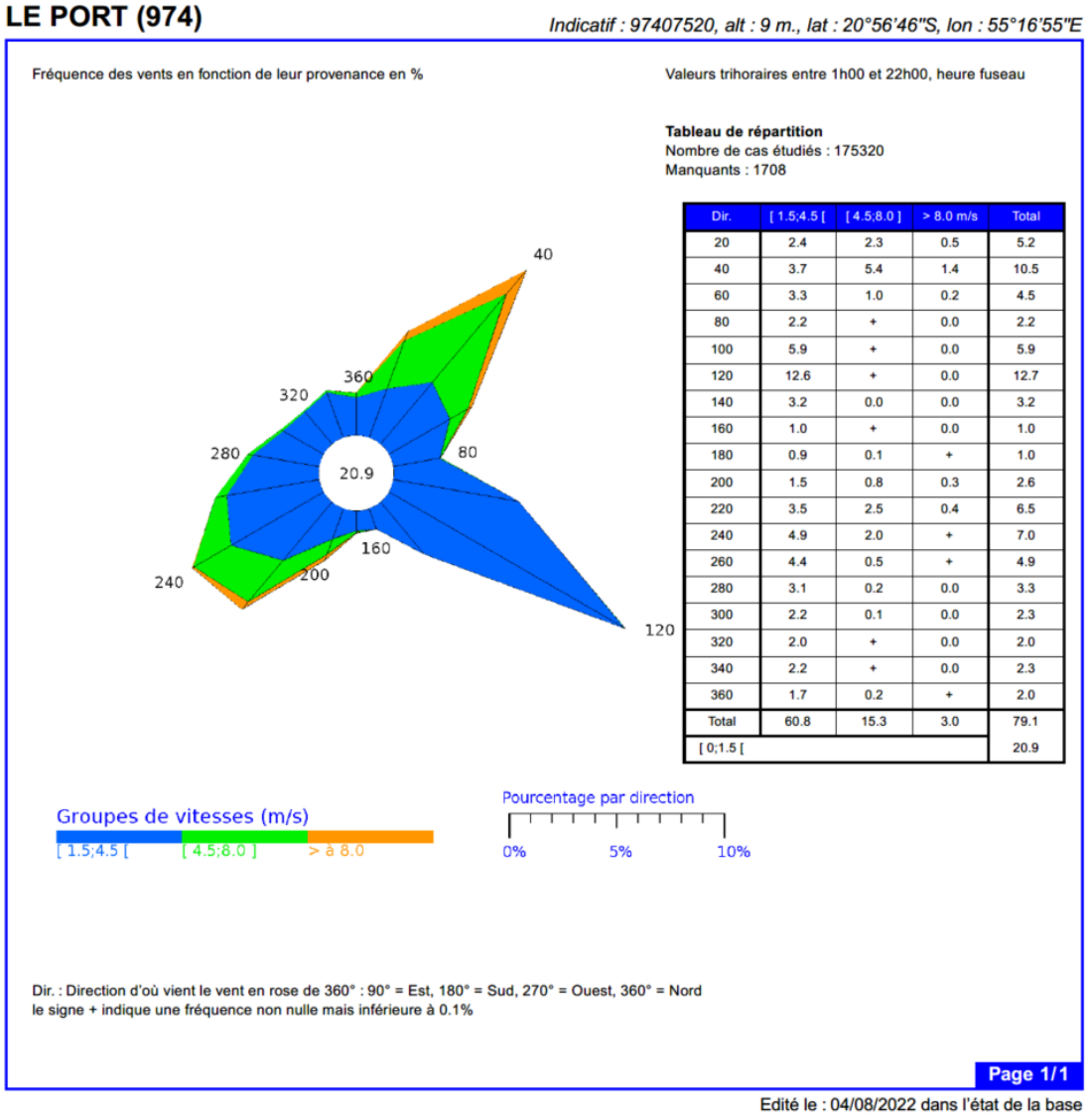
Figure 15 - Rugosité de la zone d'étude

5.1.2.3. Données météorologiques

Les conditions météorologiques influencent en partie les différents états de la couche limite (conditions stables, neutres ou instables) favorisant ou limitant les phénomènes de dispersion. Par ailleurs, la direction et la force du vent sont des paramètres influents : ils déterminent la trajectoire des panaches et la dilution. En effet plus la vitesse du vent est faible et plus les polluants risquent de s'accumuler. A l'inverse, un vent fort et de direction clairement définie peut diriger un panache vers une zone spécifique et y concentrer ainsi la pollution.

Les données météorologiques ont été intégrées au modèle sous la forme d'un fichier « rose des vents » en spécifiant la fréquence des vents en fonction de leur provenance et de leur vitesse.

Les données sont issues de la station Météo France de Le Port situé à environ 3 km au Nord du projet. Elles couvrent la période allant de 2001 à 2020. La rose des vents utilisée est présentée ci-dessous (Figure 16).



Dir.	[1.5;4.5 [	[4.5;8.0]	> 8.0 m/s	Total
20	2.4	2.3	0.5	5.2
40	3.7	5.4	1.4	10.5
60	3.3	1.0	0.2	4.5
80	2.2	+	0.0	2.2
100	5.9	+	0.0	5.9
120	12.6	+	0.0	12.7
140	3.2	0.0	0.0	3.2
160	1.0	+	0.0	1.0
180	0.9	0.1	+	1.0
200	1.5	0.8	0.3	2.6
220	3.5	2.5	0.4	6.5
240	4.9	2.0	+	7.0
260	4.4	0.5	+	4.9
280	3.1	0.2	0.0	3.3
300	2.2	0.1	0.0	2.3
320	2.0	+	0.0	2.0
340	2.2	+	0.0	2.3
360	1.7	0.2	+	2.0
Total	60.8	15.3	3.0	79.1
[0;1.5 [				20.9

Figure 16 - Rose des vents de la station Le Port sur la période de 2001 à 2020

Le modèle permet aussi de simuler différentes configurations de l'état de la couche atmosphérique (stable, instable ou neutre). La classe de stabilité associée est la classe C de Pasquill qui correspond à un état un peu instable.

5.1.2.4. Pollution de fond

La pollution de fond peut être renseignée pour tous les polluants modélisés, afin de tenir compte notamment d'autres sources d'émissions non modélisées.

Les valeurs de la pollution de fond sont prises constantes dans le temps (pas de variation avec l'horizon d'étude). Elles sont fixées en fonction des données d'Atmo Réunion et en particuliers des valeurs relevées sur la station de Plateau Caillou, en moyenne annuelle. Les valeurs retenues sont celles de l'année 2021.

Les valeurs suivantes ont été retenues:

- 13 µg/m3 pour le dioxyde d'azote (NO2)
- 11 µg/m3 pour les particules PM10

5.2. MODELISATION DE L'ETAT INITIAL

La modélisation des axes routiers du secteurs d'étude conduit à la définition en chaque point du domaine de la concentration moyenne annuelle pour chaque polluant.

Les résultats sont présentés :

- Sous forme de cartographie des concentrations moyennes dans l'aire d'étude pour le NO_2 et les particules (PM_{10}). A noter qu'il s'agit de la concentration en polluant sans prise en compte de la pollution de fond, soit la contribution des axes du réseau d'étude aux concentrations moyennes en polluant dans l'air;
- Sous formes de tableaux indiquant les concentrations moyennes annuelles au droit des récepteurs spécifiques pour ces polluants.

Les cartes des concentrations moyennes annuelles du NO_2 et PM_{10} sont présentées sur les figures ci-dessous.

Figure 17 - Contribution des sources modélisées aux concentrations moyennes annuelles dans l'air en NO_2 en µg/m³ - État initial

Figure 18 Contribution des sources modélisées aux concentrations moyennes annuelles dans l'air en particule PM10 en µg/m3 - État initial

Le Tableau 15 présente les concentrations moyennes annuelles pour les deux polluants : NO_2 et PM_{10} sur chaque récepteur du fait des axes modélisés de l'aire d'étude.

Tableau 15 - Concentration en NO2 et PM10 du fait des sources modélisées aux points récepteurs pour l'état initial

Points	Concentration en µg/m³			
	NO_2		PM_{10}	
Objectif de qualité	40 µg/m³		30 µg/m³	
Valeur limite	40 µg/m³		40 µg/m³	
Valeurs guides OMS	10 µg/m³		15 µg/m³	
Pollution de fond	Sans pollution de fond	Avec prise en compte de la pollution de fond (Rappel : 13 µg/m3)	Sans pollution de fond	Avec prise en compte de la pollution de fond (Rappel : 11 µg/m3)
1	16,75	29,75	2,95	13,95
2	6,08	19,08	0,88	11,88
3	3,59	16,59	0,51	11,51
4	1,84	14,84	0,26	11,26
5	5,74	18,74	0,81	11,81
6	6,43	19,43	0,79	11,79
7	8,12	21,12	1,01	12,01
8	2,46	15,46	0,3	11,3
9	3,33	16,33	0,41	11,41
10	5,3	18,3	0,65	11,65
11	12,81	25,81	1,67	12,67
12	3,94	16,94	0,5	11,5
13	4,03	17,03	0,56	11,56
14	6,81	19,81	0,99	11,99
15	11,78	24,78	1,64	12,64
16	12,87	25,87	1,77	12,77
17	3,32	16,32	0,45	11,45
18	7	20	1,01	12,01
19	0,89	13,89	0,12	11,12
20	1,75	14,75	0,23	11,23

Globalement, les concentrations en NO_2 modélisées au droit des points récepteurs, avec et sans pollution de fond, respectent la valeur limite fixée à 40 µg/m³. En effet, la concentration moyenne annuelle avec prise en compte de la pollution de fond, varie entre 13,9 et 29,8 µg/m³ selon les récepteurs. A noter toutefois que la valeur guide de l'OMS est dépassée sur l'ensemble des points récepteurs, étant donné que la pollution de fond a été prise égale à 13 µg/m3.

S'agissant des PM10, les concentrations dans l'air au droit des récepteurs reste faible puisque les niveaux modélisés sont proches de la pollution de fond (11 µg/m3). Les niveaux moyens annuels modélisés respectent pour les points récepteurs les valeurs réglementaires, voir la valeur guide de l'OMS de 15 µg/m3. Les résultats varient entre 11,1 et 14 µg/m3.

5.3. MODELISATIONS HORIZON 2027

Les cartes des concentrations moyennes annuelles du NO_2 et des PM_{10} sans prise en compte de la pollution de fond pour les scénarios référence et projet à l'horizon 2027sont présentées sur les figures ci-dessous.

De la même manière que pour l'état initial, la cartographie montre des concentrations plus importantes à proximité des routes les plus chargées.

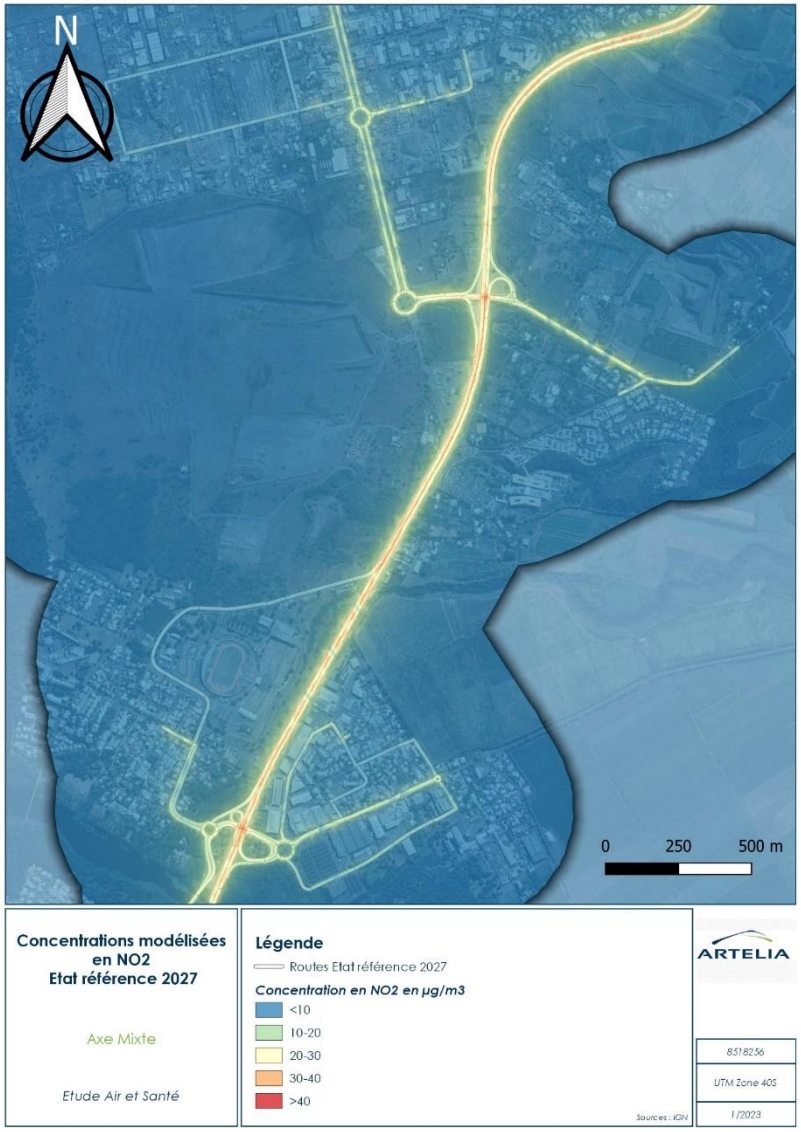


Figure 19 - Contribution des sources modélisées aux concentrations moyennes annuelles dans l'air en NO_2 en µg/m³ – Scénario référence 2027

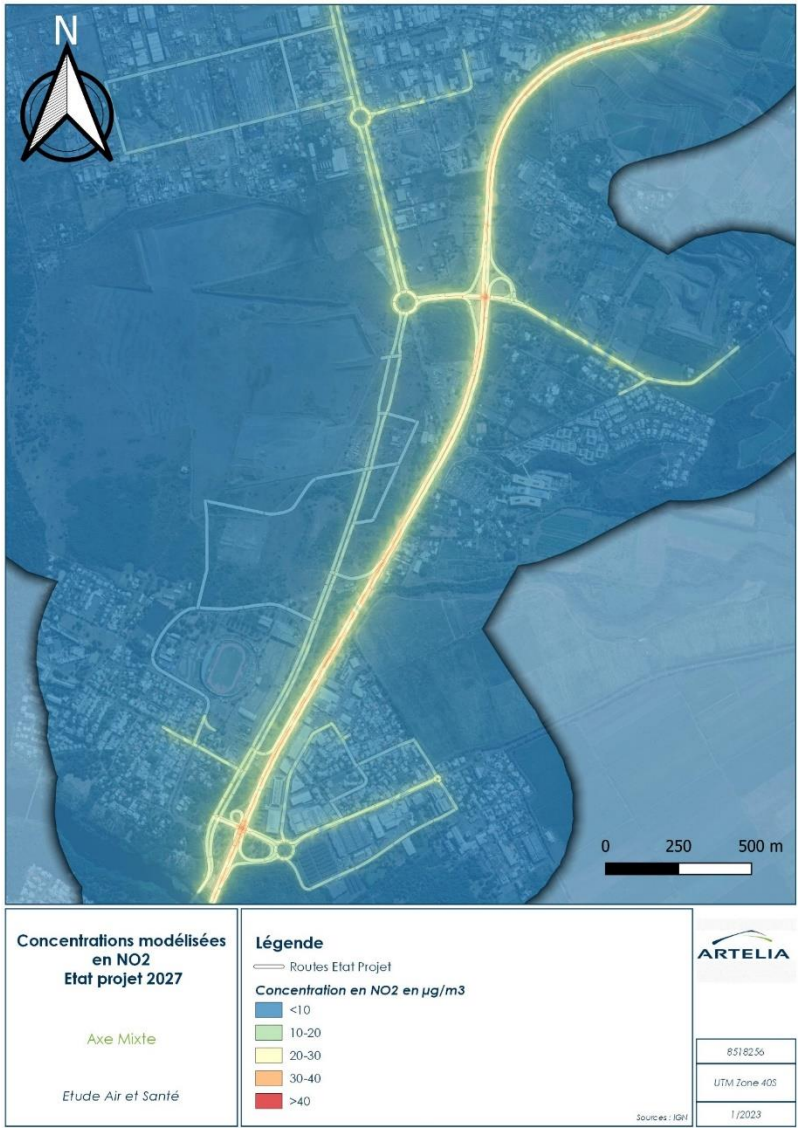


Figure 20 - Contribution des sources modélisées aux concentrations moyennes annuelles dans l'air en NO_2 en µg/m³ – Scénario projet 2027

Figure 21 - Contribution des sources modélisées aux concentrations moyennes annuelles dans l'air en particule PM_{10} en µg/m³ – Scénario référence 2027

Figure 22 - Contribution des sources modélisées aux concentrations moyennes annuelles dans l'air en particule PM_{10} en µg/m³ – Scénario projet 2027

Globalement avec ou sans projet, une diminution faible à modérée des concentrations en dioxyde d'azote et en particules peut être constatée par rapport à l'état initial. Cette diminution est la conséquence de la diminution des émissions polluantes sur l'aire d'étude à l'horizon 2027 du fait de l'amélioration des technologies de traitements des polluants en sortie des pots d'échappement et au renouvellement du parc automobile.

Aux abords de l'Axe Mixte, à l'horizon 2027, en prenant en compte la pollution de fond, il est attendu des concentrations en NO2 variant de 14 à 15 µg/m3. Concernant les PM10, les concentrations attendues sont de l'ordre de 12 µg/m3 avec pollution de fond.

Les tableaux ci-dessous mettent en évidence la comparaison des résultats obtenus des concentrations moyennes annuelles du fait des axes modélisés de l'aire d'étude pour le NO2 et les PM10, sur les points récepteurs.

Tableau 16 - Comparaison entre les scénarios référence projet à l'horizon 2027 au droit des récepteurs pour le NO2

Concentration en NO2 en µg/m³					
Objectif de qualité	**40 µg/m³**				
Valeur limite	**40 µg/m³**				
Valeur guide OMS	**10 µg/m³**				
Récepteur	**REF2027**		**PRO2027**		
Pollution de fond	**Sans pollution de fond**	**Avec prise en compte de la pollution de fond (Rappel : 13 µg/m³)**	**Sans pollution de fond**	**Avec prise en compte de la pollution de fond (Rappel : 13 µg/m³)**	**Evolution**
1	12,2	25,2	11,4	24,4	-3,2%
2	4,1	17,1	3,9	16,9	-1,2%
3	2,4	15,4	2,5	15,5	0,6%
4	1,2	14,2	1,6	14,6	2,8%
5	3,6	16,6	4,3	17,3	4,2%
6	5	18	7,4	20,4	13,3%
7	6,5	19,5	6,9	19,9	2,1%
8	1,8	14,8	1,8	14,8	0,0%
9	2,4	15,4	2,6	15,6	1,3%
10	3,9	16,9	4,3	17,3	2,4%
11	10,6	23,6	11,1	24,1	2,1%
12	2,1	15,1	1,8	14,8	-2,0%
13	2,6	15,6	3,2	16,2	3,8%
14	4,5	17,5	8,2	21,2	21,1%
15	6,2	19,2	6,7	19,7	2,6%
16	7,3	20,3	7,4	20,4	0,5%
17	1,9	14,9	2,4	15,4	3,4%
18	3,5	16,5	8,2	21,2	28,5%
19	0,6	13,6	0,6	13,6	0,0%
20	0,9	13,9	1	14	0,7%

Tableau 17 Comparaison entre les scénarios référence projet à l'horizon 2027 au droit des récepteurs pour lesPM10

Concentration en PM10 en µg/m³					
Objectif de qualité	**30 µg/m³**				
Valeur limite	**40 µg/m³**				
Valeur guide OMS	**15 µg/m³**				
Récepteur	**REF2027**		**PRO2027**		
Pollution de fond	**Sans pollution de fond**	**Avec prise en compte de la pollution de fond (Rappel : 11 µg/m³)**	**Sans pollution de fond**	**Avec prise en compte de la pollution de fond (Rappel : 11 µg/m³)**	**Evolution**
1	3	14	2,7	13,7	-2,1%
2	0,9	11,9	0,8	11,8	-0,8%
3	0,5	11,5	0,5	11,5	0,0%
4	0,3	11,3	0,3	11,3	0,0%
5	0,8	11,8	0,9	11,9	0,8%
6	0,9	11,9	1,3	12,3	3,4%
7	1,2	12,2	1,3	12,3	0,8%
8	0,3	11,3	0,3	11,3	0,0%
9	0,5	11,5	0,5	11,5	0,0%
10	0,7	11,7	0,8	11,8	0,9%
11	2	13	2,1	13,1	0,8%
12	0,4	11,4	0,4	11,4	0,0%
13	0,5	11,5	0,6	11,6	0,9%
14	1	12	1,6	12,6	5,0%
15	1,2	12,2	1,3	12,3	0,8%
16	1,4	12,4	1,4	12,4	0,0%
17	0,4	11,4	0,5	11,5	0,9%
18	0,7	11,7	1,5	12,5	6,8%
19	0,1	11,1	0,1	11,1	0,0%
20	0,2	11,2	0,2	11,2	0,0%

Globalement, les points récepteurs proches de l'axe mixte voient leur concentration en polluants augmenter, tout comme les autres axes nouvellement créés dans le cadre de la ZAC.

A noter une forte augmentation de la concentration en NO2 sur les points 14 et 18, de respectivement 21 et 28,5%. Les points concernés se situent sur la partie Sud de l'axe mixte (voir Figure 23 Evolution des concentrations sur les points récepteurs - Horizon 2027).

Cependant, ces augmentations sont à nuancer. Les concentrations obtenues à proximité de l'axe mixte restent inférieures aux concentrations obtenues à proximité de la RN1. En effet, le point 18, proche du futur axe mixte, affiche une concentration de 21,2 µg/m2, et le point 1, à proximité de la RN1, affiche une concentration de 24,4 µg/m3.

Ces concentrations restent toutefois en dessous des valeurs réglementaires.

Concernant les PM10, les augmentations sont moins marquées, étant donné que les concentrations sont fortement influencées de la pollution de fond. Les augmentations les plus importantes sont également constatées au niveau des points 14 (5%) et 18 (7%).

La figure ci-dessous présente les évolutions des concentrations entre les scénarios référence et projet, à l'horizon 2027, pour NO2, polluant concerné par les plus fortes évolutions.

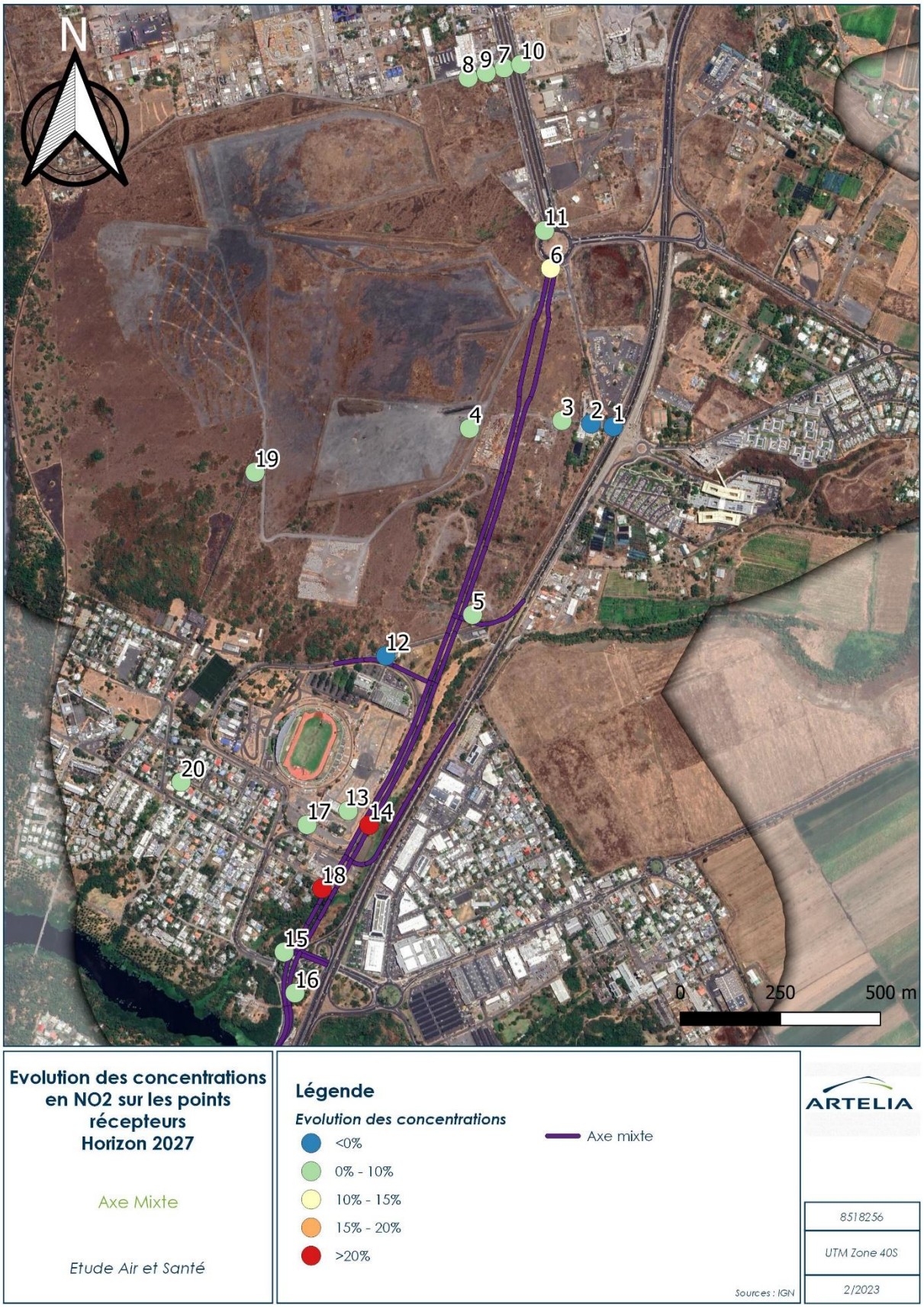


Figure 23 Evolution des concentrations sur les points récepteurs - Horizon 2027

5.4. MODELISATIONS HORIZON 2047

Les cartes des concentrations moyennes annuelles du NO_2 et des PM_{10} sans prise en compte de la pollution de fond pour les scénarios référence et projet à l'horizon 2047 sont présentées sur les figures ci-dessous.

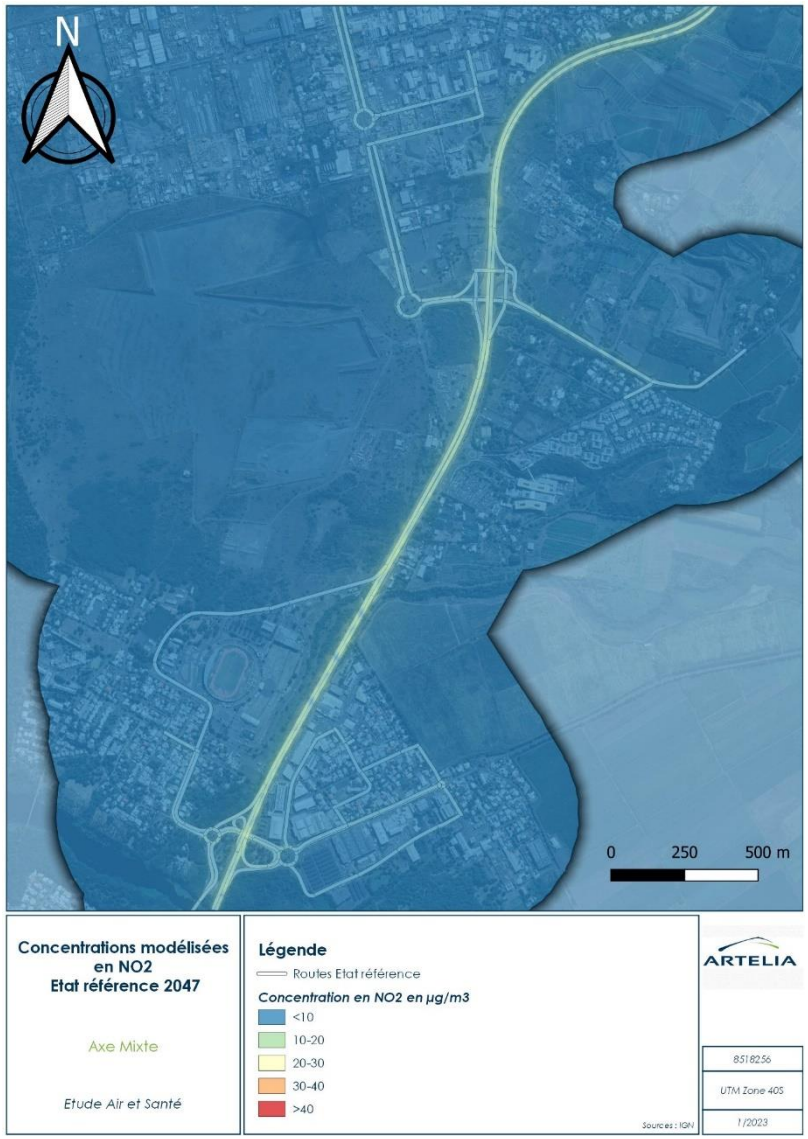


Figure 24 - Contribution des sources modélisées aux concentrations moyennes annuelles dans l'air en NO_2 en µg/m³ – Scénario référence 2047

Figure 25 - Contribution des sources modélisées aux concentrations moyennes annuelles dans l'air en NO_2 en µg/m³ – Scénario projet 2047

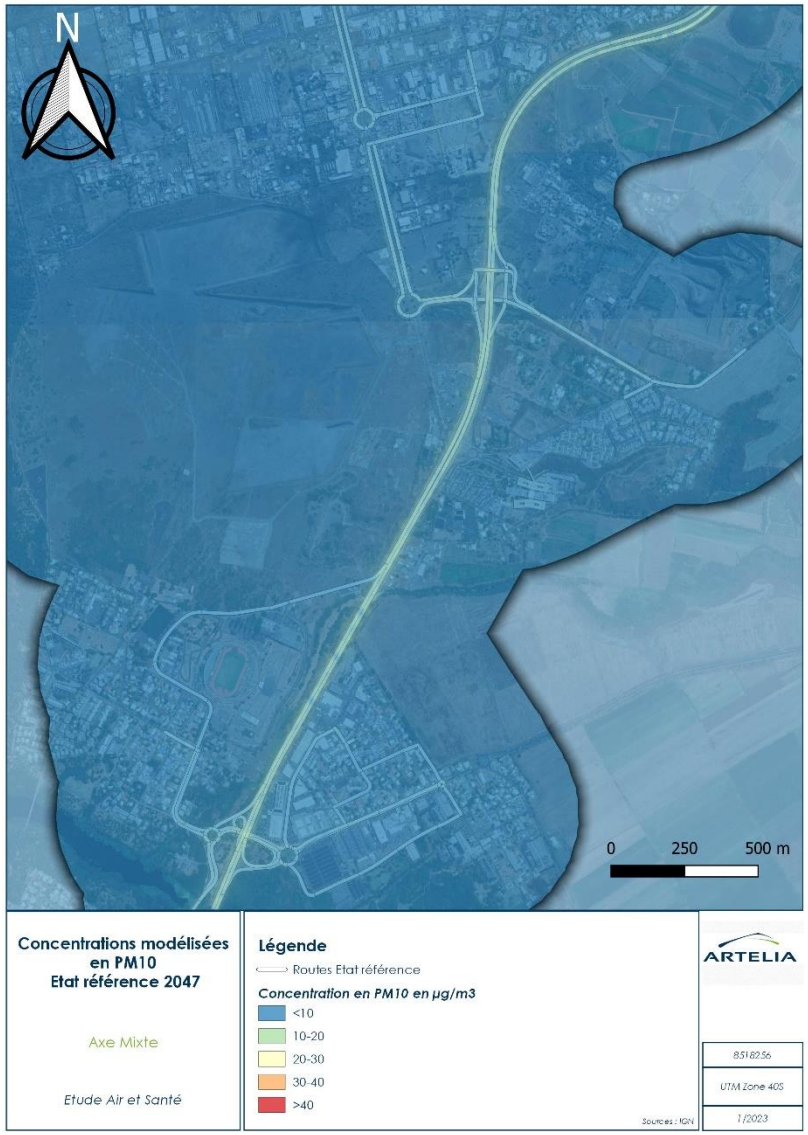


Figure 26 - Contribution des sources modélisées aux concentrations moyennes annuelles dans l'air en particule PM_{10} en µg/m³ – Scénario référence 2047

Figure 27 - Contribution des sources modélisées aux concentrations moyennes annuelles dans l'air en particule PM_{10} en µg/m³ – Scénario projet 2047

Globalement avec ou sans projet, une diminution relativement importante des concentrations en dioxyde d'azote et en particules peut être constatée par rapport à l'état initial et à l'horizon 2027. Cette diminution est la conséquence de la diminution des émissions polluantes sur l'aire d'étude à l'horizon 2047 du fait de l'amélioration des technologies de traitements des polluants en sortie des pots d'échappement et au renouvellement du parc automobile. Le projet a peu d'incidences sur les concentrations en polluant. Localement, des augmentations des concentrations peuvent être observées, en lien avec la présence ou non de nouvelles routes. Aux abords de l'Axe Mixte, à l'horizon 2047 avec pollution de fond, il est attendu des concentrations en NO2 variant de 13 à 14 µg/m3. Concernant les PM10, les concentrations attendues sont de l'ordre de 12 µg/m3, avec pollution de fond.

Le tableau ci-dessus met en évidence la comparaison des résultats obtenus des concentrations moyennes annuelles du fait des axes modélisés de l'aire d'étude pour le NO2 et les PM10, sur les points récepteurs.

Tableau 18 Comparaison entre les scénarios référence projet à l'horizon 2047 au droit des récepteurs pour le NO2

Concentration en NO2 en µg/m3					
Objectif de qualité	**40 µg/m3**				
Valeur limite	**40 µg/m3**				
Valeur guide OMS	**10 µg/m3**				
Récepteur	**REF2047**		**PRO2047**		
Pollution de fond	**Sans pollution de fond**	**Avec prise en compte de la pollution de fond (Rappel : 13 µg/m3)**	**Sans pollution de fond**	**Avec prise en compte de la pollution de fond (Rappel : 13 µg/m3)**	**Evolution**
1	3,1	16,1	4,6	17,6	9,4%
2	0,9	13,9	1,4	14,4	3,1%
3	0,5	13,5	1,1	14,1	3,9%
4	0,3	13,3	0,5	13,5	1,4%
5	0,9	13,9	1,3	14,3	3,3%
6	0,7	13,7	1,6	14,6	6,2%
7	1,0	14,0	1,6	14,6	3,9%
8	0,3	13,3	0,5	13,5	1,4%
9	0,4	13,4	0,6	13,6	1,7%
10	0,7	13,7	1,0	14,0	2,4%
11	1,7	14,7	2,4	15,4	4,8%
12	0,5	13,5	0,7	13,7	1,5%
13	0,6	13,6	0,7	13,7	0,6%
14	1,0	14,0	1,6	14,6	4,2%
15	1,2	14,2	1,2	14,2	0,1%
16	1,4	14,4	1,4	14,4	0,2%
17	0,4	13,4	0,5	13,5	0,5%
18	0,8	13,8	1,5	14,5	5,3%
19	0,1	13,1	0,3	13,3	1,6%
20	0,2	13,2	0,2	13,2	0,2%

Tableau 19 - Comparaison entre les scénarios référence projet à l'horizon 2047 au droit des récepteurs pour les PM10

Concentration en PM10 en µg/m3					
Objectif de qualité	**30 µg/m3**				
Valeur limite	**40 µg/m3**				
Valeur guide OMS	**15 µg/m3**				
Récepteur	**REF2047**		**PRO2047**		
Pollution de fond	**Sans pollution de fond**	**Avec prise en compte de la pollution de fond (Rappel : 11 µg/m3)**	**Sans pollution de fond**	**Avec prise en compte de la pollution de fond (Rappel : 11 µg/m3)**	**Evolution**
1	2,41	13,41	3,3	14,3	6,7%
2	0,72	11,72	1,0	12,0	2,3%
3	0,42	11,42	0,8	11,8	3,0%
4	0,21	11,21	0,4	11,4	1,3%
5	0,64	11,64	1,1	12,1	3,8%
6	0,67	11,67	1,3	12,3	5,6%
7	1,05	12,05	1,3	12,3	2,4%
8	0,27	11,27	0,4	11,4	0,9%
9	0,38	11,38	0,5	11,5	1,1%
10	0,62	11,62	0,8	11,8	1,6%
11	1,58	12,58	1,9	12,9	2,6%
12	0,37	11,37	0,5	11,5	1,6%
13	0,45	11,45	0,5	11,5	0,7%
14	0,80	11,80	1,4	12,4	4,8%
15	1,06	12,06	1,1	12,1	0,7%
16	1,29	12,29	1,3	12,3	0,4%
17	0,33	11,33	0,4	11,4	0,6%
18	0,60	11,60	1,3	12,3	6,1%
19	0,101	11,10	0,3	11,3	1,5%
20	0,156	11,16	0,2	11,2	0,3%

Globalement, il est constaté que les concentrations en particules augmentent entre les scénarios référence et projet. Les plus grosses augmentations sont retrouvées au niveau du point 1 (6,7%), du point 18 (6,1%), du point 6 (5,6%) et du point 14 (4,8%), en raison de l'augmentation du trafic sur la RN1, de l'augmentation du trafic au droit de l'axe mixte existant (RN7) et de la création d'une voie nouvelle

En dehors de ces points, les augmentations constatées sont relativement faibles (<4%).

Pour le NO2, les mêmes points récepteurs que pour les PM10 sont concernés par la plus forte augmentation : point 1 (9,4%), 6 (6,2%), 18 (5,3%) et 11(4,8%).

La figure ci-dessous présente ces évolutions entre les scénarios référence et projet, à l'horizon 2027, pour NO2, polluant concerné par les plus fortes évolutions.

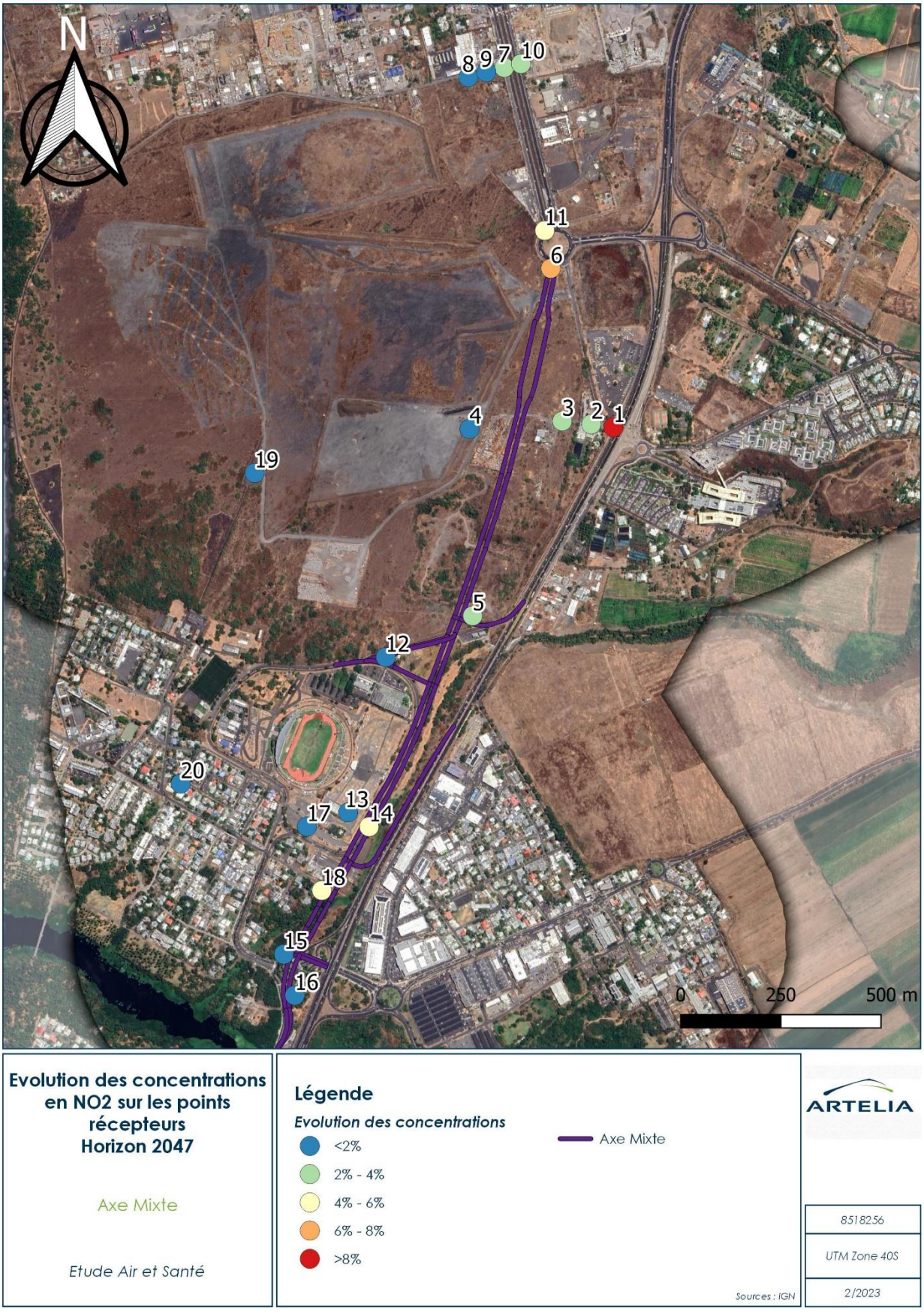


Figure 28 Evolution des concentrations en NO2 pour les points récepteurs à l'horizon 2047

6. EFFETS DU PROJET SUR LA SANTE

6.1. RAPPEL SOMMAIRE DES EFFETS DE LA POLLUTION ATMOSPHERIQUE SUR LA SANTE

De fortes concentrations de polluant dans l'air ambiant sont susceptibles d'engendrer des répercussions sensibles sur la santé humaine. Plusieurs centaines de travaux menés dans de nombreux pays sur des populations et avec des méthodologies différentes ont produit un ensemble de résultats convergents. Ils montrent que l'exposition aux polluants, notamment les particules en suspension et l'ozone, est associée à un impact à court terme sur la santé (notamment sur la mortalité et sur les hospitalisations). Durant les épisodes de pollution atmosphérique aiguë et pendant les quelques jours qui suivent, il est constaté une augmentation des taux d'hospitalisation, de mortalité, de crises cardiaques et de troubles pulmonaires, une aggravation des maladies chroniques existantes cardiaques ou respiratoires et l'apparition d'irritations oculaires et d'inflammation des muqueuses des voies respiratoires et des bronches.

Parallèlement, à la mise en évidence d'effets aigus de la pollution atmosphérique urbaine, le suivi à long terme de cohortes a permis de documenter de manière convaincante les effets de l'exposition chroniques aux polluants, notamment l'effet des particules fines sur la mortalité totale et cardiovasculaire. L'OMS estime ainsi à 7 millions environs le nombre de personnes qui meurent chaque année à cause de l'exposition aux particules fines contenues dans l'air pollué. En France, ce sont 48 000 morts prématurée par an qui sont attribuée à la pollution aux particules fines $PM_{2,5}$. Par ailleurs, en termes d'impacts sanitaires, du fait de la durée d'exposition, c'est bien la pollution chronique qui cause globalement le plus d'impacts sanitaires.

La pollution atmosphérique a donc des effets avérés : maladies respiratoires, maladies cardio-vasculaire mais aussi infertilité, cancer, morbidité, effets reprotoxiques et neurotoxiques. La figure ci-dessous présente les principaux mécanismes d'action des particules fines sur la santé.

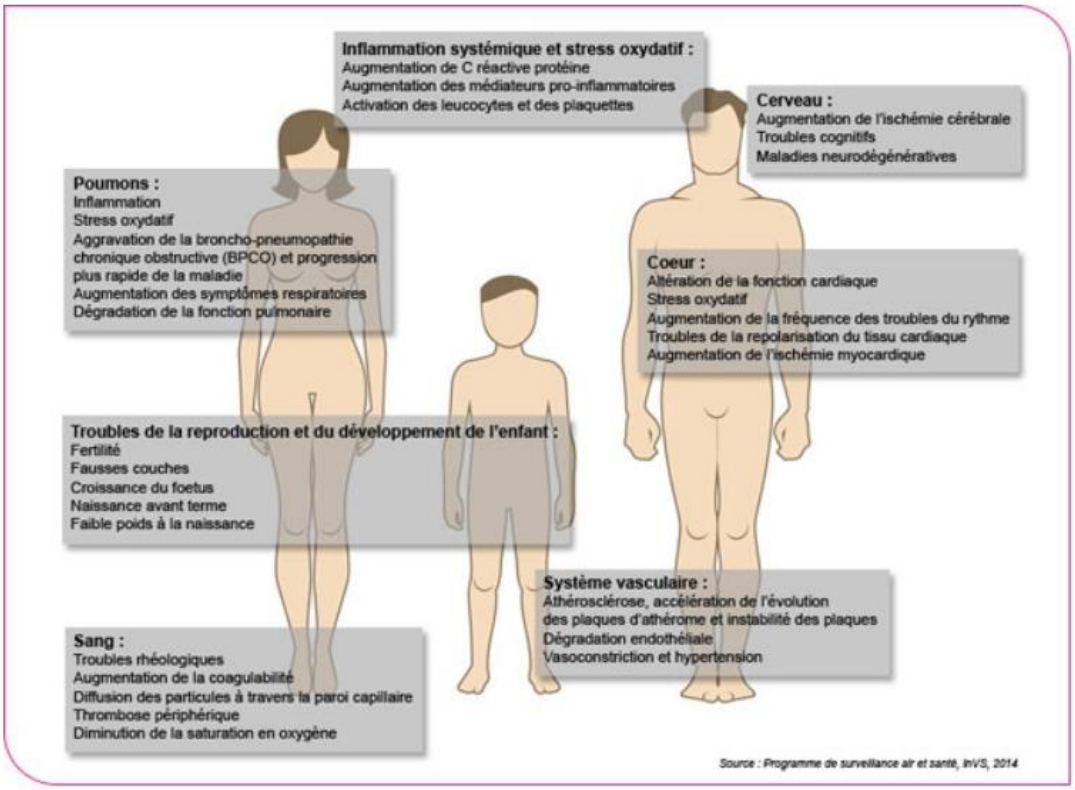


Figure 29 Conséquences de la pollution atmosphérique, source : Programme de surveillance air et santé, InVS 2014

Enfin, concernant la pollution due au trafic routier, un certain nombre de travaux a mis en évidence un effet spécifique sur la genèse et la survenue de crises d'asthmes chez l'enfant et la mortalité et morbidité pour causes cardiovasculaires. Notamment, une évaluation réalisée dans le cadre de l'étude Aphekom (programme européen coordonné par l'InVS) portant sur 10 villes européennes estime que le fait de résider à proximité (moins de 150 m) d'un axe de grande circulation (trafic supérieur à 10 000 véh/jour) est responsable de 9 à 25% des nouveaux cas d'asthme chez l'enfant, et de 10 à 35% des cas de broncho-pneumopathie chroniques obstructives et de maladies coronarienne chez les adultes de plus de 65 ans.

Ce chapitre présente les effets sur la santé des principaux polluants indicateurs majeurs de la pollution d'origine routière.

- **Les oxydes d'azote**

Le monoxyde d'azote (NO) et le dioxyde d'azote (NO_2) sont principalement émis par les véhicules (60%) ou proviennent d'origine naturelle (volcans, océans, décomposition biologique, éclairs…).

En général, les oxydes d'azote sont émis par combustion à haute température favorisant la combinaison entre l'azote de l'air et l'oxygène. La vitesse tend donc à accroître les émissions d'oxydes d'azote, à l'inverse du monoxyde de carbone et du benzène. Ils sont rejetés dans l'air principalement sous forme de NO. Ce dernier réagit quantitativement sur l'ozone pour donner du NO_2.

Les risques pour la santé proviennent surtout du dioxyde d'azote. Il s'agit d'un gaz irritant qui pénètre dans les plus fines ramifications des voies respiratoires. Il peut entraîner une altération de la fonction respiratoire, une hyperréactivité bronchique chez l'asthmatique et un accroissement de la sensibilité aux infections des bronches chez l'enfant. On estime aujourd'hui qu'il n'y a pas de risque cancérigène lié à l'exposition au dioxyde d'azote.

- **Le dioxyde de soufre**

Le dioxyde de soufre (SO_2) est émis lors de la combustion des combustibles fossiles (charbon, fioul) au cours de laquelle le soufre présent dans ces combustibles est oxydé par l'oxygène de l'air. Les principales sources émettrices sont donc les centrales thermiques, les grosses installations de combustion industrielles et les installations de chauffage. Les transports, également responsables d'émissions de SO_2 (diesel), a vu sa part diminuer avec la suppression progressive du soufre dans les carburants.

Le SO_2 est également émis par des sources naturelles telles que les dégagements des volcans, la décomposition biologique et les feux de forêt. L'ensemble des mesures techniques et réglementaires prises au cours des dernières années a permis d'observer une forte baisse des émissions de SO_2 depuis une vingtaine d'année. Cette baisse est également due à la diminution de la consommation des combustibles fossiles, et à l'utilisation croissante de combustibles à faible teneur en soufre et de l'énergie nucléaire.

Le dioxyde de soufre est un irritant des muqueuses, de la peau et des voies respiratoires supérieures. Il agit également en synergie avec la pollution particulaire mais les effets de cette synergie n'ont pas encore été quantifiés.

- **Les poussières**

Les particules en suspension ont de nombreuses origines tant naturelles qu'anthropiques. Les particules d'origine naturelle proviennent des érosions éoliennes, des feux de forêts, des éruptions volcaniques… L'activité humaine génère quant à elle des particules en suspension par l'intermédiaire des combustions industrielles, de l'incinération, des installations de chauffage et du transport automobile. Ces particules ont une très grande variété de tailles, de formes et de compositions. Leur diamètre est généralement inférieur à 10 µm (PM_{10}) ou 2,5 µm ($PM_{2,5}$).

Selon leur taille, les particules pénètrent plus ou moins profondément dans le système pulmonaire : les plus grosses sont retenues par les voies aériennes supérieures alors que les plus petites pénètrent facilement jusqu'aux alvéoles pulmonaires où elles se déposent et peuvent, même à des concentrations relativement basses, irriter les voies respiratoires inférieures et altérer la fonction respiratoire dans son ensemble.

Sur le long terme, le risque de bronchites chroniques et de décès par maladie cardiorespiratoire et par cancer pulmonaire augmente. Pour les particules les plus fines (provenant notamment des véhicules diesel) il existe des présomptions d'effets cancérigènes du fait de la particule en elle-même mais également des composés qui y sont adsorbés (HAP, métaux lourds).

- **Le monoxyde de carbone**

Le monoxyde de carbone est issu de la combustion incomplète de matières organiques (gaz, charbon, carburants…). Sa principale source est le trafic automobile. Le monoxyde de carbone se fixe sur l'hémoglobine à la place de l'oxygène ce qui implique une mauvaise oxygénation du système nerveux, du cœur et des vaisseaux sanguins. À fortes concentrations, ce manque d'oxygène peut provoquer des céphalées, des troubles digestifs, des troubles de conscience. L'exposition à des teneurs très élevées pendant une durée prolongée peut entraîner la mort par asphyxie.

- **Les composés organiques volatils**

Les composés organiques volatils (vapeurs d'hydrocarbures et de solvants divers) proviennent des sources mobiles (véhicules de transport), des procédés industriels (raffinage de pétrole, stockage et distribution de carburants et combustibles liquides, stockage et utilisation de solvants, application de peintures) et des activités domestiques. La nature participe également à leur émission. En effet des COV, notamment l'isoprène, sont naturellement produits par les plantes et les arbres.

Leurs effets sont très divers selon la nature des composés : ils vont de la simple gêne olfactive à une irritation des voies respiratoires, à une diminution de la capacité respiratoire jusqu'à des risques d'effets mutagènes et cancérigènes (benzène).

- **Le benzène**

Le benzène est un des composants des mélanges complexes issus du craquage ou du reformage catalytique d'hydrocarbures pétroliers. Il entre dans la composition des carburants, des solvants ou des diluants. Dans l'atmosphère il provient donc essentiellement des gaz d'échappement (hors diesel) et de l'évaporation des carburants (pompes à essence).

Le benzène peut provoquer une gêne olfactive, des irritations et une diminution de la capacité respiratoire. Il est un cancérogène pour l'homme (groupe 1 du Centre International de Recherche contre le Cancer), entraînant l'apparition de leucémies.

6.2. EVALUATION DE L'INDICE D'EXPOSITION DE LA POPULATION A LA POLLUTION

6.2.1. Méthodologie

L'Indice Pollution Population (IPP) est un indicateur très général utilisé en comparaison de diverses situations. Cet indicateur permet la comparaison de différentes situations entre elles avec un critère basé non seulement sur les concentrations, mais aussi sur la répartition de la population demeurant à proximité des voies de circulation.

La note technique du 22 février 2019 relative à la prise en compte des effets sur la santé de la pollution de l'air dans les études d'impact des infrastructures routières propose de retenir le NO_2 comme polluant traceur. En effet, il s'agit d'un polluant discriminant et bien maîtrisé et sa zone de dispersion englobe le plus souvent celle des autres polluants.

Pour calculer l'IPP, le nombre de personnes présentes en un lieu donné est multiplié par la concentration en polluant en ce lieu. L'indice global est la somme de ces produits étendue à tous les lieux habités dans la bande d'étude :

$$IPP = \sum_i C_i \times P_i$$

où :

- **C_i** est la concentration du polluant considéré pour la maille élémentaire i ou pour le bâtiment i
- **P_i** est la population présente sur la maille élémentaire i ou dans le bâtiment i

Le calcul de l'IPP est donc soumis aux incertitudes relatives aux calculs de dispersion des polluants et aux incertitudes relatives au dénombrement des populations.

L'IPP a été calculé pour la population présente dans les bandes d'étude pour les différents horizons. Celle-ci est tirée des données carroyées de l'INSEE (dernière version de 2017). La population est considérée constante selon les différents horizons, conformément aux recommandations de la note du CEREMA qui préconise « d'estimer la population générale uniquement sur la base de la population actuelle, modulo les éventuels projets existants ou approuvés ayant un impact sur la population future ».

La population prévisible de la ZAC Cambaie a alors été intégrée à l'horizon Projet 2047. Selon la notice de programmation de la ZAC, il est prévu une densité de population de 98 logements/hectare. En l'absence d'information pour 2027, cette hypothèse majorante a également été considéré pour le scénario projet 2027.

Sur cette base, la densité de population est présentée, pour les scénarios Etat initial et Etat référence, puis pour les scénarios Projet, sur les figures ci-dessous.

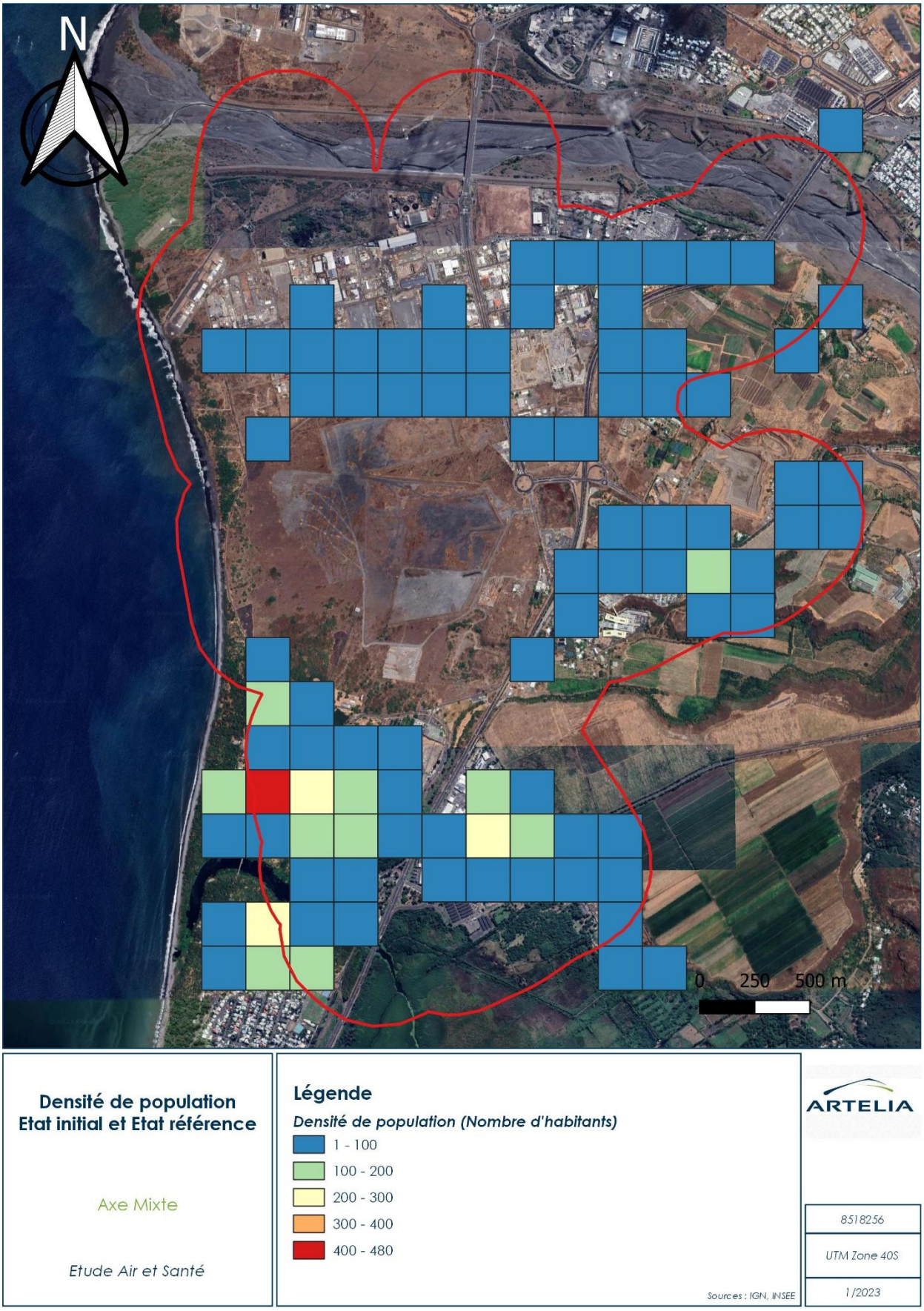


Figure 30 Densité de population pour l'état initial et l'état référence (horizons 2027 et 2047)

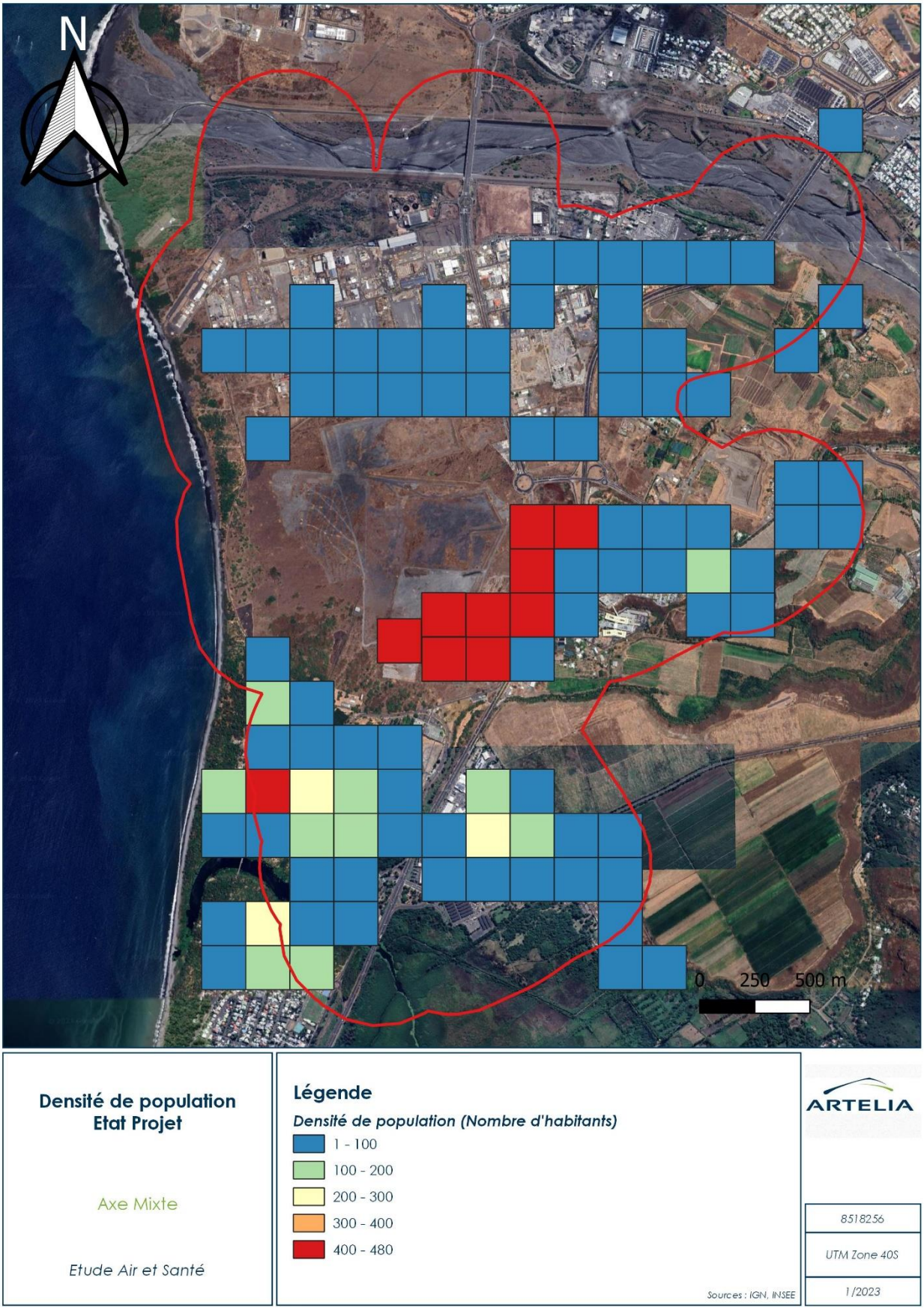


Figure 31 Densité de population à l'état projet (horizons 2027 et 2047)

6.2.2. Résultat

Les figures ci-dessous présentent les résultats pour les calculs de l'IPP, aux différents scénarios et horizons. Pour rappel, la pollution de fond retenue pour le NO2 est de 13 µg/m^3 (voir partie 5.1.2.4.).

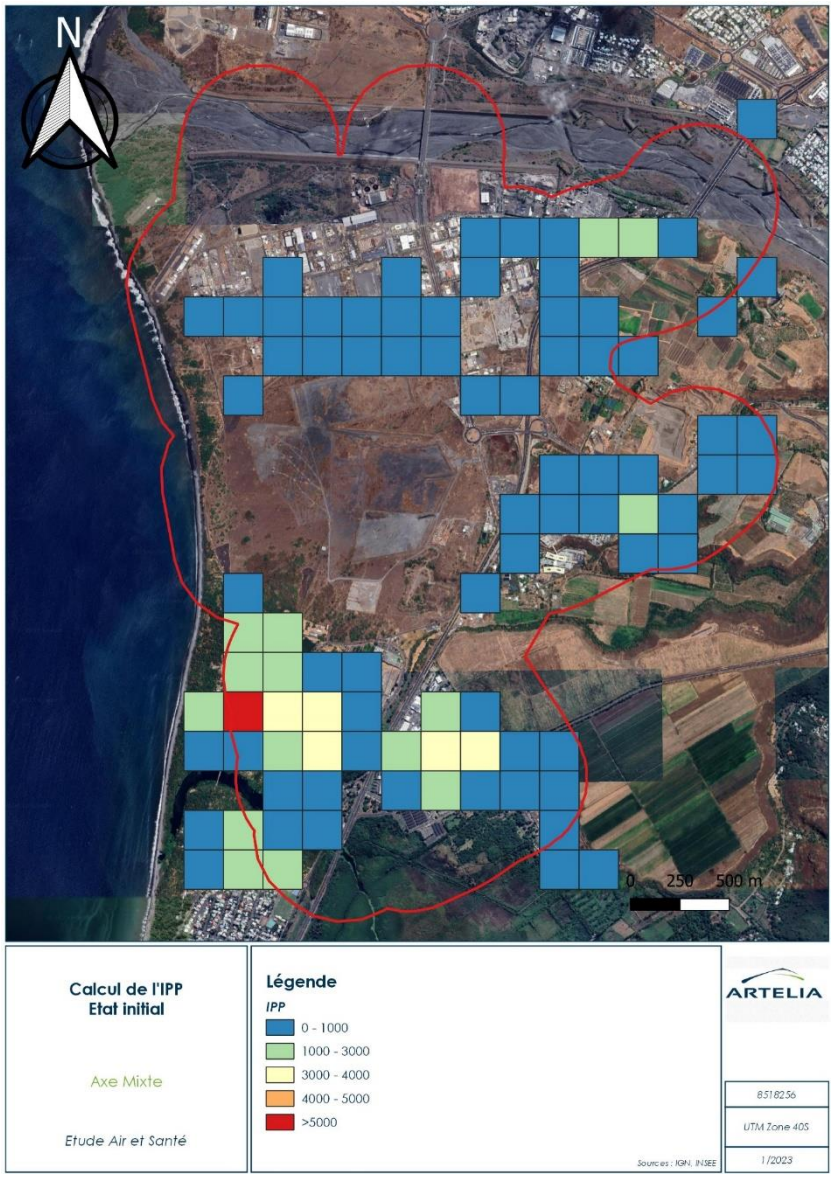


Figure 32 Calcul de l'IPP pour l'état initial

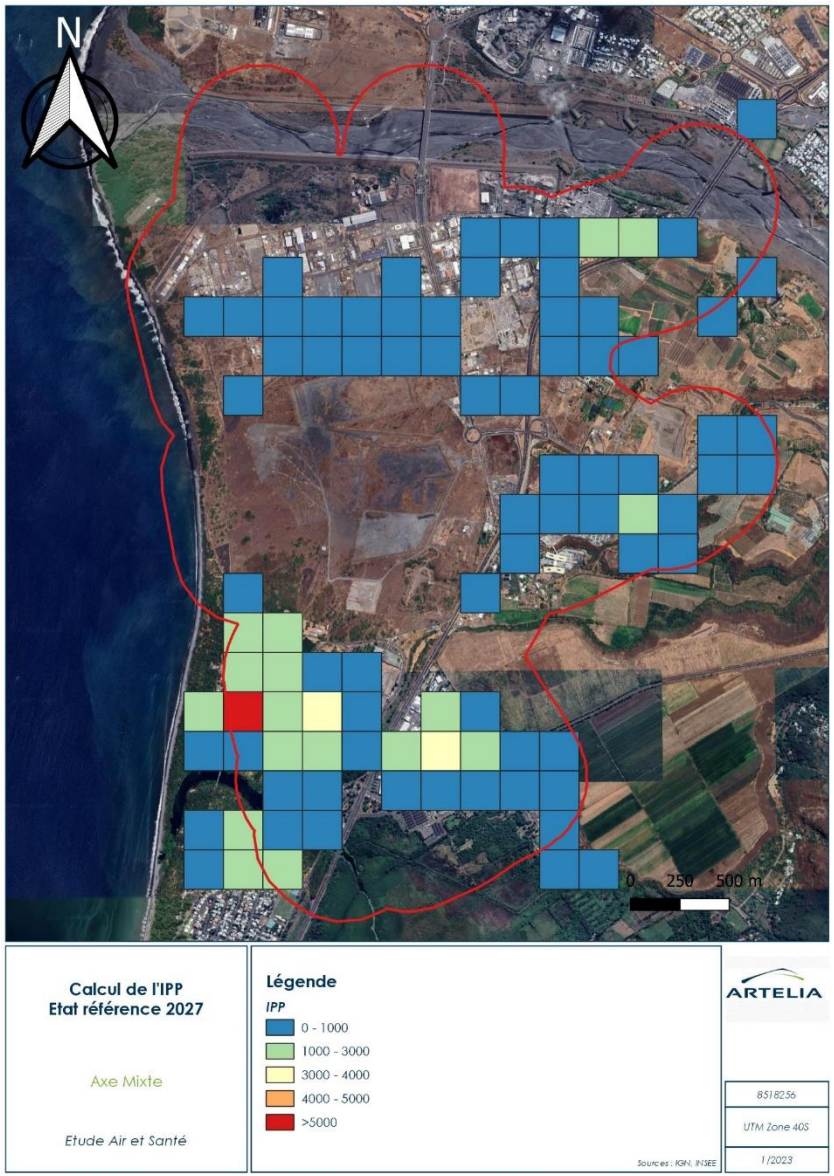


Figure 33 Calcul de l'IPP pour l'état référence 2027

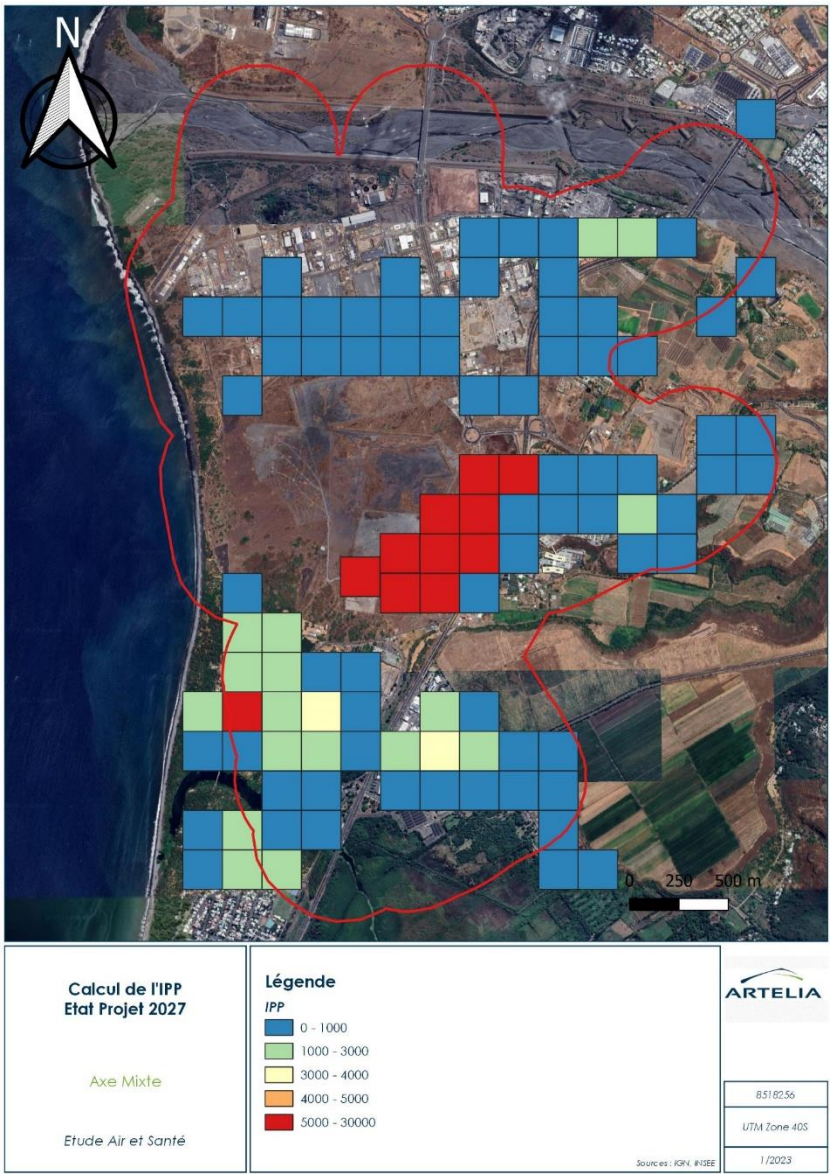


Figure 34 Calcul de l'IPP pour l'état Projet 2027

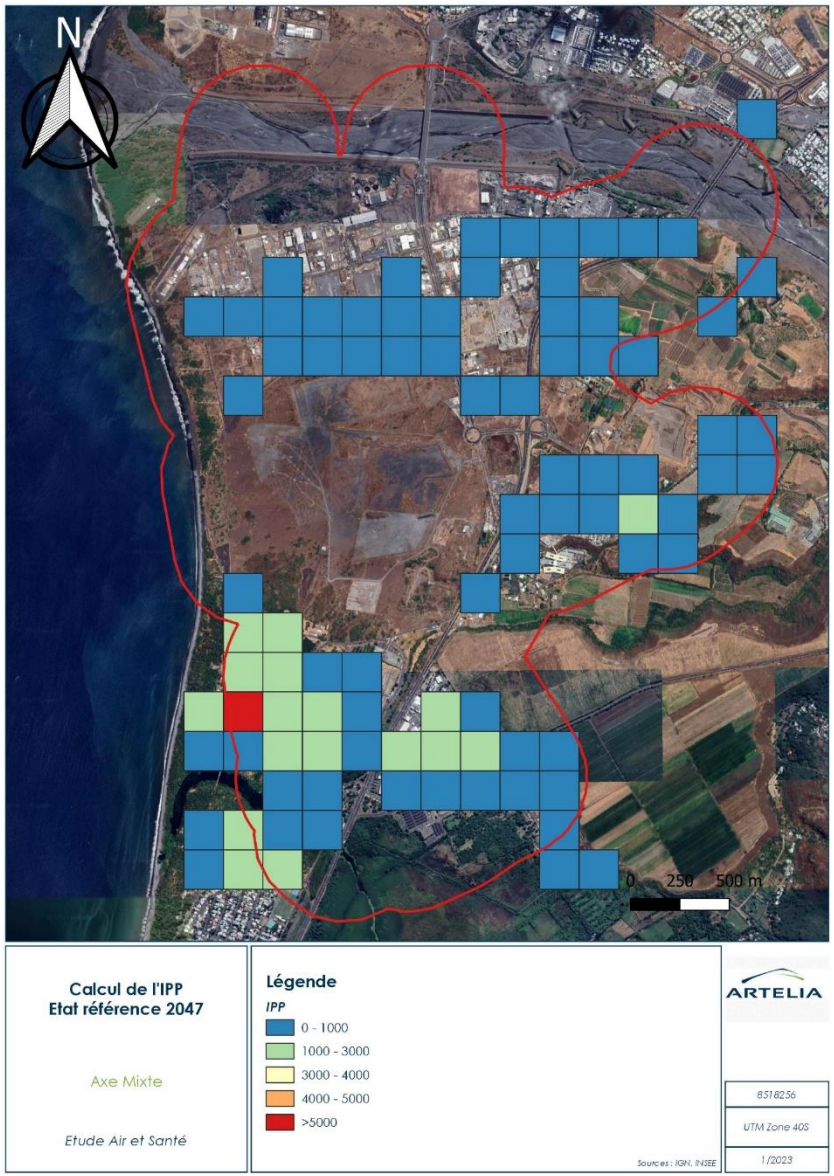


Figure 35 Calcul de l'IPP pour l'état référence 2047

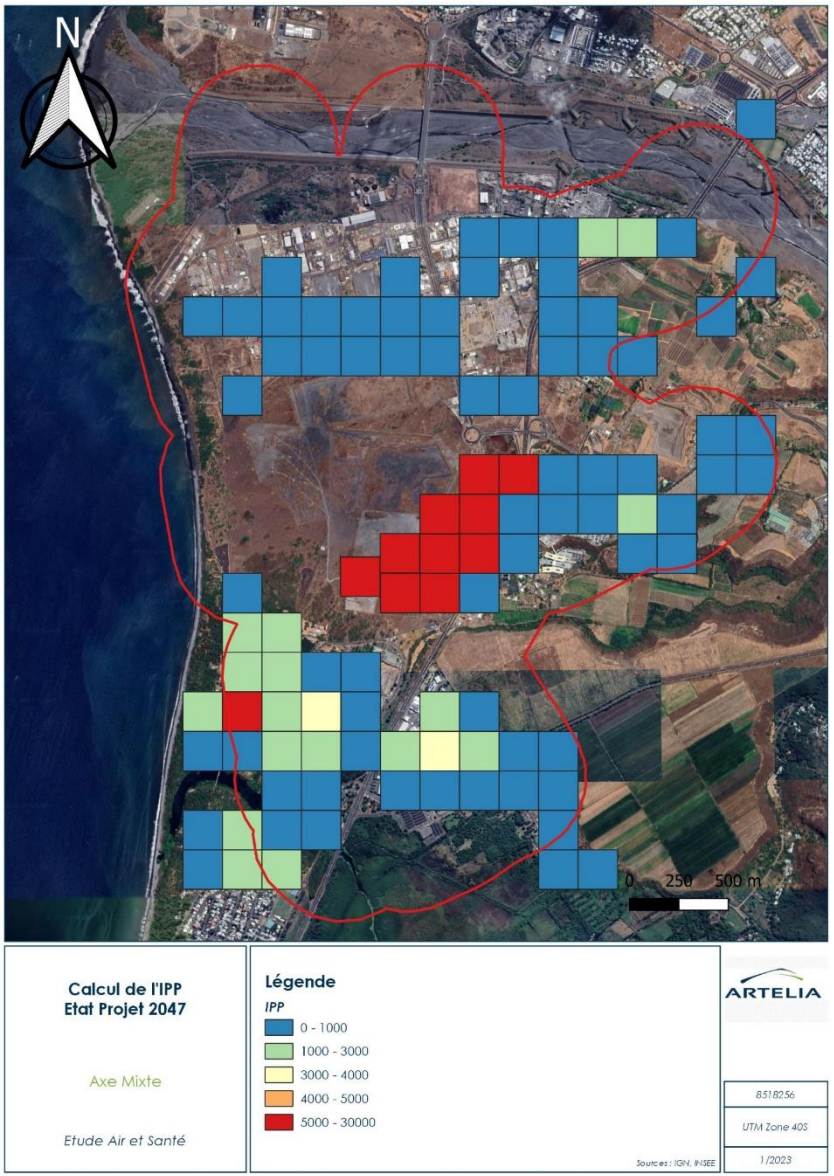


Figure 36 Calcul de l'IPP pour l'état projet 2047

L'indice d'exposition tend à augmenter avec le scénario projet, du fait de la présence de nouvelles populations (la ZAC Cambaie) et de nouvelles sources d'émission (l'axe mixte et les voiries de desserte de la ZAC). Il est constaté que la ZAC aura un fort impact sur l'indice d'exposition de la population, étant donné d'une part l'intégration d'une nouvelle population et d'autre part sa proximité avec la RN1 et l'Axe Mixte. Cependant, ces résultats sont à nuancer avec les classes de polluants.

Le tableau ci-dessous précise la distribution en nombre de personnes pour différentes classes de concentrations.

Tableau 20 Distribution en nombre de personnes pour différentes classes de concentrations

Classes	2027		2027				2047			
	Initial		Fil de l'eau		Projet		Fil de l'eau		Projet	
	Habitants	%	Habitants	%	Habitants	%	Habitants	%	Habitants	%
< 20	3 406	84%	3 672	91%	11 847	78%	4 049	100%	15 258	100%
20-25	413	10%	295	7%	1 209	8%	0	0%	0	0%
25-30	163	4%	82	2%	2 202	14%	0	0%	0	0%
30-35	67	2%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
35-40	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
>40	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%

Pour l'état initial, il est constaté que 84% de la population est exposée à des concentrations en NO2 inférieures à 20 µg/m3. Seulement 2% est exposé à des concentrations entre 30 et 35 µg/m3.

A l'horizon 2027, une grande majorité de la population est exposée à des concentrations inférieures à 20 µg/m^3, que ce soit pour le scénario fil de l'eau ou le scénario projet. Pour le scénario fil de l'eau, 2% de la population est concerné par des concentrations comprises entre 25 et 30 µg/m3 contre 14% à l'état projet, ceci s'expliquant par l'augmentation de la population avec le projet

Enfin, pour l'horizon 2047, il est constaté que 100% de la population sera concernée par des concentrations en NO2 inférieurs à 20 µg/m^3, avec ou sans projet.

7. COUTS COLLECTIFS DE L'IMPACT SANITAIRE

7.1. ANALYSE DES COUTS COLLECTIFS

Conformément à l'article R.122-5 du Code de l'Environnement, ce chapitre analyse les coûts collectifs des pollutions et des nuisances, et en particulier les coûts associés à la pollution de l'air et à l'effet de serre.

Les valeurs unitaires retenues pour l'évaluation des coûts collectifs sont établies conformément à l'instruction du Gouvernement du 16 juin 2014 relative à l'évaluation des projets de transports[3], et de la note technique associée de la Direction générale des Infrastructures, des Transports et de la Mer du 27 juin 2014 dont la dernière mise à jour date d'août 2019.

Les valeurs unitaires relatives aux coûts de la pollution atmosphérique et de l'effet de serre prises en considération sont celles proposées par la commission Quinet en 2013[4].

7.1.1. Pollution de l'air locale et régionale

La monétarisation des effets de la pollution atmosphérique repose sur l'utilisation de valeurs de référence, tenant compte des effets sanitaires et environnementaux liés aux émissions dues à la circulation des véhicules, de particules en suspension et de polluants gazeux et dépendantes du type de zone de population concernée (de l'interurbain au milieu urbain très dense).

Le tableau ci-dessous présente les valeurs de la pollution atmosphérique en euros pour l'année 2015, pour 100 véhicules par an.

Tableau 21 Valeurs 2015 de la pollution atmosphérique en euros pour 100 véhicules par km

€2015/100 veh.km	Urbain très dense	Urbain dense	Urbain	Urbain diffus	Interurbain
VT	11,6	3,2	**1,3**	1,1	0,8
VL	19,8	5,6	**2,4**	2	1,7
PLM	133	26,2	**12,4**	6,6	4,4

Ces valeurs évoluent en tenant compte, d'une part, de l'évolution du PIB par tête (croissance du PIB de 1,5% par an) et d'autre part, de l'évolution du parc circulant et de l'évolution des émissions individuelles (Cf tableau ci-dessous).

[3] Cette instruction annule et remplace l'instruction cadre du 24 mars 2004, mise à jour le 27 mai 2005 relative aux méthodes d'évaluation économique des grands projets d'infrastructures de transport.

[4] « L'évaluation socio-économique des investissements publics » - rapport de la commission du Commissariat général à la stratégie et à la prospective présidée par le professeur Emile Quinet.

Tableau 22 Valeurs 2015 de la pollution atmosphérique en euros pour 100 véhicules par km

Evolution des émissions unitaires	Scénario AMS (Avec Mesures Supplémentaires)		Scénario AME (Avec Mesures Existantes)	
	VL	PL	VL	PL
TCAM* 2015-2030	-5%	-4%	-4,5%	-4%
TCAM* 2030-2050	-1%	-4%	-0,5%	-2,5%
TCAM* 2050-2070	0%	-0.5%	-0,5%	0

* TCAM = Taux de Croissance Annuel Moyen

Le projet se situe en milieu urbain. Il a donc été choisi d'appliquer les valeurs d'un milieu urbain. Le calcul du coût de la pollution atmosphérique a été réalisé en se basant sur le scénario AMS pour l'évolution des émissions unitaires. Il est présenté dans le tableau suivant les coûts pour une année (en euros).

Tableau 23 Coûts collectifs liés à la pollution atmosphérique pour une année, en euros

	Etat initial (2022)	2027			2047		
		Scénario référence	Scénario projet	Evolution projet / référence	Scénario référence	Scénario projet	Evolution projet / référence
VP	969 571 €	930 817 €	932 386 €	0,2%	917 822 €	1 094 860 €	19,3%
VUL	333 365 €	320 040 €	320 580 €	0,2%	315 572 €	376 443 €	19,3%
PL	1 087 951 €	1 034 320 €	1 036 480 €	0,2%	572 855 €	740 044 €	29,2%
Total	2 390 887 €	2 285 177 €	2 289 446 €	0,2%	1 806 249 €	2 211 347 €	22,4%

Globalement, il est constaté des coûts similaires entre les scénarios référence et projet à l'horizon 2027 (très faible augmentation de 0,2%). Malgré l'augmentation du trafic entre ces deux scénarios, l'amélioration technologique des véhicules et le renouvellement du parc automobile équilibre les chiffres, donnant ainsi une faible évolution.

Concernant l'horizon 2047, une augmentation de 19% est constaté entre le scénario de référence et le scénario projet pour les VP et VUL, et 29% pour les PL. Pour cet horizon, l'augmentation du trafic est plus impactant.

7.1.1. Effet de serre

Le coût lié à l'effet de serre est basé sur la valeur de référence attribuée à une tonne de carbone émise.

Suite aux conclusions de la commission de France Stratégie présidée par Alain Quinet, le coût de la tonne de carbone est de 53 € en 2018, 246 € en 2030 et 491 € en 2040. La valeur tutélaire du carbone évolue selon un rythme linéaire entre 2018 et 2030, ainsi qu'entre 2030 et 2040. Au-delà, le coût du carbone augmente au rythme de 4,5% par an pour atteindre 763 € en 2050 et 1 184 € en 2060. Cette valeur reste constante au-delà de 2060.

Les émissions en CO_2, nécessaires pour le calcul du coût lié à l'effet de serre sont estimées en kg par jour par calcul à l'aide d'HBEFA.

Tableau 24 Coût lié à l'effet de serre pour une année, en euros

	Etat initial (2022)	2027			2047		
		Scénario référence	Scénario projet	Evolution projet / référence	Scénario référence	Scénario projet	Evolution projet / référence
CO2 (t/jour)	65,6	66,5	67,0	+0,7%	47,2	57,7	+22,3%
Coûts an	2 801 857 €	4 783 015 €	4 814 144 €	+0,7%	11 507 437 €	14 072 091 €	+22,3%

Il apparait une augmentation entre l'état initial et l'état référence 2027, et entre l'état référence 2027 et l'état projet 2027. Cette augmentation est relativement faible (environ 0,7%).

Concernant l'horizon 2047, une évolution de plus de 22% est constatée entre l'état référence et l'état projet. Cette augmentation est la conséquence de l'augmentation du trafic, ainsi que l'augmentation du coût de la tonne de carbone.

7.2. BILAN DES CONSOMMATIONS ENERGETIQUES

En plus des polluants réglementés par les directives européennes, la loi sur l'air prescrit la prise en compte des consommations énergétiques (ou consommation de carburants des véhicules) qui résultent de l'exploitation du projet. Il s'agit là, d'un indicateur pour estimer l'utilisation rationnelle de l'énergie résultant des déplacements qu'entraîne ou permet d'éviter le projet.

Le calcul des consommations a été réalisé en même temps que celui des émissions polluantes à l'aide du logiciel HBEFA, dans le domaine d'étude utilisé pour l'étude air.

Le tableau ci-dessous présente le bilan des consommations (diesel et essence) en kilogrammes par jour pour les différentes situations considérées.

Tableau 25 Consommations dans le domaine d'étude en kilogramme par jour

	Etat initial (2022)	2027			2047		
		Scénario référence	Scénario projet	Evolution projet / référence	Scénario référence	Scénario projet	Evolution projet / référence
Essence	3 491	4 233	4 264	0,7%	5 297	6 311	19%
Diesel	17 165	16 446	16 555	0,7%	8 357	10 498	26%
Totale	20 799	21 125	21 263	0,7%	15 103	18 482	22%

Entre l'état initial et l'état référence 2027, les consommations en Essence augmentent, et les consommations en Diesel diminuent.

Concernant les scénarios référence et projet 2027, une faible augmentation est constatée (0,7%). Enfin, les consommations en Essence pour le scénario projet 2047 présentent une augmentation de 19% en comparaison au scénario référence 2047. Pour le Diesel, l'augmentation est de 26%.

8. CONCLUSION

La présente étude porte sur l'impact sur la qualité de l'air et la santé de la réalisation du prolongement de l'axe mixte.

Une campagne de mesures sur une période de 21 jours a été réalisée afin de caractériser la qualité de l'air actuelle sur le secteur et a consisté en la pose de 20 tubes de mesures de dioxyde d'azote et 10 tubes de mesures de benzène. Ces mesures ont été réalisées du 09 au 30 juin 2022.

Sur l'ensemble des tubes posés, 2 capteurs ont relevé une concentration moyenne en NO_2 supérieure aux seuils nationaux fixés à 40 µg/m^3. Les concentrations maximales en NO_2 ont été relevées à proximité de la voirie et notamment près de de la RN1 et des échangeurs, tandis que des valeurs minimales de concentrations en NO_2 ont été observées en situation de fond urbain. Concernant les concentrations moyennes de benzène, elles se sont révélées en dessous du de l'objectif de qualité fixé à 2 µg/m^3 par la réglementation Française, la valeur maximale a été obtenue au niveau du capteur 16 avec une concentration de 1,0 µg/m^3.

En comparaison avec la campagne de mesures de 2020 pour les capteurs positionnés au même endroit, il a été constaté que globalement, les valeurs de concentrations relevées pendant la campagne du 09 au 30 juin 2022 étaient légèrement plus élevées.

La modélisation de l'état initial a permis de mettre en évidence des concentrations en NO_2 en dessous de la valeur limite fixée à 40 µg/m3. En effet, la concentration moyenne annuelle avec prise en compte de la pollution de fond, varie entre 13,9 et 29,8 µg/m^3 selon les récepteurs. S'agissant des PM10, la contribution des sources modélisées aux concentrations dans l'air au droit des récepteurs reste faible puisque les niveaux modélisés sont proches de la pollution de fond (11 µg/m3). Les niveaux moyens annuels modélisés respectent pour les points récepteurs les valeurs réglementaires, voir la valeur guide de l'OMS de 15 µg/m3. Les résultats varient entre 11,1 et 14 µg/m3.

L'étude de l'horizon 2027 a montré une diminution faible à modérée des concentrations en dioxyde d'azote et en particules rapport à l'état initial. Cette diminution est la conséquence de la diminution des émissions polluantes sur l'aire d'étude à l'horizon 2027 du fait de l'amélioration des technologies de traitements des polluants en sortie des pots d'échappement et au renouvellement du parc automobile. Les points récepteurs proches de l'axe mixte voient leur concentration en polluants augmenter, tout comme les autres axes nouvellement créés dans le cadre de la ZAC.

Cependant, ces augmentations sont à nuancer. Les concentrations obtenues à proximité de l'axe mixte restent inférieurs aux concentration obtenues à proximité de la RN1, et en dessous des valeurs réglementaires.

Concernant les PM10, les augmentations sont moins marquées, étant données que les concentrations sont fortement influencées de la pollution de fond.

Aux abords de l'Axe Mixte, à l'horizon 2027, il est attendu des concentrations en NO2 variant de 14 à 15 µg/m3. Concernant les PM10, les concentrations attendues sont de l'ordre de 12 µg/m3.

Concernant l'horizon 2047, il est constaté que les particules augmentent entre les scénarios référence et projet. Pour le NO2, les mêmes points récepteurs que pour les PM10 sont concernés par la plus forte augmentation. Aux abords de l'Axe Mixte, à l'horizon 2047, il est attendu des concentrations en NO2 variant de 13 à 14 µg/m3. Concernant les PM10, les concentrations attendues sont de l'ordre de 12 µg/m3.

Enfin, concernant le calcul de l'indice d'exposition de la population à la pollution, les résultats montrent une augmentation avec le scénario projet, du fait de la présence de nouvelles populations (la ZAC Cambaie) et de nouvelles sources d'émission (l'axe mixte et les voiries de desserte de la ZAC).

A l'horizon 2027, une grande majorité de la population est exposée à des concentrations inférieures à 20 µg/m^3, que ce soit pour le scénario fil de l'eau ou le scénario projet. Pour le scénario fil de l'eau, 2% de la population est concerné par des concentrations comprises entre 25 et 30 µg/m3 contre 14% à l'état projet, ceci s'expliquant par l'augmentation de la population avec le projet

Enfin, pour l'horizon 2047, il est constaté que 100% de la population sera concernée par des concentrations en NO2 inférieurs à 20 µg/m^3, avec ou sans projet.

ANNEXE 1
DETAIL DES POINTS DE MESURE

Station n°1

Date et durée de la mesure

Début mesure	09/06/2022	14:47
Fin mesure	30/06/2022	11:21
Durée mesure	21 jours	

Identification du point de mesure

Support et Hauteur	Poteau, 2 m
Méthode de prise d'échantillon	Tubes passifs PASSAM
Polluants étudiés	NO2, benzène
Ambiance	Proximité routière - transect
Etablissement / Lieu vulnérable	

Résultats N02, benzène

	Concentration moyenne		*Remarque*
NO2	31.5	µg/m3	N/A
Benzène	0.4	µg/m3	N/A

Station n°2

Date et durée de la mesure

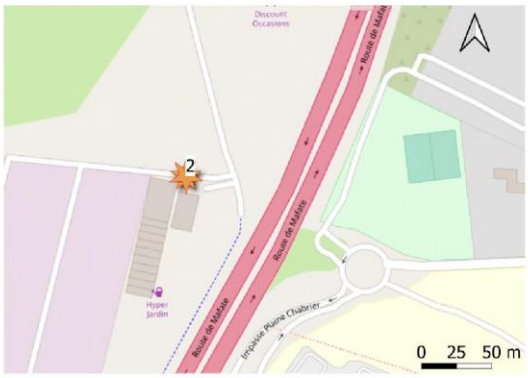
Début mesure	09/06/2022	14:42
Fin mesure	30/06/2022	11:18
Durée mesure	21 jours	

Identification du point de mesure

Support et Hauteur	Poteau, 2m
Méthode de prise d'échantillon	Tubes passifs PASSAM
Polluants étudiés	NO2
Ambiance	fond urbain -transect
Etablissement / Lieu vulnérable	

Résultats NO2

	Concentration moyenne		*Remarque*
1ère campagne	23.4	µg/m3	N/A



Station n°3

Date et durée de la mesure

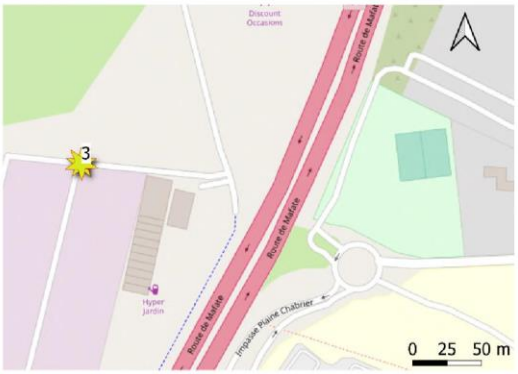
Début mesure	09/06/2022	14:36
Fin mesure	30/06/2022	11:16
Durée mesure	21 jours	

Identification du point de mesure

Support et Hauteur	Poteau, 2m
Méthode de prise d'échantillon	Tubes passifs PASSAM
Polluants étudiés	NO2
Ambiance	Fond urbain - transect
Etablissement / Lieu vulnérable	

Résultats NO2

	Concentration moyenne		*Remarque*
1ère campagne	19.0	µg/m3	N/A



Station n°4

Date et durée de la mesure

Début mesure	09/06/2022	13:59
Fin mesure	30/06/2022	11:03
Durée mesure	21 jours	

Identification du point de mesure

Support et Hauteur	Arbre, 2m
Méthode de prise d'échantillon	Tubes passifs PASSAM
Polluants étudiés	NO2, benzène
Ambiance	Fond urbain
Etablissement / Lieu vulnérable	

Résultats NO2, benzène

	Concentration moyenne		*Remarque*
NO2	14.3	µg/m3	N/A
Benzène	0.4	µg/m3	N/A

Station n°5

Date et durée de la mesure

Début mesure	09/06/2022	11:30
Fin mesure	30/06/2022	14:06
Durée mesure	21 jours	

Identification du point de mesure

Support et Hauteur	Poteau, 2m
Méthode de prise d'échantillon	Tubes passifs PASSAM
Polluants étudiés	NO2
Ambiance	Proximité routière
Etablissement / Lieu vulnérable	

Résultats NO2

	Concentration moyenne		*Remarque*
1ère campagne	23.4	µg/m3	N/A

Station n°6

Date et durée de la mesure

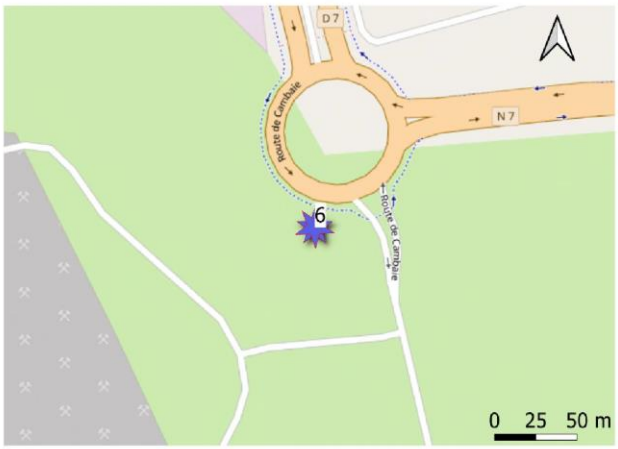
Début mesure	09/06/2022	11:30
Fin mesure	30/06/2022	10:43
Durée mesure	21 jours	

Identification du point de mesure

Support et Hauteur	Arbre, 2m
Méthode de prise d'échantillon	Tubes passifs PASSAM
Polluants étudiés	NO2, benzène
Ambiance	Proximité routière
Etablissement / Lieu vulnérable	

Résultats NO2, benzène

	Concentration moyenne		*Remarque*
NO2	28	µg/m3	N/A
Benzène	0.4	µg/m3	N/A



Station n°7

Date et durée de la mesure

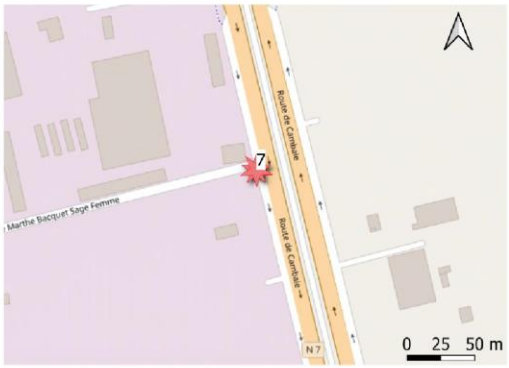
Début mesure	09/06/2022	11:55
Fin mesure	30/06/2022	11:28
Durée mesure	21 jours	

Identification du point de mesure

Support et Hauteur	Poteau, 2m
Méthode de prise d'échantillon	Tubes passifs PASSAM
Polluants étudiés	NO2, benzène
Ambiance	Proximité routière - Transect
Etablissement / Lieu vulnérable	

Résultats NO2, benzène

	Concentration moyenne		*Remarque*
NO2	29.5	µg/m3	N/A
Benzène	0.8	µg/m3	N/A



Station n°8

Date et durée de la mesure

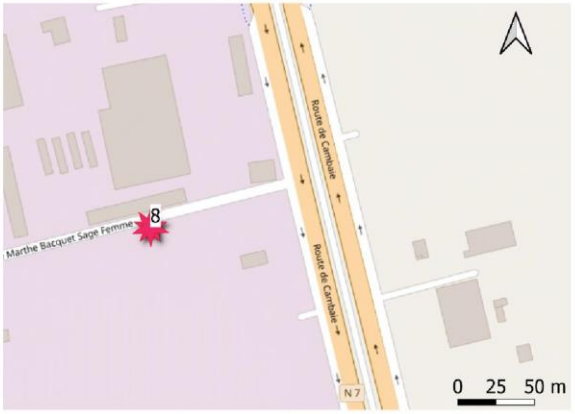
Début mesure	09/06/2022	12:04
Fin mesure	21/06/2022	11:31
Durée mesure	21 jours	

Identification du point de mesure

Support et Hauteur	Poteau, 2m
Méthode de prise d'échantillon	Tubes passifs PASSAM
Polluants étudiés	NO2, benzène
Ambiance	Proximité routière - Transect
Etablissement / Lieu vulnérable	

Résultats NO2, benzène

	Concentration moyenne		*Remarque*
NO2	23.4	µg/m3	N/A
Benzène	0.5	µg/m3	N/A



Station n°9

Date et durée de la mesure

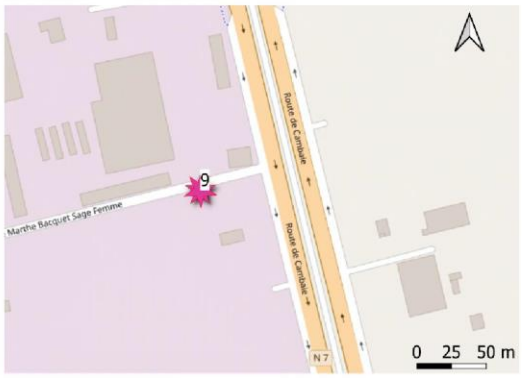
Début mesure	09/06/2022	12:00
Fin mesure	30/06/2022	
Durée mesure	21 jours	

Identification du point de mesure

Support et Hauteur	Arbre, 2m
Méthode de prise d'échantillon	Tubes passifs PASSAM
Polluants étudiés	NO2
Ambiance	Proximité routière - Transect
Etablissement / Lieu vulnérable	

Résultats NO2

	Concentration moyenne	*Remarque*
1ère campagne	µg/m3	Echantillonneur non reçu



Station n°10

Date et durée de la mesure

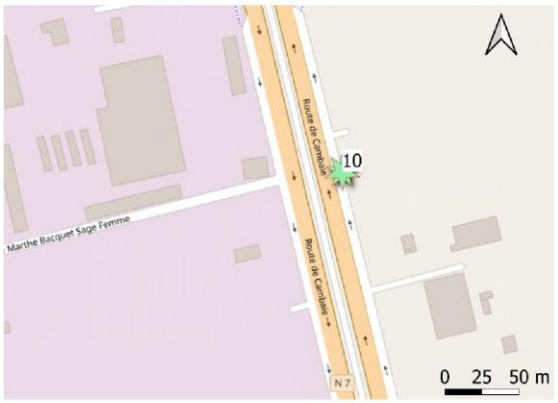
Début mesure	09/06/2022	11:47
Fin mesure	30/06/2022	11:41
Durée mesure	21 jours	

Identification du point de mesure

Support et Hauteur	Arbre, 2m
Méthode de prise d'échantillon	Tubes passifs PASSAM
Polluants étudiés	NO2
Ambiance	Proximité routière - Transect
Etablissement / Lieu vulnérable	

Résultats NO2

	Concentration moyenne		*Remarque*
1ère campagne	23.9	µg/m3	N/A



Station n°11

Date et durée de la mesure

Début mesure	09/06/2022	11:37
Fin mesure	30/06/2022	10:40
Durée mesure	21 jours	

Identification du point de mesure

Support et Hauteur	Poteau, 2m
Méthode de prise d'échantillon	Tubes passifs PASSAM
Polluants étudiés	NO2, benzène
Ambiance	Proximité routière
Etablissement / Lieu vulnérable	

Résultats NO2, benzène

	Concentration moyenne		*Remarque*
NO2	30.5	µg/m3	N/A
Benzène	0.9	µg/m3	N/A

Station n°12

Date et durée de la mesure

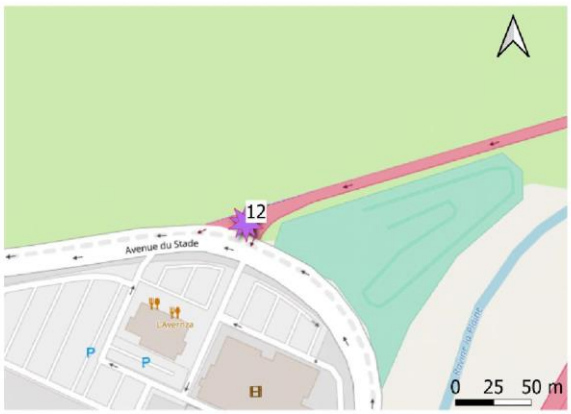
Début mesure	09/06/2022	09:40
Fin mesure	30/06/2022	09:50
Durée mesure	21 jours	

Identification du point de mesure

Support et Hauteur	Poteau, 2m
Méthode de prise d'échantillon	Tubes passifs PASSAM
Polluants étudiés	NO2, benzène
Ambiance	Proximité routière
Etablissement / Lieu vulnérable	

Résultats NO2, benzène

	Concentration moyenne		*Remarque*
NO2	20.2	µg/m3	N/A
Benzène	0.5	µg/m3	N/A



Station n°13

Date et durée de la mesure

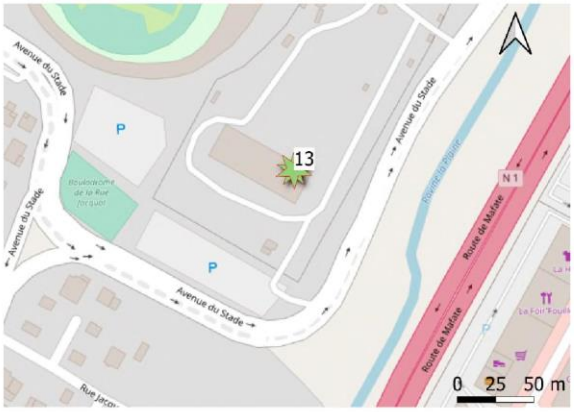
Début mesure	09/06/2022	10:15
Fin mesure	30/06/2022	10:10
Durée mesure	21 jours	

Identification du point de mesure

Support et Hauteur	Poteau, 2m
Méthode de prise d'échantillon	Tubes passifs PASSAM
Polluants étudiés	NO2
Ambiance	Fond urbain
Etablissement / Lieu vulnérable	

Résultats NO2

	Concentration moyenne		*Remarque*
1ère campagne	23.1	µg/m3	N/A



Station n°14

Date et durée de la mesure

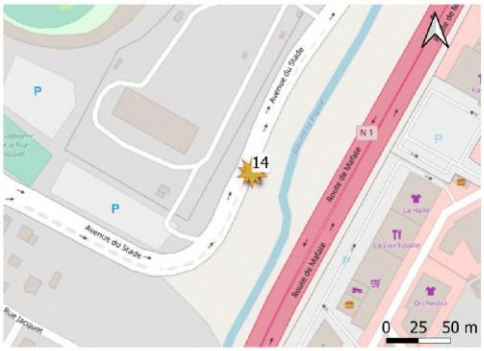
Début mesure	09/06/2022	10:17
Fin mesure	30/06/2022	10:10
Durée mesure	21 jours	

Identification du point de mesure

Support et Hauteur	Poteau, 2m
Méthode de prise d'échantillon	Tubes passifs PASSAM
Polluants étudiés	NO2
Ambiance	Proximité routière
Etablissement / Lieu vulnérable	

Résultats NO2

	Concentration moyenne		*Remarque*
1ère campagne	26.2	µg/m3	N/A



Station n°15

Date et durée de la mesure

Début mesure	09/06/2022	11:07
Fin mesure	30/06/2022	10:34
Durée mesure	21 jours	

Identification du point de mesure

Support et Hauteur	Poteau, 2m
Méthode de prise d'échantillon	Tubes passifs PASSAM
Polluants étudiés	NO2
Ambiance	Proximité routière
Etablissement / Lieu vulnérable	

Résultats NO2

	Concentration moyenne		*Remarque*
1ère campagne	41.5	µg/m3	N/A

Station n°16

Date et durée de la mesure

Début mesure	09/06/2022	11:13
Fin mesure	30/06/2022	10:34
Durée mesure	21 jours	

Identification du point de mesure

Support et Hauteur	Poteau, 2m
Méthode de prise d'échantillon	Tubes passifs PASSAM
Polluants étudiés	NO2, benzène
Ambiance	Proximité routière
Etablissement / Lieu vulnérable	

Résultats NO2, benzène

	Concentration moyenne		*Remarque*
NO2	43.8	µg/m3	N/A
Benzène	1	µg/m3	N/A

Station n°17

Date et durée de la mesure

Début mesure	09/06/2022	10:05
Fin mesure	30/06/2022	10:02
Durée mesure	21 jours	

Identification du point de mesure

Support et Hauteur	Poteau, 2m
Méthode de prise d'échantillon	Tubes passifs PASSAM
Polluants étudiés	NO2, benzène
Ambiance	Proximité routière
Etablissement / Lieu vulnérable	

Résultats NO2, benzène

	Concentration moyenne		*Remarque*
NO2	23.1	µg/m3	N/A
Benzène	0.6	µg/m3	N/A

Station n°18

Date et durée de la mesure

Début mesure	09/06/2022	10:55
Fin mesure	30/06/2022	10:21
Durée mesure	21 jours	

Identification du point de mesure

Support et Hauteur	Poteau, 2m
Méthode de prise d'échantillon	Tubes passifs PASSAM
Polluants étudiés	NO2
Ambiance	Proximité routière
Etablissement / Lieu vulnérable	

Résultats NO2

	Concentration moyenne		*Remarque*
1ère campagne	23.7	µg/m3	N/A

Station n°19

Date et durée de la mesure

Début mesure	09/06/2022	14:18
Fin mesure	30/06/2022	10:48
Durée mesure	21 jours	

Identification du point de mesure

Support et Hauteur	Arbre, 2m
Méthode de prise d'échantillon	Tubes passifs PASSAM
Polluants étudiés	NO2, benzène
Ambiance	Fond urbain
Etablissement / Lieu vulnérable	

Résultats NO2, benzène

	Concentration moyenne		*Remarque*
NO2	12.2	µg/m3	N/A
Benzène	0.3	µg/m3	N/A

Station n°20

Date et durée de la mesure

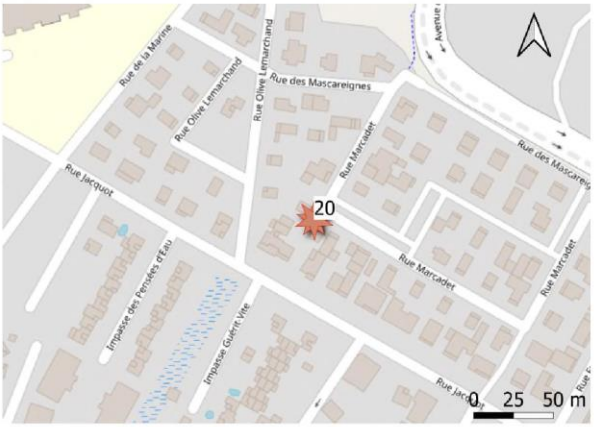
Début mesure	09/06/2022	09:55
Fin mesure	30/06/2022	09:28
Durée mesure	21 jours	

Identification du point de mesure

Support et Hauteur	Poteau, 2m
Méthode de prise d'échantillon	Tubes passifs PASSAM
Polluants étudiés	NO2
Ambiance	Fond urbain
Etablissement / Lieu vulnérable	

Résultats NO2

	Concentration moyenne		*Remarque*
1ère campagne	16.3	µg/m3	N/A



ANNEXE 2
HYPOTHESES TRAFIC

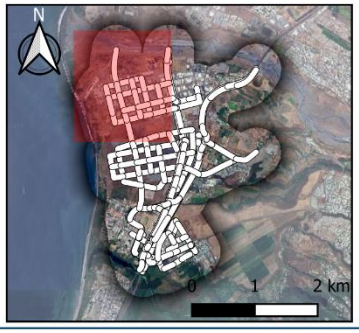
Hypothèse trafic Horizon 2022 et 2027
Carte 1/6

Axe Mixte

Etude Air et Santé

Légende

Routes



Sources : IGN

ARTELIA

8518256
UTM Zone 40S
1/2023

id	TMJA EI	%PL EI	TMJA REF 2027	%PL REF 2027	TMJA PRO 2027	%PL PRO 2027	Vitesse
54	10639	12%	12531	12%	14045	11%	75
56	9967	6%	11014	6%	11551	6%	25
59	10639	12%	12531	12%	14045	11%	75
74	10639	12%	12531	12%	14045	11%	25
84	9967	6%	11014	6%	11551	6%	75
100	9967	6%	10492	5%	10931	5%	75
111	9967	6%	11014	6%	11551	6%	75
150	#N/A	#N/A	1367	35%	1644	35%	50
151	#N/A	#N/A	1084	30%	1076	30%	50
152	#N/A	#N/A	1084	30%	1076	30%	50
153	#N/A	#N/A	1084	30%	1076	30%	50
155	#N/A	#N/A	283	53%	568	45%	50
179	#N/A	#N/A	1084	30%	1076	30%	50
181	#N/A	#N/A	5357	17%	5102	16%	50
182	#N/A	#N/A	2268	16%	2288	17%	50
183	#N/A	#N/A	2268	16%	2288	17%	50
188	#N/A	#N/A	2268	16%	2288	17%	50

Hypothèse trafic Horizon 2022 et 2027
Carte 2/6

Axe Mixte

Etude Air et Santé

Légende

Routes

Sources : IGN

ARTELIA

8518256
UTM Zone 40S
1/2023

id	TMJA EI	%PL EI	TMJA REF 2027	%PL REF 2027	TMJA PRO 2027	%PL PRO 2027	Vitesse
26	6184	7%	6816	8%	5455	7%	45
27	10198	5%	13441	6%	14246	6%	75
42	3574	13%	2544	8%	2544	8%	25
43	13772	7%	15985	6%	16790	6%	25
44	12530	9%	17098	10%	15126	10%	75
45	5846	7%	6775	8%	7612	9%	45
54	10639	12%	12531	12%	14045	11%	75
56	9967	6%	11014	6%	11551	6%	25
57	6605	15%	5267	12%	5327	12%	35
58	13689	10%	15455	10%	17329	10%	25
59	10639	12%	12531	12%	14045	11%	75
60	31757	10%	35548	9%	34424	10%	100
61	10198	5%	13441	6%	14246	6%	75
62	10115	9%	12911	11%	14790	10%	75
63	3795	7%	7617	7%	9031	8%	67
64	25911	11%	28773	10%	26817	10%	100
65	10115	9%	12911	11%	14790	10%	75
74	10639	12%	12531	12%	14045	11%	25
75	9967	6%	12356	6%	12819	6%	75
76	8817	5%	10012	5%	7590	3%	45
82	13964	15%	12362	11%	12415	11%	35
83	2509	12%	2446	10%	1322	11%	45
84	9967	6%	11014	6%	11551	6%	75
85	9393	7%	11939	10%	9830	9%	67
86	10115	9%	12911	11%	14790	10%	75
99	1793	7%	2250	9%	3031	11%	25
100	9967	6%	10492	5%	10931	5%	75
101	12613	6%	17629	6%	16622	6%	75
102	10198	5%	13441	6%	14246	6%	75
110	3209	7%	5123	12%	4374	13%	67
111	9967	6%	11014	6%	11551	6%	75
112	7085	6%	10187	10%	12007	9%	25
122	8693	9%	9262	8%	6777	8%	45
123	4053	8%	4525	7%	4582	7%	25
124	24522	7%	26945	7%	26522	7%	100
125	3137	16%	5159	10%	5296	10%	45
134	6984	16%	6178	7%	6207	9%	35
135	6984	16%	6178	7%	6207	9%	35
136	27659	8%	32104	7%	31814	7%	100
137	31757	10%	35548	9%	34424	10%	100
138	27659	8%	32104	7%	31814	7%	100
139	31757	10%	35548	9%	34424	10%	100
141	3805	8%	3629	6%	3976	7%	25
144	7359	16%	7095	10%	7088	10%	35
145	14444	11%	17282	10%	19095	9%	25
150	#N/A	#N/A	1367	35%	1644	35%	50
151	#N/A	#N/A	1084	30%	1076	30%	50
155	#N/A	#N/A	283	53%	568	45%	50
181	#N/A	#N/A	5357	17%	5102	16%	50
182	#N/A	#N/A	2268	16%	2288	17%	50
249	2415	11%	4187	7%	4471	7%	50
250	12613	6%	17629	6%	18716	6%	50
254	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	4130	8%	50
255	12530	9%	17098	10%	19256	9%	50

Hypothèse trafic Horizon 2022 et 2027 Carte 3/6

Axe Mixte

Etude Air et Santé

Légende

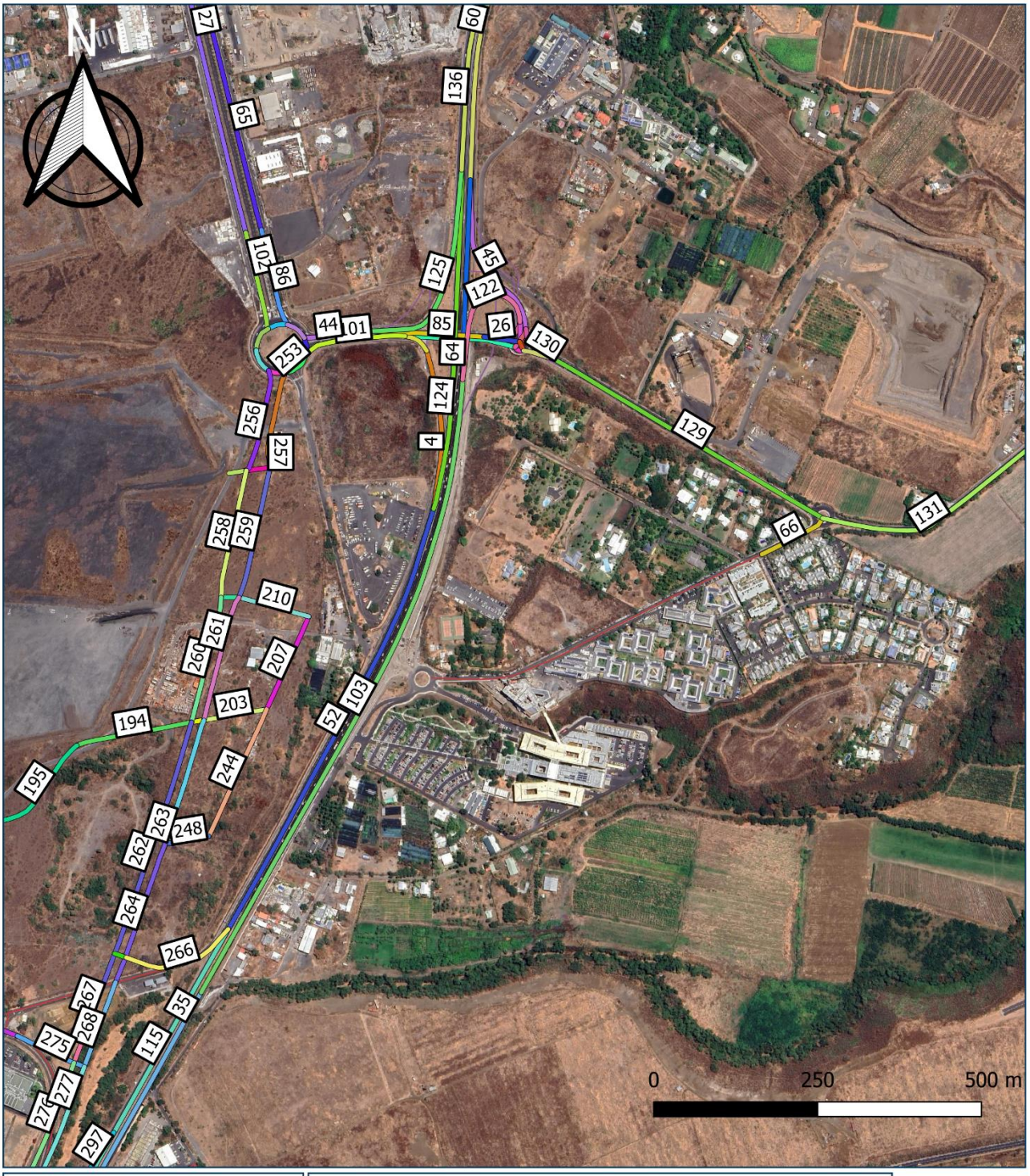
Routes

Sources : IGN

ARTELIA

8518256
UTM Zone 40S
1/2023

id	TMJA EI	%PL EI	TMJA REF 2027	%PL REF 2027	TMJA PRO 2027	%PL PRO 2027	Vitesse
27	10198	5%	13441	6%	14246	6%	75
29	2555	9%	1571	10%	86	10%	35
35	34604	10%	38035	9%	33594	10%	100
61	10198	5%	13441	6%	14246	6%	75
62	10115	9%	12911	11%	14790	10%	75
65	10115	9%	12911	11%	14790	10%	75
103	34604	10%	38035	9%	33594	10%	100
113	2555	9%	1571	10%	55	10%	35
115	30785	6%	35386	6%	33382	6%	100
179	#N/A	#N/A	1084	30%	1076	30%	50
183	#N/A	#N/A	2268	16%	2288	17%	50
188	#N/A	#N/A	2268	16%	2288	17%	50
192	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	51	11%	50
194	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	184	10%	50
195	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	241	10%	50
196	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	241	10%	50
203	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	0	25%	50
221	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	141	10%	50
248	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	131	8%	50
260	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	3066	10%	50
261	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	5012	9%	50
262	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	3047	10%	50
263	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	4961	9%	50
264	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	5029	9%	50
265	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	736	17%	50
266	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	736	17%	50
267	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	3850	11%	50
268	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	5029	9%	50
273	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	86	10%	50
274	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	86	10%	50
275	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	86	10%	50
276	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	3830	11%	50
277	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	5101	9%	50



Hypothèse trafic Horizon 2022 et 2027
Carte 4/6

Axe Mixte

Etude Air et Santé

Légende

Routes

Sources : IGN

ARTELIA

8518256
UTM Zone 40S
1/2023

id	TMJA EI	%PL EI	TMJA REF 2027	%PL REF 2027	TMJA PRO 2027	%PL PRO 2027	Vitesse
4	8817	5%	10012	5%	7590	3%	45
26	6184	7%	6816	8%	5455	7%	45
27	10198	5%	13441	6%	14246	6%	75
35	34604	10%	38035	9%	33594	10%	100
41	1531	7%	3339	9%	3641	9%	25
44	12530	9%	17098	10%	15126	10%	75
45	5846	7%	6775	8%	7612	9%	45
52	33340	7%	36957	6%	34118	6%	100
53	3659	6%	5019	12%	4804	12%	25
60	31757	10%	35548	9%	34424	10%	100
63	3795	7%	7617	7%	9031	8%	67
64	25911	11%	28773	10%	26817	10%	100
65	10115	9%	12911	11%	14790	10%	75
66	4740	18%	5608	21%	5563	21%	35
76	8817	5%	10012	5%	7590	3%	45
83	2509	12%	2446	10%	1322	11%	45
85	9393	7%	11939	10%	9830	9%	67
86	10115	9%	12911	11%	14790	10%	75
98	2265	8%	4278	6%	5390	8%	25
99	1793	7%	2250	9%	3031	11%	25
101	12613	6%	17629	6%	16622	6%	75
102	10198	5%	13441	6%	14246	6%	75
103	34604	10%	38035	9%	33594	10%	100
110	3209	7%	5123	12%	4374	13%	67
115	30785	6%	35386	6%	33382	6%	100
121	3431	11%	4370	6%	4111	6%	25
122	8693	9%	9262	8%	6777	8%	45
123	4053	8%	4525	7%	4582	7%	25
124	24522	7%	26945	7%	26522	7%	100
125	3137	16%	5159	10%	5296	10%	45
129	12674	8%	17253	9%	17134	9%	63
130	7712	7%	9544	10%	9381	10%	63
131	10329	4%	13266	4%	13167	4%	63
132	4962	10%	7709	7%	7753	7%	63
136	27659	8%	32104	7%	31814	7%	100
192	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	51	11%	50
194	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	184	10%	50
195	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	241	10%	50
203	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	0	25%	50
207	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	210	11%	50
210	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	210	11%	50
211	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	104	11%	50
241	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	448	10%	50
242	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	321	10%	50
244	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	131	8%	50
248	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	131	8%	50
249	2415	11%	4187	7%	4471	7%	50
250	12613	6%	17629	6%	18716	6%	50
251	12613	6%	17629	6%	18716	6%	50
252	12613	6%	17629	6%	15434	5%	50
253	12613	6%	17629	6%	20757	6%	50
254	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	4130	8%	50
255	12530	9%	17098	10%	19256	9%	50
256	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	3302	10%	50

id	TMJA EI	%PL EI	TMJA REF 2027	%PL REF 2027	TMJA PRO 2027	%PL PRO 2027	Vitesse
257	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	5323	9%	50
258	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	3175	10%	50
259	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	5128	9%	50
260	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	3066	10%	50
261	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	5012	9%	50
262	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	3047	10%	50
263	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	4961	9%	50
264	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	5029	9%	50
265	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	736	17%	50
266	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	736	17%	50
267	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	3850	11%	50
268	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	5029	9%	50
274	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	86	10%	50
275	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	86	10%	50
276	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	3830	11%	50
277	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	5101	9%	50
297	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	4630	6%	50

Hypothèse trafic Horizon 2022 et 2027 Carte 5/6

Axe Mixte

Etude Air et Santé

Légende

Routes

Sources : IGN

ARTELIA

8518256
UTM Zone 40S
1/2023

id	TMJA EI	%PL EI	TMJA REF 2027	%PL REF 2027	TMJA PRO 2027	%PL PRO 2027	Vitesse
2	4735	10%	4721	9%	4830	10%	65
7	2555	9%	1571	10%	55	10%	30
8	5790	2%	5503	3%	5475	2%	63
11	44	1%	826	11%	870	17%	30
12	3097	13%	4209	12%	3798	11%	25
15	15090	6%	15467	6%	12304	6%	70
16	7591	7%	7325	7%	4218	6%	45
17	28783	10%	31675	9%	31734	9%	100
18	4735	10%	4721	9%	4830	10%	35
19	11282	8%	13576	7%	14663	7%	25
20	8185	6%	9367	5%	10864	6%	70
21	25898	6%	34384	5%	34706	5%	100
22	#N/A	#N/A	6062	4%	5954	4%	45
23	#N/A	#N/A	6062	4%	5954	4%	45
25	5516	14%	5861	15%	5986	14%	30
29	2555	9%	1571	10%	86	10%	35
30	1239	2%	2802	13%	2882	13%	30
31	5790	2%	5503	3%	5475	2%	63
32	258	1%	997	16%	1055	21%	30
35	34604	10%	38035	9%	33594	10%	100
35	34604	10%	38035	9%	33594	10%	100
36	12366	5%	13317	5%	14243	5%	25
37	5276	4%	5175	5%	6157	5%	45
38	4735	10%	4721	9%	4830	10%	35
39	4735	10%	4721	9%	4830	10%	35
47	25898	6%	28322	6%	28751	5%	100
47	25898	6%	28322	6%	28751	5%	100
47	25898	6%	28322	6%	28751	5%	100
49	4735	10%	4721	9%	4830	10%	35
50	7089	5%	8142	6%	8086	6%	25
52	33340	7%	36957	6%	34118	6%	100
67	5790	2%	5503	3%	5475	2%	63
68	10088	8%	12116	7%	13028	7%	25
72	44	1%	826	11%	870	17%	30
77	7499	6%	8143	6%	8086	6%	70
79	7631	2%	8596	4%	9417	3%	25
87	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	5351	6%	30
88	1840	2%	3093	6%	3937	5%	25
89	1239	2%	2802	13%	2882	13%	30
91	17419	6%	12773	5%	13422	6%	30
93	3506	12%	4211	12%	3798	11%	45
94	6829	3%	7425	3%	7333	3%	25
95	9242	10%	10119	6%	10079	7%	25
96	9900	7%	10115	7%	10178	7%	25
97	8203	10%	8196	6%	8221	7%	63
103	34604	10%	38035	9%	33594	10%	100
104	8203	10%	8196	6%	8221	7%	63
105	8248	10%	9023	7%	9091	8%	63
106	7631	2%	8596	4%	9417	3%	25
107	23507	11%	26500	10%	25577	10%	100
108	10481	9%	11202	8%	11270	8%	25
113	2555	9%	1571	10%	55	10%	35
114	981	2%	5933	7%	6266	6%	30
115	30785	6%	35386	6%	33382	6%	100

id	TMJA EI	%PL EI	TMJA REF 2027	%PL REF 2027	TMJA PRO 2027	%PL PRO 2027	Vitesse
117	10596	8%	12352	8%	11884	7%	25
118	11097	9%	11535	9%	8017	8%	45
120	2555	9%	1571	10%	55	10%	30
140	2555	9%	1571	10%	5407	6%	35
142	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	8115	5%	30
143	5395	5%	3498	4%	8115	5%	30
146	1194	2%	6104	8%	6451	7%	30
147	1039	8%	1923	6%	1863	7%	25
148	1194	2%	6104	8%	6451	7%	30
149	213	1%	171	39%	185	41%	30
195	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	241	10%	50
196	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	241	10%	50
221	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	141	10%	50
244	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	131	8%	50
248	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	131	8%	50
262	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	3047	10%	50
263	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	4961	9%	50
264	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	5029	9%	50
265	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	736	17%	50
266	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	736	17%	50
267	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	3850	11%	50
268	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	5029	9%	50
273	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	86	10%	50
274	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	86	10%	50
275	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	86	10%	50
276	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	3830	11%	50
277	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	5101	9%	50
278	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	4630	6%	50
279	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	6753	8%	50
280	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	8744	7%	50
281	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	12054	6%	50
282	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	5935	7%	50
283	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	4910	8%	50
284	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	4910	8%	50
285	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	12304	6%	50
286	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	12304	6%	50
287	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	8909	6%	50
288	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	10184	5%	50
290	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	10184	5%	50
291	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	8909	6%	50
292	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	12054	6%	50
293	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	5935	7%	50
294	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	12054	6%	50
295	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	5935	7%	50
296	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	4630	6%	50
297	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	4630	6%	50

Hypothèse trafic Horizon 2022 et 2027
Carte 6/6

Axe Mixte

Etude Air et Santé

Légende

Routes

Sources : IGN

ARTELIA

8518256
UTM Zone 40S
1/2023

id	TMJA EI	%PL EI	TMJA REF 2027	%PL REF 2027	TMJA PRO 2027	%PL PRO 2027	Vitesse
2	4735	10%	4721	9%	4830	10%	65
7	2555	9%	1571	10%	55	10%	30
8	5790	2%	5503	3%	5475	2%	63
11	44	1%	826	11%	870	17%	30
12	3097	13%	4209	12%	3798	11%	25
15	15090	6%	15467	6%	12304	6%	70
16	7591	7%	7325	7%	4218	6%	45
17	28783	10%	31675	9%	31734	9%	100
18	4735	10%	4721	9%	4830	10%	35
19	11282	8%	13576	7%	14663	7%	25
20	8185	6%	9367	5%	10864	6%	70
21	25898	6%	34384	5%	34706	5%	100
22	#N/A	#N/A	6062	4%	5954	4%	45
23	#N/A	#N/A	6062	4%	5954	4%	45
25	5516	14%	5861	15%	5986	14%	30
29	2555	9%	1571	10%	86	10%	35
30	1239	2%	2802	13%	2882	13%	30
31	5790	2%	5503	3%	5475	2%	63
32	258	1%	997	16%	1055	21%	30
35	34604	10%	38035	9%	33594	10%	100
35	34604	10%	38035	9%	33594	10%	100
36	12366	5%	13317	5%	14243	5%	25
37	5276	4%	5175	5%	6157	5%	45
38	4735	10%	4721	9%	4830	10%	35
39	4735	10%	4721	9%	4830	10%	35
47	25898	6%	28322	6%	28751	5%	100
47	25898	6%	28322	6%	28751	5%	100
47	25898	6%	28322	6%	28751	5%	100
49	4735	10%	4721	9%	4830	10%	35
50	7089	5%	8142	6%	8086	6%	25
52	33340	7%	36957	6%	34118	6%	100
67	5790	2%	5503	3%	5475	2%	63
68	10088	8%	12116	7%	13028	7%	25
72	44	1%	826	11%	870	17%	30
77	7499	6%	8143	6%	8086	6%	70
79	7631	2%	8596	4%	9417	3%	25
87	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	5351	6%	30
88	1840	2%	3093	6%	3937	5%	25
89	1239	2%	2802	13%	2882	13%	30
93	3506	12%	4211	12%	3798	11%	45
94	6829	3%	7425	3%	7333	3%	25
95	9242	10%	10119	6%	10079	7%	25
96	9900	7%	10115	7%	10178	7%	25
97	8203	10%	8196	6%	8221	7%	63
103	34604	10%	38035	9%	33594	10%	100
104	8203	10%	8196	6%	8221	7%	63
105	8248	10%	9023	7%	9091	8%	63
106	7631	2%	8596	4%	9417	3%	25
107	23507	11%	26500	10%	25577	10%	100
108	10481	9%	11202	8%	11270	8%	25
114	981	2%	5933	7%	6266	6%	30
115	30785	6%	35386	6%	33382	6%	100
117	10596	8%	12352	8%	11884	7%	25
118	11097	9%	11535	9%	8017	8%	45

id	TMJA EI	%PL EI	TMJA REF 2027	%PL REF 2027	TMJA PRO 2027	%PL PRO 2027	Vitesse
142	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	8115	5%	30
146	1194	2%	6104	8%	6451	7%	30
147	1039	8%	1923	6%	1863	7%	25
148	1194	2%	6104	8%	6451	7%	30
149	213	1%	171	39%	185	41%	30
221	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	141	10%	50
244	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	131	8%	50
248	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	131	8%	50
262	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	3047	10%	50
263	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	4961	9%	50
264	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	5029	9%	50
265	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	736	17%	50
266	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	736	17%	50
267	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	3850	11%	50
268	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	5029	9%	50
273	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	86	10%	50
274	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	86	10%	50
275	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	86	10%	50
276	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	3830	11%	50
277	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	5101	9%	50
278	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	4630	6%	50
279	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	6753	8%	50
280	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	8744	7%	50
281	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	12054	6%	50
282	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	5935	7%	50
283	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	4910	8%	50
284	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	4910	8%	50
285	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	12304	6%	50
286	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	12304	6%	50
287	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	8909	6%	50
288	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	10184	5%	50
290	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	10184	5%	50
291	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	8909	6%	50
292	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	12054	6%	50
293	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	5935	7%	50
294	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	12054	6%	50
295	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	5935	7%	50
296	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	4630	6%	50
297	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	4630	6%	50

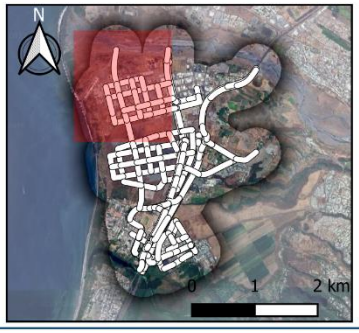
Hypothèse trafic Horizon 2047
Carte 1/6

Axe Mixte

Etude Air et Santé

Légende

Routes



Sources : IGN

ARTELIA

8518256
UTM Zone 40S
1/2023

id	TMJA REF 2047	%PL REF 2047	TMJA PRO 2047	%PL PRO 2047	Vitesse
50	13733	8%	15077	10%	75
52	12947	5%	15204	9%	25
55	13733	8%	15077	10%	75
70	13733	8%	15077	10%	25
79	12947	5%	15204	9%	75
92	12947	5%	13302	8%	75
102	12947	5%	15204	9%	75
150	#N/A	#N/A	3556	17%	50
151	#N/A	#N/A	3020	20%	50
152	#N/A	#N/A	1104	14%	50
153	#N/A	#N/A	1854	22%	50
154	#N/A	#N/A	2664	13%	50
155	#N/A	#N/A	1276	26%	50
156	#N/A	#N/A	4745	20%	50
158	#N/A	#N/A	1815	22%	50
159	#N/A	#N/A	1875	18%	50
160	#N/A	#N/A	475	39%	50
161	#N/A	#N/A	489	39%	50
164	#N/A	#N/A	8001	20%	50
165	#N/A	#N/A	3899	18%	50
166	#N/A	#N/A	2700	15%	50
167	#N/A	#N/A	1965	18%	50
168	#N/A	#N/A	1863	10%	50
171	#N/A	#N/A	315	14%	50
172	#N/A	#N/A	168	20%	50
173	#N/A	#N/A	315	14%	50
174	#N/A	#N/A	168	20%	50
175	#N/A	#N/A	6335	12%	50
176	#N/A	#N/A	5531	9%	50
177	#N/A	#N/A	7976	8%	50
178	#N/A	#N/A	5474	5%	50
179	#N/A	#N/A	5474	5%	50
181	#N/A	#N/A	756	24%	50
182	#N/A	#N/A	250	60%	50
185	#N/A	#N/A	15	40%	50
186	#N/A	#N/A	2958	18%	50
187	#N/A	#N/A	811	33%	50
188	#N/A	#N/A	2308	26%	50
189	#N/A	#N/A	1643	30%	50
191	#N/A	#N/A	2233	10%	50
193	#N/A	#N/A	1799	3%	50
201	#N/A	#N/A	1334	3%	50
202	#N/A	#N/A	1799	3%	50
226	#N/A	#N/A	547	4%	50
234	#N/A	#N/A	1149	18%	50

Hypothèse trafic Horizon 2047
Carte 2/6

Axe Mixte

Etude Air et Santé

Légende

Routes

Sources : IGN

ARTELIA

8518256
UTM Zone 40S
1/2023

id	TMJA REF 2047	%PL REF 2047	TMJA PRO 2047	%PL PRO 2047	Vitesse
26	13746	4%	15655	8%	75
40	2636	11%	2885	11%	25
41	12950	5%	12547	7%	25
42	12745	7%	9814	6%	75
50	13733	8%	15077	10%	75
52	12947	5%	15204	9%	25
53	2636	11%	2772	9%	35
54	13811	7%	15446	9%	25
55	13733	8%	15077	10%	75
56	35705	10%	37191	10%	100
58	#N/A	#N/A	12561	8%	75
59	5818	6%	8087	8%	67
60	28526	10%	26045	11%	100
61	12745	7%	16143	9%	75
70	13733	8%	15077	10%	25
71	12947	5%	12547	7%	75
72	7918	3%	8483	3%	45
78	5196	13%	5175	11%	35
79	12947	5%	15204	9%	75
80	12745	7%	12489	7%	75
92	12947	5%	13302	8%	75
93	13746	4%	16570	5%	75
94	13746	4%	15157	8%	75
102	12947	5%	15204	9%	75
103	11176	6%	12674	9%	25
112	29077	6%	32373	6%	100
119	7471	9%	7301	14%	35
120	743	18%	842	11%	35
121	29077	6%	32373	6%	100
122	35705	10%	37191	10%	100
123	29077	6%	32373	6%	100
124	35705	10%	37191	10%	100
129	2560	16%	2403	14%	35
130	13736	8%	15077	10%	25
135	5827	6%	8087	8%	67
136	12745	7%	9814	6%	50
137	940	15%	412	4%	50
138	950	15%	412	4%	50
139	13685	7%	10227	6%	50
141	3530	4%	8221	6%	50
142	11213	6%	13529	7%	50
143	11839	6%	9695	6%	50
144	6444	7%	4253	7%	50
145	9651	9%	7843	6%	50
146	6002	9%	4919	4%	50
147	3649	9%	2924	8%	50
148	7179	7%	11145	7%	50
150	#N/A	#N/A	3556	17%	50
151	#N/A	#N/A	3020	20%	50
155	#N/A	#N/A	1276	26%	50
156	#N/A	#N/A	4745	20%	50
162	6728	8%	6459	14%	50
163	5159	7%	8748	18%	50
164	#N/A	#N/A	8001	20%	50

id	TMJA REF 2047	%PL REF 2047	TMJA PRO 2047	%PL PRO 2047	Vitesse
165	#N/A	#N/A	3899	18%	50
181	#N/A	#N/A	756	24%	50
182	#N/A	#N/A	250	60%	50
191	#N/A	#N/A	2233	10%	50
193	#N/A	#N/A	1799	3%	50
202	#N/A	#N/A	1799	3%	50
204	#N/A	#N/A	3475	12%	50
205	#N/A	#N/A	3696	14%	50
234	#N/A	#N/A	1149	18%	50
246	#N/A	#N/A	4800	14%	50
249	#N/A	#N/A	1221	5%	50
250	13746	4%	16378	7%	50
254	#N/A	#N/A	3895	9%	50
255	12745	7%	13710	7%	50

Hypothèse trafic Horizon 2047
Carte 3/6

Axe Mixte

Etude Air et Santé

Légende

Routes

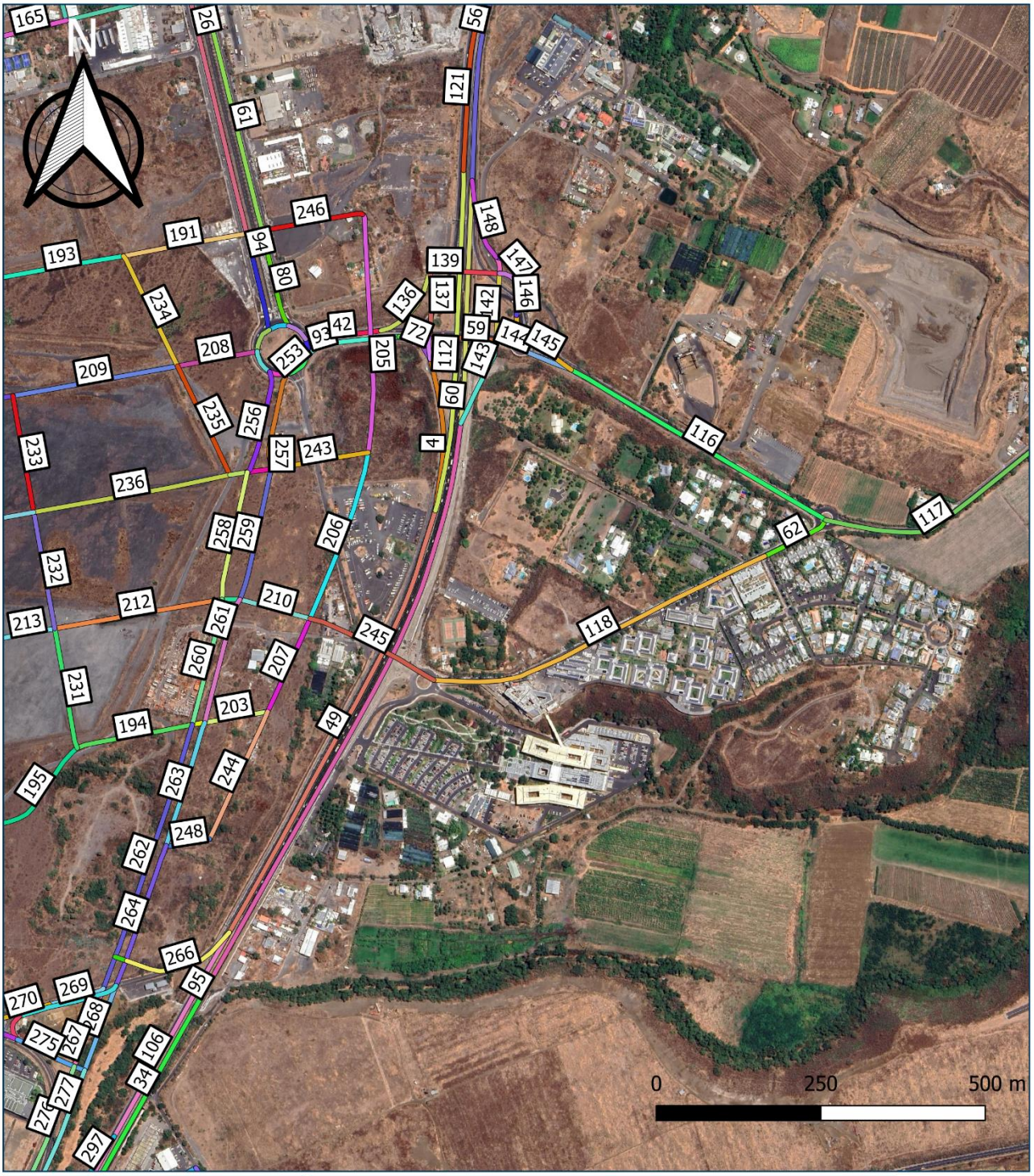
Sources : IGN

ARTELIA

8518256
UTM Zone 40S
1/2023

id	TMJA REF 2047	%PL REF 2047	TMJA PRO 2047	%PL PRO 2047	Vitesse
26	13746	4%	15655	8%	75
28	1733	8%	5098	7%	35
34	40365	9%	35740	9%	100
58	#N/A	#N/A	12561	8%	75
61	12745	7%	16143	9%	75
95	40365	9%	35740	9%	100
104	1733	8%	3746	4%	35
106	36212	6%	32953	6%	100
156	#N/A	#N/A	4745	20%	50
158	#N/A	#N/A	1815	22%	50
162	6728	8%	6459	14%	50
163	5159	7%	8748	18%	50
164	#N/A	#N/A	8001	20%	50
165	#N/A	#N/A	3899	18%	50
166	#N/A	#N/A	2700	15%	50
167	#N/A	#N/A	1965	18%	50
168	#N/A	#N/A	1863	10%	50
172	#N/A	#N/A	168	20%	50
174	#N/A	#N/A	168	20%	50
177	#N/A	#N/A	7976	8%	50
178	#N/A	#N/A	5474	5%	50
179	#N/A	#N/A	5474	5%	50
186	#N/A	#N/A	2958	18%	50
187	#N/A	#N/A	811	33%	50
188	#N/A	#N/A	2308	26%	50
191	#N/A	#N/A	2233	10%	50
192	#N/A	#N/A	2490	7%	50
193	#N/A	#N/A	1799	3%	50
194	#N/A	#N/A	1898	4%	50
195	#N/A	#N/A	397	1%	50
196	#N/A	#N/A	397	1%	50
197	#N/A	#N/A	4282	2%	50
198	#N/A	#N/A	1430	3%	50
199	#N/A	#N/A	1315	3%	50
200	#N/A	#N/A	2558	3%	50
201	#N/A	#N/A	1334	3%	50
202	#N/A	#N/A	1799	3%	50
203	#N/A	#N/A	1427	9%	50
208	#N/A	#N/A	1202	2%	50
209	#N/A	#N/A	950	5%	50
212	#N/A	#N/A	1463	5%	50
213	#N/A	#N/A	2119	2%	50
214	#N/A	#N/A	1263	3%	50
215	#N/A	#N/A	1081	3%	50
216	#N/A	#N/A	2417	1%	50
217	#N/A	#N/A	1335	2%	50
218	#N/A	#N/A	92	1%	50
219	#N/A	#N/A	1675	9%	50
220	#N/A	#N/A	1017	12%	50
221	#N/A	#N/A	8556	6%	50
222	#N/A	#N/A	4386	10%	50
223	#N/A	#N/A	4205	10%	50
224	#N/A	#N/A	5788	10%	50
225	#N/A	#N/A	4205	10%	50

id	TMJA REF 2047	%PL REF 2047	TMJA PRO 2047	%PL PRO 2047	Vitesse
226	#N/A	#N/A	547	4%	50
227	#N/A	#N/A	1246	5%	50
229	#N/A	#N/A	1240	3%	50
231	#N/A	#N/A	1501	4%	50
232	#N/A	#N/A	845	11%	50
233	#N/A	#N/A	710	10%	50
234	#N/A	#N/A	1149	18%	50
235	#N/A	#N/A	896	26%	50
236	#N/A	#N/A	1912	2%	50
237	#N/A	#N/A	1703	2%	50
238	#N/A	#N/A	1061	2%	50
239	#N/A	#N/A	1061	2%	50
240	#N/A	#N/A	2689	2%	50
247	#N/A	#N/A	4567	1%	50
248	#N/A	#N/A	4117	8%	50
260	#N/A	#N/A	2809	11%	50
261	#N/A	#N/A	5206	10%	50
262	#N/A	#N/A	5385	9%	50
263	#N/A	#N/A	7308	8%	50
264	#N/A	#N/A	9686	9%	50
265	#N/A	#N/A	8314	5%	50
266	#N/A	#N/A	8314	5%	50
267	#N/A	#N/A	8799	7%	50
268	#N/A	#N/A	6062	10%	50
269	#N/A	#N/A	1230	3%	50
270	#N/A	#N/A	1230	3%	50
271	#N/A	#N/A	47	29%	50
272	#N/A	#N/A	47	29%	50
273	#N/A	#N/A	5098	7%	50
274	#N/A	#N/A	3868	8%	50
275	#N/A	#N/A	3915	9%	50
276	#N/A	#N/A	2563	8%	50
277	#N/A	#N/A	5936	7%	50



Hypothèse trafic Horizon 2047
Carte 4/6

Axe Mixte

Etude Air et Santé

Légende

Routes

Sources : IGN

ARTELIA

8518256
UTM Zone 40S
1/2023

id	TMJA REF 2047	%PL REF 2047	TMJA PRO 2047	%PL PRO 2047	Vitesse
4	8868	4%	8895	3%	45
9	#N/A	#N/A	1100	3%	30
26	13746	4%	15655	8%	75
27	#N/A	#N/A	12025	9%	35
34	40365	9%	35740	9%	100
42	12745	7%	9814	6%	75
49	37945	6%	41267	6%	100
56	35705	10%	37191	10%	100
59	5818	6%	8087	8%	67
60	28526	10%	26045	11%	100
61	12745	7%	16143	9%	75
62	4961	21%	7490	9%	35
72	7918	3%	8483	3%	45
80	12745	7%	12489	7%	75
93	13746	4%	16570	5%	75
94	13746	4%	15157	8%	75
95	40365	9%	35740	9%	100
106	36212	6%	32953	6%	100
112	29077	6%	32373	6%	100
116	16095	8%	12096	6%	63
117	12583	3%	13435	4%	63
118	#N/A	#N/A	6157	13%	35
121	29077	6%	32373	6%	100
135	5827	6%	8087	8%	67
136	12745	7%	9814	6%	50
137	940	15%	412	4%	50
138	950	15%	412	4%	50
139	13685	7%	10227	6%	50
141	3530	4%	8221	6%	50
142	11213	6%	13529	7%	50
143	11839	6%	9695	6%	50
144	6444	7%	4253	7%	50
145	9651	9%	7843	6%	50
146	6002	9%	4919	4%	50
147	3649	9%	2924	8%	50
148	7179	7%	11145	7%	50
156	#N/A	#N/A	4745	20%	50
164	#N/A	#N/A	8001	20%	50
165	#N/A	#N/A	3899	18%	50
191	#N/A	#N/A	2233	10%	50
192	#N/A	#N/A	2490	7%	50
193	#N/A	#N/A	1799	3%	50
194	#N/A	#N/A	1898	4%	50
195	#N/A	#N/A	397	1%	50
203	#N/A	#N/A	1427	9%	50
204	#N/A	#N/A	3475	12%	50
205	#N/A	#N/A	3696	14%	50
206	#N/A	#N/A	3554	13%	50
207	#N/A	#N/A	4905	10%	50
208	#N/A	#N/A	1202	2%	50
209	#N/A	#N/A	950	5%	50
210	#N/A	#N/A	2141	12%	50
211	#N/A	#N/A	1631	9%	50
212	#N/A	#N/A	1463	5%	50

id	TMJA REF 2047	%PL REF 2047	TMJA PRO 2047	%PL PRO 2047	Vitesse
213	#N/A	#N/A	2119	2%	50
220	#N/A	#N/A	1017	12%	50
231	#N/A	#N/A	1501	4%	50
232	#N/A	#N/A	845	11%	50
233	#N/A	#N/A	710	10%	50
234	#N/A	#N/A	1149	18%	50
235	#N/A	#N/A	896	26%	50
236	#N/A	#N/A	1912	2%	50
240	#N/A	#N/A	2689	2%	50
241	#N/A	#N/A	7788	11%	50
242	#N/A	#N/A	5229	9%	50
243	#N/A	#N/A	142	22%	50
244	#N/A	#N/A	3691	11%	50
245	#N/A	#N/A	6157	13%	50
246	#N/A	#N/A	4800	14%	50
248	#N/A	#N/A	4117	8%	50
249	#N/A	#N/A	1221	5%	50
250	13746	4%	16378	7%	50
251	13746	4%	16717	7%	50
252	13746	4%	12602	6%	50
253	13746	4%	20465	6%	50
254	#N/A	#N/A	3895	9%	50
255	12745	7%	13710	7%	50
256	#N/A	#N/A	4115	13%	50
257	#N/A	#N/A	7863	7%	50
258	#N/A	#N/A	3367	11%	50
259	#N/A	#N/A	6043	10%	50
260	#N/A	#N/A	2809	11%	50
261	#N/A	#N/A	5206	10%	50
262	#N/A	#N/A	5385	9%	50
263	#N/A	#N/A	7308	8%	50
264	#N/A	#N/A	9686	9%	50
265	#N/A	#N/A	8314	5%	50
266	#N/A	#N/A	8314	5%	50
267	#N/A	#N/A	8799	7%	50
268	#N/A	#N/A	6062	10%	50
269	#N/A	#N/A	1230	3%	50
270	#N/A	#N/A	1230	3%	50
271	#N/A	#N/A	47	29%	50
272	#N/A	#N/A	47	29%	50
274	#N/A	#N/A	3868	8%	50
275	#N/A	#N/A	3915	9%	50
276	#N/A	#N/A	2563	8%	50
277	#N/A	#N/A	5936	7%	50
297	#N/A	#N/A	1549	9%	50

Hypothèse trafic Horizon 2047
Carte 5/6

Axe Mixte

Etude Air et Santé

Légende

Routes

Sources : IGN

ARTELIA

8518256
UTM Zone 40S
1/2023

id	TMJA REF 2047	%PL REF 2047	TMJA PRO 2047	%PL PRO 2047	Vitesse
2	5203	9%	2652	8%	65
5	#N/A	#N/A	4110	9%	30
6	#N/A	#N/A	4110	9%	30
7	1733	8%	3746	4%	30
8	5750	2%	4167	1%	63
9	#N/A	#N/A	1100	3%	30
10	#N/A	#N/A	3273	6%	35
11	953	19%	288	26%	30
12	4527	13%	2244	9%	25
15	17145	5%	10327	6%	70
16	7740	6%	5448	8%	45
17	32971	9%	34768	9%	100
18	5203	9%	2652	8%	35
19	14051	8%	12482	4%	25
20	9524	5%	10238	3%	70
21	33903	5%	35811	5%	100
22	5889	4%	8425	3%	45
23	5889	4%	8425	3%	45
25	5872	14%	8199	12%	30
27	#N/A	#N/A	12025	9%	35
28	1733	8%	5098	7%	35
29	3022	18%	9646	9%	30
30	5750	2%	4167	1%	63
34	40365	9%	35740	9%	100
35	14277	5%	11600	4%	25
36	4873	6%	6721	4%	45
37	5203	9%	2652	8%	35
38	5203	9%	2652	8%	35
44	28013	5%	31405	6%	100
46	5203	9%	2652	8%	35
47	9405	5%	4878	3%	25
49	37945	6%	41267	6%	100
63	5750	2%	4167	1%	63
64	12514	6%	11356	5%	25
65	#N/A	#N/A	7915	9%	30
68	953	19%	288	26%	30
73	9405	5%	4878	3%	70
75	9075	3%	8947	2%	25
81	#N/A	#N/A	2755	3%	30
82	3325	5%	4780	4%	25
83	3022	18%	1731	6%	30
85	13485	5%	14546	6%	30
87	4527	13%	2244	9%	45
88	7808	3%	10595	4%	25
89	10295	5%	12716	6%	25
90	10659	7%	10372	7%	25
91	8237	5%	6288	6%	63
95	40365	9%	35740	9%	100
96	8237	5%	6288	6%	63
97	9189	7%	6576	7%	63
98	9075	3%	8947	2%	25
99	28099	9%	28047	10%	100
100	11532	9%	11026	8%	25
104	1733	8%	3746	4%	35

id	TMJA REF 2047	%PL REF 2047	TMJA PRO 2047	%PL PRO 2047	Vitesse
105	6552	8%	5327	5%	30
106	36212	6%	32953	6%	100
108	13932	7%	7122	5%	25
109	12267	8%	7693	8%	45
111	1733	8%	3746	4%	30
125	1733	8%	991	9%	35
127	#N/A	#N/A	10356	6%	30
128	3663	4%	13629	6%	30
131	6729	9%	5882	3%	30
132	2058	6%	6428	6%	25
133	6729	9%	5039	4%	30
134	177	39%	288	26%	30
195	#N/A	#N/A	397	1%	50
196	#N/A	#N/A	397	1%	50
221	#N/A	#N/A	8556	6%	50
244	#N/A	#N/A	3691	11%	50
248	#N/A	#N/A	4117	8%	50
262	#N/A	#N/A	5385	9%	50
263	#N/A	#N/A	7308	8%	50
264	#N/A	#N/A	9686	9%	50
265	#N/A	#N/A	8314	5%	50
266	#N/A	#N/A	8314	5%	50
267	#N/A	#N/A	8799	7%	50
268	#N/A	#N/A	6062	10%	50
269	#N/A	#N/A	1230	3%	50
270	#N/A	#N/A	1230	3%	50
271	#N/A	#N/A	47	29%	50
272	#N/A	#N/A	47	29%	50
273	#N/A	#N/A	5098	7%	50
274	#N/A	#N/A	3868	8%	50
275	#N/A	#N/A	3915	9%	50
276	#N/A	#N/A	2563	8%	50
277	#N/A	#N/A	5936	7%	50
278	#N/A	#N/A	1549	9%	50
279	#N/A	#N/A	9940	5%	50
280	#N/A	#N/A	5737	6%	50
281	#N/A	#N/A	9775	5%	50
282	#N/A	#N/A	5737	6%	50
283	#N/A	#N/A	5832	5%	50
284	#N/A	#N/A	5832	5%	50
285	#N/A	#N/A	10327	6%	50
286	#N/A	#N/A	10327	6%	50
287	#N/A	#N/A	11134	5%	50
288	#N/A	#N/A	11591	6%	50
290	#N/A	#N/A	11591	6%	50
291	#N/A	#N/A	11134	5%	50
292	#N/A	#N/A	9775	5%	50
293	#N/A	#N/A	5737	6%	50
294	#N/A	#N/A	9775	5%	50
295	#N/A	#N/A	5737	6%	50
296	#N/A	#N/A	1549	9%	50
297	#N/A	#N/A	1549	9%	50

Hypothèse trafic Horizon 2047
Carte 6/6

Axe Mixte

Etude Air et Santé

Légende

Routes

Sources : IGN

ARTELIA

8518256
UTM Zone 40S
1/2023

id	TMJA REF 2047	%PL REF 2047	TMJA PRO 2047	%PL PRO 2047	Vitesse
2	5203	9%	2652	8%	65
5	#N/A	#N/A	4110	9%	30
6	#N/A	#N/A	4110	9%	30
7	1733	8%	3746	4%	30
8	5750	2%	4167	1%	63
9	#N/A	#N/A	1100	3%	30
10	#N/A	#N/A	3273	6%	35
11	953	19%	288	26%	30
12	4527	13%	2244	9%	25
15	17145	5%	10327	6%	70
16	7740	6%	5448	8%	45
17	32971	9%	34768	9%	100
18	5203	9%	2652	8%	35
19	14051	8%	12482	4%	25
20	9524	5%	10238	3%	70
21	33903	5%	35811	5%	100
22	5889	4%	8425	3%	45
23	5889	4%	8425	3%	45
25	5872	14%	8199	12%	30
27	#N/A	#N/A	12025	9%	35
28	1733	8%	5098	7%	35
29	3022	18%	9646	9%	30
30	5750	2%	4167	1%	63
34	40365	9%	35740	9%	100
35	14277	5%	11600	4%	25
36	4873	6%	6721	4%	45
37	5203	9%	2652	8%	35
38	5203	9%	2652	8%	35
44	28013	5%	31405	6%	100
46	5203	9%	2652	8%	35
47	9405	5%	4878	3%	25
49	37945	6%	41267	6%	100
63	5750	2%	4167	1%	63
64	12514	6%	11356	5%	25
65	#N/A	#N/A	7915	9%	30
68	953	19%	288	26%	30
73	9405	5%	4878	3%	70
75	9075	3%	8947	2%	25
81	#N/A	#N/A	2755	3%	30
82	3325	5%	4780	4%	25
83	3022	18%	1731	6%	30
87	4527	13%	2244	9%	45
88	7808	3%	10595	4%	25
89	10295	5%	12716	6%	25
90	10659	7%	10372	7%	25
91	8237	5%	6288	6%	63
95	40365	9%	35740	9%	100
96	8237	5%	6288	6%	63
97	9189	7%	6576	7%	63
98	9075	3%	8947	2%	25
99	28099	9%	28047	10%	100
100	11532	9%	11026	8%	25
105	6552	8%	5327	5%	30
106	36212	6%	32953	6%	100

id	TMJA REF 2047	%PL REF 2047	TMJA PRO 2047	%PL PRO 2047	Vitesse
108	13932	7%	7122	5%	25
109	12267	8%	7693	8%	45
127	#N/A	#N/A	10356	6%	30
131	6729	9%	5882	3%	30
132	2058	6%	6428	6%	25
133	6729	9%	5039	4%	30
134	177	39%	288	26%	30
221	#N/A	#N/A	8556	6%	50
244	#N/A	#N/A	3691	11%	50
248	#N/A	#N/A	4117	8%	50
262	#N/A	#N/A	5385	9%	50
263	#N/A	#N/A	7308	8%	50
264	#N/A	#N/A	9686	9%	50
265	#N/A	#N/A	8314	5%	50
266	#N/A	#N/A	8314	5%	50
267	#N/A	#N/A	8799	7%	50
268	#N/A	#N/A	6062	10%	50
269	#N/A	#N/A	1230	3%	50
270	#N/A	#N/A	1230	3%	50
271	#N/A	#N/A	47	29%	50
272	#N/A	#N/A	47	29%	50
273	#N/A	#N/A	5098	7%	50
274	#N/A	#N/A	3868	8%	50
275	#N/A	#N/A	3915	9%	50
276	#N/A	#N/A	2563	8%	50
277	#N/A	#N/A	5936	7%	50
278	#N/A	#N/A	1549	9%	50
279	#N/A	#N/A	9940	5%	50
280	#N/A	#N/A	5737	6%	50
281	#N/A	#N/A	9775	5%	50
282	#N/A	#N/A	5737	6%	50
283	#N/A	#N/A	5832	5%	50
284	#N/A	#N/A	5832	5%	50
285	#N/A	#N/A	10327	6%	50
286	#N/A	#N/A	10327	6%	50
287	#N/A	#N/A	11134	5%	50
288	#N/A	#N/A	11591	6%	50
290	#N/A	#N/A	11591	6%	50
291	#N/A	#N/A	11134	5%	50
292	#N/A	#N/A	9775	5%	50
293	#N/A	#N/A	5737	6%	50
294	#N/A	#N/A	9775	5%	50
295	#N/A	#N/A	5737	6%	50
296	#N/A	#N/A	1549	9%	50
297	#N/A	#N/A	1549	9%	50

ANNEXE 5 Cadrage de l’Etat

PRÉFET
DE LA RÉGION
RÉUNION
Liberté
Égalité
Fraternité

REÇU LE
23 SEP. 2022
DGA-RD

Direction de l'environnement
de l'aménagement et du logement

Saint-Denis, le 19 SEP. 2022

Service SACoD/UAPP
Affaire suivie par : Yannick PRIE
Tél : 02 62 40 28 04
Courriel : yannick.prie@developpement-durable.gouv.fr
Réf : N° 2022 - 1130

A 2022/14312

22.09.2022

0523094

Le directeur

au

Directeur des Transports et des Déplacements
Conseil Régional de la Réunion
Avenue René Cassin Moufia B.P 67190
97801 SAINT DENIS MESSAG CEDEX 9 x

Objet : Projet de réaménagement et de prolongement de l'axe mixte de Cambaie (RN7) – demande de cadrage préalable formulée par la Région sur la commune de Saint-Paul.

Par courriel en date du 23 novembre 2021, vous avez sollicité mon avis sur la note de demande de cadrage environnemental et le dossier d'AVP du projet de réaménagement et de prolongement de l'axe mixte de Cambaie. Vous trouverez ci-jointe mon analyse qui fait suite à plusieurs réunions avec vos services afin d'échanger sur son contenu.

Il s'agit d'un projet phare de l'Ecocité insulaire et tropicale de la Réunion, démarche dans laquelle l'État est engagée à travers la signature d'un Projet Partenarial d'Aménagement (PPA). L'État soutient et accompagne donc ce projet prioritaire. Les objectifs visés par ce projet sont d'une part la continuité du réseau routier parallèle à la RN1 supportant un transport commun en site propre (TCSP) et le traitement hydraulique du secteur par le recalibrage de la ravine de la Plaine. À caractère urbain, il assurera la desserte de la ZAC Cambaie, projet rendu au stade de l'enquête publique. Il s'agit d'offrir aux futurs habitants du quartier une desserte en transports en commun performante, ainsi qu'un support des mobilités actives et d'une richesse végétale. Le projet d'axe mixte doit ainsi être ambitieux pour s'inscrire pleinement dans les ambitions environnementales de l'Ecocité.

Au regard du classement de la partie aval de la ravine la Plaine et de l'Étang Saint-Paul en tant que zone humide d'importance internationale RAMSAR, j'attire votre attention sur la nécessaire qualité des mesures environnementales du projet quant aux aspects liés à la biodiversité. À ce titre, je vous invite à vous rapprocher de la Réserve Nationale de l'Étang Saint-Paul, gestionnaire de cet espace protégé, afin de vous assurer des diagnostics nécessaires, autorisations requises et de l'efficacité des mesures environnementales. Une attention particulière sera portée à ces mesures compte tenu de la sensibilité de ce site.

De plus, inscrit dans un projet global d'urbanisation du secteur, la démarche d'évaluation environnementale devra garantir sa bonne insertion et la cohérence d'ensemble des aménagements prévus. Ceci appelle une réflexion aboutie quant à la définition du scénario de référence intégrant les projets programmés et un partage d'informations efficace avec les maîtres d'ouvrages concernés. Un recensement exhaustif des projets autorisés ou ayant fait l'objet d'une évaluation environnementale devra être réalisé dans le but de garantir la prise en compte des effets cumulés sur l'environnement. Du fait de son caractère urbain, la conception du projet devra préserver le

cadre de vie des futurs habitants de la ZAC Cambaie. S'agissant du projet de remplacement du pont de l'Étang, s'il est réalisé dans une temporalité proche du prolongement de l'axe mixte, il devra être considéré comme un seul et même projet soumis à évaluation environnementale.

Vous trouverez en annexe la synthèse des observations de la DEAL, de l'ARS et des échanges techniques avec vos services. Elle comporte l'analyse du positionnement de votre projet à la réglementation et des recommandations quant aux procédures à mener. Elle traduit également les recommandations de la MRAE en amont de la démarche d'évaluation environnementale sans préjudice de son indépendance vis-à-vis de l'État et du porteur de projet.

Je vous invite à poursuivre les réflexions engagées ainsi que les échanges avec mes services.

Le directeur

Le directeur de l'Environnement,
de l'Aménagement et du Logement

Philippe GRAMMONT

Sommaire

1 Parcours réglementaire :....3
2 Évaluation environnementale :....5
2.1 Définition du projet soumis à évaluation environnementale....5
2.2 Scénario de référence et étude des effets cumulés :....5
2.3 Thématiques spécifiques aux infrastructures de transports :....5
2.4 Participation du public....6
3 Les principaux enjeux et contraintes réglementaires :....6
3.1 Risques naturels :....6
3.2 Biodiversité....7
3.2.1 RNN Etang Saint Paul, site classé RAMSAR....7
3.2.2 Habitats faune et flore....7
3.2.3 Dérogation pour atteinte aux espèce protégées (Rappel du cadre général)....8
3.2.4 Défrichement :....8
3.3 Préservation de la qualité des eaux....9
3.3.1 Compatibilité aux documents de planification....9
3.3.2 Gestion des eaux pluviales....9
3.3.3 Volet domanial (DPF)....9
3.4 Enjeux sanitaires....10
3.4.1 Intégration et compatibilité avec le projet global d'urbanisation Eco-cité....10
3.4.2 Facteurs de risques sanitaires....10
a) Air....10
b) Bruit routier....10
c) Eau destinée à la consommation humaine....11
d) Transport et mobilité douces et actives....12
e) Sites et sols pollués....12
f) Nature et espaces verts....12
g) Risques vectoriels....12
h) Prévention des îlots de chaleur urbains....12
i) Prévention de la pollution lumineuse....12
3.5 Paysages....13
3.6 Procédures au titre des Installations Classées Pour l'Environnement :....13
3.7 Protection du périmètre des abords du monument historique....14
3.8 Mobilités....14
3.8.1 Mobilités douces :....14
3.8.2 Verdissement de la flotte dans le cadre du renouvellement du parc....15

2 rue Juliette Dodu – CS 41009
97743 Saint-Denis cedex 9
Standard : 02 62 40 26 26
www.reunion.developpement-durable.gouv.fr

1. Parcours réglementaire :

Dans l'état actuel et au regard des éléments présentés, le projet est soumis à :

- au titre du CU

Concertation préalable au titre du L300-1

- au titre du CE :

Concertation préalable régie par les articles L.121-15-1 à L121-21

Évaluation environnementale au titre de l'article L.122-1

Autorisation loi sur l'eau au titre de l'article L.181-1

Participation du public du chapitre 1er du livre II du titre Ier

Déclaration de projet au titre de l'article L.126-1

Modification de l'État d'une réserve naturelle (en fonction des impacts sur l'espace protégé, se rapprocher de la Réserve naturelle de l'Étang Saint-Paul) au titre du L.332-9

- code forestier :

Demande de dérogation à l'interdiction de défricher au titre de l'article L.374-1 code forestier (à définir par MOa cf. à paragraphe 4.2.4).

- au titre du CECUP :

Demande de déclaration d'utilité publique « travaux »

- Protection du patrimoine :

Autorisation préalable de l'architecte des bâtiments de France au titre de l'article L.621-32

Archéologie préventive au titre de l'article L521-1

- au titre du CGPPP :

Autorisation d'Occupation Temporaire du Domaine Public Fluvial au titre de l'article L2122-1

1.4 Participation du public

Les procédures de participation du public aux décisions ayant une incidence sur l'environnement définies par le Code de l'environnement pour votre projet financé par plus de 5 millions de subventions publiques consistent en phase amont à une concertation préalable avec garants. Votre projet ayant pour effet de modifier de façon substantielle le cadre de vie est également soumis à concertation préalable au titre du code de l'urbanisme en vertu de l'article L.103-2 du code de l'urbanisme.

La concertation préalable du 9 novembre au 18 décembre 2020 ayant été menée sans garants, j'attire votre attention sur cette fragilité juridique et vous recommande d'y remédier par la publication d'une déclaration d'intention qui permettra l'exercice du droit d'initiative durant les deux mois suivants.

Par ailleurs, dans le cas où la reconstruction de l'ouvrage d'art de l'Étang serait intégrée au projet, la concertation préalable au titre de l'environnement devra être élargie à son périmètre.

3. Les principaux enjeux et contraintes réglementaires :

1.1 Risques naturels :

En matière de risques naturels, les documents opposables, sur le territoire de la commune de Saint-Paul sont le Plan de Prévention des Risques « inondation et mouvements » (Plan de Prévention des Risques multi-risques) approuvé par arrêté préfectoral n° 2160 SG/DRCTCV en date du 26 octobre 2016 et le Plan de Prévention des Risques « Littoraux » (PPRL) approuvé par arrêté préfectoral n° 2018-2611 SG/DCL/BU en date du 19 décembre 2018. Le projet n'est pas concerné par le périmètre du PPRL.

Par ailleurs, il est à noter qu'une évolution du PPR « inondation et mouvements » de terrain de Saint-Paul débutera techniquement au cours de l'année 2022. Cette évolution aura notamment pour objectif de prendre en compte les impacts sur l'Ecocité-Cambaie des aménagements hydrauliques prévus au niveau de la Ravine Defaud et de la ravine de La Plaine.

Comme le constate le dossier transmis, le projet est concerné sur l'ensemble du linéaire par une zone rouge (R1), due à un aléa fort inondation et élevé mouvements de terrain. La zone R1 est soumise à un principe d'inconstructibilité et à des zones bleues B2 et B3 dues respectivement à un aléa moyen et faible inondation. Ces zones sont soumises à un principe de constructibilité sous conditions.

Quelle que soit la zone réglementaire du PPR multi-risques, sont autorisés, sous réserve qu'ils n'accroissent pas les risques et leurs effets, qu'ils ne provoquent pas de nouveau risque et de ne pas augmenter le nombre de personnes exposées et la vulnérabilité des biens et activités existants, « les travaux d'infrastructures, réseaux techniques (eau, assainissement, électricité, télécommunication, etc.), locaux techniques et installations nécessaires au fonctionnement des services publics ou des services destinés au public, notamment les travaux de desserte routière ou piétonne, (...) ». Ainsi, le PPR actuellement en vigueur ne s'oppose pas par principe à ce projet. Il conviendra que l'absence d'aggravation des risques naturels soit pleinement justifiée. Cette absence d'aggravation des risques est essentielle au regard du contexte urbanisé du secteur.

Comme l'indique le dossier, des études hydrauliques sont en cours. Ces études devront permettre d'apprécier et de justifier l'impact du projet sur les aléas en présence ainsi que définir, le cas échéant, les mesures adaptées à mettre en œuvre. Ces études devront permettre de mesurer l'impact du projet sur le périmètre inondable, les hauteurs et vitesses des écoulements selon plusieurs scénarios de période de retour (à minima 10, 30 ans et 100 ans).

Il convient de relever que le maître d'ouvrage a déjà transmis par courriel au Service Eau et Biodiversité et au Service de Prévention des Risques Industriels Naturels et Routiers, une présentation comportant des extraits des études réalisées et des impacts du recalibrage de la ravine de La Plaine sur l'aléa inondation. Ces documents ont fait l'objet d'une demande de précision et compléments qui devra confirmer l'absence d'aggravation des aléas inondation. Ainsi, le PPR actuellement en vigueur ne s'oppose pas par principe à ce projet. Cependant, des justifications devront être apportées pour garantir que le projet n'est pas de nature à aggraver les aléas naturels identifiés au PPR multi-risques actuellement en vigueur.

2. Évaluation environnementale :

Au vu de la sensibilité du secteur en présence de zones humides, aux problématiques d'inondation du quartier Jacquot, du caractère urbain de l'aménagement et du développement du secteur, la qualité de l'évaluation environnementale devra garantir la préservation des enjeux environnementaux et du cadre de vie.

1.1 Définition du projet soumis à évaluation environnementale

La note de cadrage et le dossier d'Avant-Projet présentent les aménagements prévus et les objectifs du projet. Le maître d'ouvrage affiche son choix de dissocier le parcours réglementaire de celui de la ZAC Omega Cambaie du fait de sa réalisation indépendante et de son objectif de continuité des mobilités entre le Port et Saint Paul au-delà de la desserte de la ZAC.

S'agissant d'un projet phare de l'Ecocité qui desservira directement ladite opération d'aménagement avec de fortes interactions en termes de fonctionnalité, une appréciation d'ensemble des impacts induits sur le plan environnemental et sanitaire est indispensable (bruit, qualité de l'air, risques naturels, préservation de la biodiversité, continuité écologique, zone humide RAMSAR, réserve naturelle...). Il en est de même concernant la séquence dite « ERC » avec la définition de mesures adaptées en privilégiant l'évitement des impacts. Aussi, il conviendra de prendre en compte les recommandations formulées le 25 mai 2020 par la MRAe sur le document « chapeau commun » relatif aux évaluations environnementales des projets de la Plaine de Cambaie, qui a été réalisé par le GIP Ecocité dans le cadre d'une démarche volontaire et innovante.

Concernant le projet de nouveau pont sur l'Étang de Saint-Paul - RN1A qui se situe dans le prolongement du tronçon créé, il convient que le maître d'ouvrage apporte également la justification du périmètre défini pour l'évaluation environnementale au sens de l'ordonnance relative à l'évaluation environnementale du 03 août 2016. Ce projet présenté à mes services le 09 mai 2022 comprend la suppression du pont actuel, la construction de l'ouvrage d'art entre la RN1A et le tracé de l'ancien chemin de fer et sa jonction au giratoire Sabiani au Sud et à l'échangeur de Savannah au nord pour une mise en service voulue en début d'année 2027.
Dans le cas d'un projet global comportant une phase ultérieure portant sur la réalisation de l'ouvrage d'art de l'Etang Saint Paul, les incidences n'ayant pas pu être identifiées ou évaluées du fait de l'imprécision du projet le seront lors de la seconde phase conformément à l'article L.122-1-1 du code de l'Environnement. Ceci implique une actualisation de l'étude d'impact, une nouvelle saisine de l'autorité environnementale et une participation par voie électronique du public devront être effectuées.

1.2 Scénario de référence et étude des effets cumulés :

L'insertion du projet au sein du secteur en cours d'urbanisation de la plaine chabrier devra être démontrée à travers la définition d'un scénario de référence pertinent intégrant les programmes d'aménagement prévus à moyen et long termes et le recensement exhaustif des projets réalisés sur le secteur pour l'étude des effets cumulés.

La coordination et un partage d'informations entre les différents maîtres d'ouvrage concernés doivent permettre de s'assurer de la pertinence des mesures environnementales envisagées.

1.3 Thématiques spécifiques aux infrastructures de transports :

Vous veillerez à approfondir lors de la phase PRO vos réflexions sur les thématiques spécifiques aux infrastructures de transports mentionnées au III. du R122-5 du code de l'environnement.
Étant donné le caractère urbain de l'axe, les différentes hypothèses de trafic et de conditions de circulation devront être prises sur une temporalité permettant de garantir la qualité environnementale du projet à long terme.
Votre projet étant soumis à déclaration d'utilité publique, je vous recommande de compléter l'analyse des coûts collectifs des pollutions et nuisances et des avantages induits par l'évaluation socio-économique régie par l'article L.1511-2 du code des transports. Cette étude permettra la valorisation de vos démarches environnementales et la sécurisation de la procédure au titre du code de l'expropriation pour cause d'utilité publique (Cf. article 4.8).

Une vigilance particulière est à avoir concernant la perspective d'évolution du PPR multi-risques qui sera notamment liée aux aménagements hydrauliques réalisés au niveau de la ravine Défaud et de la ravine de la Plaine. Il est à noter que même en cas d'évolution du PPR, les dispositions du PPR rappelés ci-dessus seront vraisemblablement toujours applicables.

1.2 Biodiversité

1.2.1 RNN Etang Saint Paul, site classé RAMSAR

L'Étang de Saint-Paul est protégé depuis août 2019 au titre de la convention RAMSAR comme zone humide d'importance internationale. Ce classement RAMSAR ne s'arrête pas aux limites de la Réserve Naturelle et de la zone humide classée de l'étang de Saint-Paul. Il concerne également les ravines qui alimentent l'étang. Ainsi, le lit mineur de la ravine la Plaine est classé, en lien avec son rôle de corridor biologique de déplacement des espèces. Le périmètre projet se trouve donc concerné par ce zonage au droit de la ravine la Plaine. A ce titre, L'évaluation des enjeux et des impacts du projet sur la biodiversité doit s'appuyer sur un recensement précis et exhaustif des espèces colonisant la ravine.

Sur les 200 derniers mètres de cette ravine avant la limite de la Réserve Nationale Naturelle, la ravine est en eau et il existe des sources de résurgence. Sur toute cette zone en eau, on note la présence de nombreux habitats favorables aux oiseaux d'eau (la poule d'eau principalement) même s'ils sont très anthropisés. Toutes les espèces de poissons et de macro-crustacés d'intérêt y sont présents. La caractérisation formelle des peuplements n'a pas encore été effectuée mais compte tenu de la continuité hydraulique pérenne avec l'étang, les espèces en présence doivent être analogues à la section en RNN. La présence de sources résurgentes en amont est un facteur intéressant et accroît probablement la diversité des habitats aquatiques. Il y a au moins un poste à Phragmites mauritianus dans la ravine. Il est donc essentiel que cette opération soit la moins impactante possible sur cette section.

Compte tenu de sa proximité à la ville très peuplée de Saint-Paul, le site est menacé par les activités humaines telles que l'exploitation des ressources naturelles et l'utilisation non durable de l'eau. Un plan de gestion est en vigueur pour préserver ses caractéristiques hydrologiques et écologiques contre ces menaces. La proximité du périmètre d'étude de celui de la Réserve rend l'approche écologique particulièrement sensible, notamment en termes d'échanges habitat/espèces. Dans ce cadre, nous vous invitons à solliciter le gestionnaire de cet espace protégé afin d'assurer des autorisations (article L.332-9 du Code de l'Environnement), des diagnostics requis et de la pertinence des mesures environnementales prévues.

Concernant les continuités écologiques, le projet est concerné localement par le réservoir de biodiversité avéré de la trame terrestre, zonage issu de l'étude préalable d'identification et de cartographie des réseaux écologiques de la DEAL. Le TCO a intégré la majorité de ces réservoirs de biodiversité terrestres dans son SCoT et leur a donné une protection réglementaire. Néanmoins le TCO n'a pas reconnu le réservoir de biodiversité de Cambaie, lequel est intercepté par le projet, car à l'époque de la rédaction du SCoT en 2016, la zone en question avait déjà été largement impactée par l'exploitation des carrières de la plaine Oméga et ne présentait plus l'intérêt de conservation décrit à l'époque des inventaires conduits par la DEAL. Un second réservoir est identifié au nord de l'étang de Saint-Paul. Celui-ci est situé en limite du périmètre du projet, sans être intercepté. Une attention particulière sera portée aux éventuels impacts des emprises de travaux sur celui-ci.

1.2.2 Habitats faune et flore

Des inventaires ont été réalisés par BIOTOPE en été et en hiver austral (2021).

Les habitats naturels relevés sont des savanes relictuelles relativement bien conservées et de la savane secondaire en bon état écologique , des cours d'eau en partie sud avec des espèces caractéristiques de zones humides et plus dégradées en partie nord (asséché une partie de l'année) et des fourrés secondaires d'espèces exotiques. En termes de flore, l'espèce protégée Zornie gibbeuse (Zornia gibbosa span.) a été identifiée dans les savanes et sur certains bords de route.

Concernant l'avifaune, les principales conclusions sont les suivantes deux espèces communes protégées (Oiseau blanc, Tourterelle malgache), deux espèces menacées protégées en alimentation et déplacement (Busard de Maillard, Salangane des Mascareignes) et deux espèces quasi-menacées protégées en milieu aquatique (Héron strié, Gallinule poule d'eau). Un corridor aérien connu et avéré concerne le survol des oiseaux marins.

Les chiroptères identifiés sont « le petit Molosse » dont plusieurs colonies importantes se trouvent à proximité immédiate (Cambaie, Rivière des Galets) et un gîte découvert sous un pont sur la zone d'étude. Les savanes et les cours d'eau présents sont des territoires de chasse et corridors de grande ampleur. L'espèce Taphien de Maurice n'a pas été contactée lors des relevés mais une colonie connue est présente dans la palmeraie de l'étang Saint-Paul connectée à la zone d'étude.
L' espèce protégée commune de reptile « Caméléon panthère » a été identifiée sur le site d'étude.
Concernant l'entomofaune, aucune espèce protégée n'a été relevée mais les savanes riches sont en insectes (papillons, orthoptères notamment) et les zones en eau sont des milieux favorables aux espèces patrimoniales notamment aux libellules.

Une dérogation espèces protégées pourra être demandée et ne pourra être instruite que si les critères définis à l'article suivant sont respectés.

1.2.3 Dérogation pour atteinte aux espèce protégées (Rappel du cadre général)

Conformément à l'article L.411-1 du code de l'environnement relatif aux espèces protégées, sont interdits pour la faune « la destruction, ou l'enlèvement des œufs et des nids, la mutilation, la destruction...la perturbation intentionnelle », pour la flore « la destruction, la coupe, la mutilation, l'arrachage, la cueillette ou l'enlèvement de végétaux de ces espèces » et pour toute espèce protégée, est interdit : « La destruction, l'altération ou la dégradation du milieu particulier à ces espèces animales ou végétales ». La conception du projet doit privilégier la recherche de mesures destinées à éviter, puis réduire les atteintes aux espèces protégées. Si, malgré la mise en œuvre de ces mesures, le projet est susceptible de contrevenir aux interdictions de l'article L.411-1 du code de l'environnement relatif à la protection des espèces animales ou végétales et de leurs habitats, le pétitionnaire devra statuer sur la nécessité de demander une dérogation à ces interdictions et prévoir, le cas échéant, les mesures de compensation nécessaire au maintien dans un bon état de conservation des espèces protégées impactées.

En vue de caractériser l'impact du projet sur les milieux naturels, des analyses et inventaires faune / flore / habitats proportionnés aux enjeux, si possible sur un cycle annuel, devront être réalisés pour les inclure au dossier « loi sur l'eau » à déposer. Si le projet est susceptible d'entrer dans le champ des interdictions relevant de l'article L.411-1 du code de l'environnement, le pétitionnaire devra soit modifier son projet, soit obtenir une dérogation aux mesures de protection des espèces animales non domestiques ou végétales non cultivées et de leurs habitats au titre du 4° de l'article L.411-2 de ce même code, dont l'instruction et le cas échéant la délivrance, seront incluses à la procédure d'autorisation environnementale.
Le recours à la procédure de dérogation « espèces protégées » est tout à fait exceptionnel et limité aux trois conditions strictes cumulatives de raison impérative d'intérêt public majeur, de l'absence de solution alternative et de maintien de l'espèce en état de conservation favorable.

Au regard du troisième point, il convient de prendre en compte les effets cumulés du projet sur les espèces protégées ayant déjà fait l'objet d'une dérogation au titre de l'article L.411-1 du code de l'environnement notamment concernant la « zornie gibbeuse ».

Cette procédure s'appuie sur les avis des conseils scientifiques régionaux (CSRPN) et nationaux (CNPN). Les éventuelles espèces végétales protégées envisagées pour les plantations sur le site devront provenir d'individus domestiques. Il s'agira donc de s'assurer de l'origine non sauvage du ou des pieds utilisés pour les plantations. À défaut, une dérogation « espèces protégées » est à demander.

1.2.4 Défrichement :

Le défrichement est une opération entraînant directement ou indirectement : la destruction de l'état boisé d'un terrain et mettant fin à sa destination forestière. À La Réunion, tout défrichement est par principe interdit. Pour pouvoir défricher, le pétitionnaire doit obtenir une dérogation à l'interdiction générale de défricher. (article du L.374-1 code forestier).

Un état boisé est caractérisé par la présence d'une végétation ligneuse, en particulier par des arbres (ligneux de plus de 5 m) ou des arbustes (entre 1 et 5 m de hauteur). Le couvert de ces arbres et arbustes doit dépasser 10 % de la surface totale de la zone étudiée. Cette estimation se fait selon projection au sol totale des houppiers.

C'est au pétitionnaire de vérifier que la végétation existante correspondant ou pas à la définition d'un état boisé. Le cas échéant, le pétitionnaire devra se rapprocher de l'ONF. Le formulaire nécessaire pour déposer une demande de dérogation à l'interdiction générale de défricher est à solliciter auprès l'ONF.

1.3 Préservation de la qualité des eaux

1.3.1 Compatibilité aux documents de planification

Le Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux OUEST (SAGE OUEST) indique que la canalisation des eaux et les rejets directs aux milieux génèrent des volumes d'eau douce localisés ayant des impacts significatifs sur le lagon et la qualité des récifs. Outre les polluants présents dans les eaux pluviales (hydrocarbures, métaux lourds, ...), les évènements pluviaux engendrent un apport terrigène vers les eaux côtières qui se traduit par le développement de panaches turbides à l'embouchure des ravines et aux exutoires de réseaux d'eaux pluviales. En outre, les pollutions diffuses d'origine urbaine comme agricole sont également drainées par les bassins versants.Le SAGE identifie les masses d'eau les plus sensibles à ces problématiques dont fait partie la masse d'eau littorale FRLC107 ainsi que le plan d'eau de « l'Étang de Saint-Paul ».

Ainsi, le porteur de projet doit limiter les effets d'imperméabilisation des sols et privilégier le recours à l'infiltration. Le cas échéant, il s'attache à justifier l'impossibilité d'infiltrer. Dans tous les cas, il s'assure alors du dimensionnement des dispositifs de collecte et de régulation des eaux pluviales permettant la non dégradation de la situation initiale sur les plans quantitatifs et qualitatifs dans le cadre de la procédure administrative de déclaration et d'autorisation relevant de la rubrique 2.1.5.0 de la nomenclature « EAU ». Les documents d'incidences veillent à prendre en compte l'ensemble des effets cumulatifs liés aux autres projets. La superficie à prendre en compte pour la détermination du seuil fixé par cette rubrique est celle correspondant à l'aire de ruissellement dont les eaux sont collectées et canalisées par les ouvrages Les schémas directeurs de gestion des eaux pluviales réalisés par les communes déterminent les effets cumulatifs des nouvelles zones d'urbanisation et à urbaniser vis-à-vis de leur PLU.
Ainsi, tout projet soumis à déclaration ou autorisation au titre de l'imperméabilisation ne mettant pas en œuvre cette solution d'infiltration devra le justifier dans le cadre de l'étude d'incidence ou le cas échéant l'étude d'impact. Cette justification s'appuiera notamment sur des études de sol dédiées ou en s'appuyant, le cas échéant, sur les zonages assainissement pluviaux.

1.3.2 Gestion des eaux pluviales

Les eaux pluviales sont collectées par un système d'assainissement aérien, constitué de noues paysagères et rejetées dans la ravine la Plaine. Compte tenu de la perméabilité supposée importante des sols dans le secteur, ce système apparaît conforme au SAGE Ouest qui privilégie l'infiltration (une étude de sol devra être jointe au dossier pour confirmer cette perméabilité).
Cependant, le prolongement de l'axe mixte va engendrer une circulation importante dans le secteur, ce dernier pouvant servir d'itinéraire de déviation en cas de problème sur la RN1. La pollution routière inhérente à ce trafic doit pouvoir être traitée dans le cadre de la gestion des eaux pluviales, avant infiltration. Le dossier d'autorisation devra détailler la solution technique retenue démontrant son efficacité, les procédures de récupération et de traitement des matières polluantes.

Par ailleurs, ce secteur devant devenir une zone industrielle et un écoquartier, il y a lieu de prendre l'occurrence de 30 ans pour tous les calculs de débits en eaux pluviales.

1.3.3 Volet domanial (DPF)

La ravine la plaine faisant partie du domaine public fluvial, toute intervention dans le lit devra être autorisée. Une demande d'Autorisation d'Occupation Temporaire (AOT) est à déposée à la Deal avant tous travaux.

1.4 Enjeux sanitaires

1.4.1 Intégration et compatibilité avec le projet global d'urbanisation Eco-cité

Les axes de déplacement sont des éléments structurants et indispensables à l'aménagement d'un territoire par et pour les populations humaines ainsi qu'a l'urbanisation. Mais, compte tenu notamment des caractéristiques actuelles majoritaires des véhicules de transports (moteur à combustion essence/gasoil), les axes de déplacement sont des sources importantes d'émission de polluants dans l'air et de bruit dangereux pour la santé. L'exposition des personnes aux polluants de l'air et au bruit, maximale sur l'axe de déplacement à l'extérieur comme à l'intérieur des véhicules, peut aussi être très significative à proximité immédiate, à l'extérieur comme à l'intérieur des bâtiments (habitation, bâtiments professionnels...). Elle diminue toutefois le plus souvent rapidement avec la distance à l'axe.
Les risques sanitaires liés au transport et au déplacement a La Réunion sont présentés en annexes 2 et 3.
Les enjeux d'ordre sanitaire soulevés dans le cadre des projets de la ZAC Cambaie Oméga et de l'espace économique Henri Cornu sont susceptibles de concerner aussi plus ou moins directement ce projet «axe mixte ». A cet effet, Je vous invite à solliciter du TCO l'avis de l'ARS de la Réunion du 24 juin 2021 relative au projet de ZAC Cambaie-Oméga.
En particulier, le projet de ZAC Cambaie-Oméga est actuellement structuré autour de ce projet de prolongement de la RN7 qui supportera un trafic présumé dense et prévoit des logements immédiatement le long de cet axe, avec des conséquences possibles sur la santé des occupants.
Dans le cadre du projet global d'Eco-cité, l'aménagement autour de cet axe de déplacement doit donc tenir compte des facteurs de risques sanitaires qui lui sont associés et s'adapter pour limiter l'impact sanitaire (éloignement des habitations, etc.). De la même manière, les caractéristiques de cet axe de déplacement doivent tenir compte des aménagements futurs à sa proximité pour protéger la population (protection phonique, etc.).

1.4.2 Facteurs de risques sanitaires

a) Air

Le projet mérite de faire l'objet d'une étude d'impact des émissions dans l'air sur la santé des populations futures riveraines conformément aux dispositions nationales relatives aux projets soumis à évaluation environnementale (projet «axe mixte » soumis à examen au cas par cas de l'opportunité de mener une évaluation environnementale).
La note de cadrage n'aborde pas ce sujet. Des mesures d'évitement ou de réduction des impacts sont à examiner le cas échéant.

b) Bruit routier

Réglementation :
Il existe deux volets concernant la réglementation en vigueur.
La première concerne des dispositions qui s'appliquent aux gestionnaires de voirie dans le cadre de la réalisation d'infrastructures nouvelles vis-à-vis des habitations existantes ; En effet l'article R.571-44 du code de l'environnement dispose que :
« La conception, l'étude et la réalisation d'une infrastructure de transports terrestres nouvelles sont accompagnées de mesures destinées à éviter que le fonctionnement de l'infrastructure ne crée des nuisances sonores excessives. Le maître d'ouvrage de travaux de construction, est tenu, sous réserve des situations prévues à l'article R. 571-51, de prendre les dispositions nécessaires pour que les nuisances sonores affectant les populations

voisines de cette infrastructure soient limitées,..., à des niveaux compatibles avec le mode d'occupation ou d'utilisation normal des bâtiments riverains ou des espaces traversés. » Les niveaux sonores précités sont inscrits dans l'arrêté du 5 mai 1995 relatif au bruit des infrastructures routières. Ces dispositions s'appliquent aux transports guidés, notamment aux infrastructures ferroviaires.

Le second volet concerne les dispositions s'appliquant aux constructions s'implantant autour des axes existants ayant été classés par arrêté préfectoral au regard du trafic supporté et des niveaux de bruit émis. En effet, conformément aux dispositions de la loi « bruit » n° 92-144 du 31 décembre 1992 (codifiée aux articles L.571-1 à L.571-26 du code de l'environnement), «dans chaque département, le préfet recense et classe les infrastructures de transports terrestres en fonction de leurs caractéristiques sonores. Sur la base de ce classement, il détermine, après consultation des communes, les secteurs situés au voisinage de ces infrastructures qui sont affectés par le bruit, les niveaux de nuisances sonores à prendre en compte pour la construction de bâtiment et les prescriptions techniques de nature à les réduire...».

Sont ainsi classés :
- Toutes les routes dès lors que le trafic moyen journalier (TMJA) est supérieur à 5000 véhicules par jour
- Toutes les voies ferrées dès lors que le nombre de trains est supérieur à 50 par jour en interurbain et 100 par jour en urbain.
-Toutes les voies de transport en site propre (bus, tramway) dès que le nombre d'unités est supérieur à 100 par jour.
-Les projets d'infrastructures dès lors qu'ils ont une existence administrative (emplacement réservé, projet d'intérêt général, déclaration d'utilité publique...).
;
En matière d'urbanisme, ce classement a vocation à assurer une information systématique des futurs aménageurs et constructeurs quant à la potentialité de gêne due aux transports terrestres grâce à son report dans les Plans Locaux d'Urbanisme (PLU) et à l'information des pétitionnaires dès le stade du certificat d'urbanisme. Lorsqu'une construction dite «sensible» (habitation, enseignement, santé, hôtels et établissements d'hébergement à caractère touristique) est prévue dans un secteur affecté par le bruit reporté au PLU, le constructeur doit respecter un niveau d'isolement acoustique de façade apte à assurer un confort d'occupation des locaux suffisant (art R.114-1 et R.111-23-2 du Code de la Construction et de l'Habitation). Il en découle principalement pour obligations pour les communes (art. L.571-10 du CE) d'annexer au PLU l'intégralité de l'arrêté de classement sonore en vigueur et de reporter graphiquement dans le PLU les « secteurs » affectés par le bruit.

Parmi les voiries répertoriées au titre du classement sonore par arrêté N°2014-3756/SG/DRCTCV du 16 juin 2014 en pièce jointe, sur la commune de Saint-Paul, figurent les axes suivants dans le secteur du projet :
• la N1, classée en catégorie 1,
• la N7, classée en catégorie 2,
• la RD4, classée en catégories 3,

Recommandations :
L'évaluation des impacts sonores devra être établie sur la base des études de trafic à long terme intégrant les perspectives d'évolution vers un transport guidé, les différents scénaris notamment en cas de report de trafic de la RN1 (accident, congestion). À cet égard, dans le cadre d'une approche globale cohérente nécessaire avec la ZAC « Cambaie - Oméga », il conviendra d'intégrer également les données de l'étude acoustique d'Artélia d'octobre 2020 (cf. dossier de ZAC au stade « création ») et une éventuelle configuration à 2X2 voies à long terme.
Au regard du caractère urbain de l'axe, les mesures collectives de réduction de la propagation du bruit ne semblent pas pertinentes. Les mesures individuelles de traitement acoustique en façade doivent être en cohérence avec les exigences en matière de qualité de l'air intérieur retranscrites par la réglementation thermique, acoustique et aération dans les départements d'outre-mer et la démarche écoquartier entreprise par le TCO dans le cadre de la ZAC Cambaie-Oméga . Ainsi, l'évitement des impacts sonores par l'éloignement des locaux sensibles des projets de construction à venir et la réduction du bruit à la source doit être prioritairement mis en œuvre. La coordination avec les porteurs de projets sur ce point en phase de conception est indispensable à cette vision globale des aménagements.

c) *Eau destinée à la consommation humaine*

Le projet de ZAC se situe sur une très petite partie du Périmètre de Protection Rapprochée (PPR) du forage Oméga d'eau destinée à la consommation humaine. L'eau de ce forage n'est plus utilisée pour la consommation humaine depuis la découverte en 2008 d'une contamination persistante aux pesticides (Désethyl atrazine, méta-

bolite de la matière active Atrazine). Il n'est pas exclu une réutilisation de l'eau après traitement de potabilisation. Dans ce cas, la compatibilité du projet avec la protection de la ressource en eau devra être examinée (phases travaux et exploitation). Un positionnement du TCO à ce sujet est nécessaire.

d) *Transport et mobilité douces et actives*

Une évaluation de l'incidence de ce projet sur le trafic routier et les conditions de circulation apparaît nécessaire en lien avec l'aménagement futur de l'Eco-cité et les besoins croissants associés en déplacement. De plus, l'avant-projet prévoit des pistes cyclables et piétonnes le long des voies réservées aux véhicules légers et aux bus, dans un environnement bruyant et à l'air pollué. Il est beaucoup plus favorable à la santé (air, bruit, sécurité, chaleur, cadre de vie) de créer, autant que possible en fonction de l'espace disponible, un réseau de pistes cyclables et piétonnes distinctes et éloignées des routes, ombragées par des allées d'arbres. Un environnement plus favorable à leur utilisation facilite également l'appropriation des mobilités douces et actives qui contribuent à réduire l'engorgement routier en ville ainsi que l' émission de polluants dans l'air et le bruit.
À défaut, il apparaît nécessaire de prescrire des aménagements de protection sanitaire des cyclistes et piétons qui jouxtent une route tels que murs, écrans, arbres et végétaux, etc. (aménagements cumulatifs). Les arbres ont également l'avantage de créer un ombrage naturel favorable à limiter la chaleur et permettre un usage adéquat, en particulier en milieu tropical.

e) *Sites et sols pollués*

Compte tenu des activités antérieures du secteur, le projet prend en compte de manière satisfaisante le diagnostic de la qualité des sols et la sécurisation éventuelle avant travaux.

f) *Nature et espaces verts*

De nombreuses études scientifiques s'accordent sur les bénéfices multiples sur la santé des espaces verts et de la «nature » en ville. Les associations les plus significatives portent sur une diminution de la fréquence cardiaque, du risque de diabète de type II et de la mortalité toute cause. Même si certains résultats restent mitigés et certaines études jugées de moindre qualité, les preuves des bénéfices physiques, psychologiques, sociaux, économiques et environnementaux sont relativement bien établies. Le végétal joue un rôle majeur pour une urbanisation plus favorable à la santé (cadre de vie, ombrage, îlot de fraîcheur, bien-être social, climat, etc.).
Une végétalisation abondante de l'axe mixte est à privilégier, sous réserve d'eau en quantité suffisante et d'essences non allergisantes.

g) *Risques vectoriels*

Toutes les mesures doivent être prises pour ne pas créer de gîtes larvaires favorables à la prolifération des moustiques (particuliers, entreprises, collectivités territoriales, etc.) conformément à l'article 121 du RSD et aux arrêtés préfectoraux spécifiques à la lutte anti-vectorielle.
Cette thématique doit être intégrée aux réflexions concernant la préservation des zones humides et la conception des ouvrages dans le cadre de la gestion des eaux pluviales et du traitement des pollutions accidentelles.

h) *Prévention des îlots de chaleur urbains*

Un îlot de chaleur urbain est un secteur urbanisé où les températures sont plus élevées que dans les secteurs environnants. Il est le résultat des choix d'aménagement des milieux de vie, notamment la minéralisation des surfaces. Ces îlots de chaleur entraînent de nombreuses conséquences néfastes, entre autres sur la santé. La chaleur accablante peut créer certains malaises et exacerber des maladies chroniques préexistantes. Le projet «Axe Mixte» mérite de prendre en compte cette problématique (matériaux, végétalisation, etc.).

i) *Prévention de la pollution lumineuse*

L'excès de lumière pendant la période nocturne peut engendrer des dérèglements chrono biologiques à l'origine d'effets sur la santé (sommeil, mémoire, attention, stress, régulation hormonale, etc.). Des situations particulières d'habitat exposé à une forte lumière pendant la nuit peuvent avoir lieu en milieu urbain (lampadaire, enseigne publicitaire, etc.).

La prévention des nuisances lumineuses fait l'objet d'une réglementation spécifique. Ainsi, la prévention de la pollution lumineuse est un enjeu prendre en compte dans le cadre de ce projet (Éclairages publics, Éclairage des entreprises, enseignes publicitaires le long de l'axe....), d'autant qu'elle participe à l'économie d'énergie.

1.5 Paysages

En octobre 2021, le paysagiste conseil d'État, Mr Sylvain Flipo, a rendu un avis sur l'AVP V1 du projet de prolongement et réaménagement de l'axe mixte de Saint-Paul qui a fait l'objet d'une réponse de La Région et la maîtrise d'œuvre. Les recommandations ci-dessous sont émises :

La question de l'identification d'un gestionnaire des espaces plantés à long terme reste à explorer. Si les entreprises de travaux, sous l'égide de la maîtrise d'œuvre, pourront éventuellement prendre en charge l'entretien pour 2, 3 ou 4 ans dans le cadre de leurs marchés de travaux, il est nécessaire d'organiser l'entretien « innovant et pérenne » en fonction des engagements de la maîtrise d'ouvrage responsable des espaces plantés.

Concernant la palette végétale, une attention doit toujours être portée à l'ombrage que les végétaux choisis apporteront au boulevard, pour proposer un confort thermique maximum aux usagers. Les recommandations du paysagiste conseil restent d'actualité. Des possibilités de planter des gros sujets déjà développés doivent être explorées : « L'idée de planter des sujets arborés de taille acceptable sur le TPC reste à explorer auprès de la filière des pépinières locales et des entreprises. Il est envisageable via le contrat de culture de disposer de sujets de taille minimale, menés en pépinière par des tailles adaptées, puis plantés au moment venu et le plus pertinent (même après la livraison de la voirie). »

Concernant la relation avec les espaces publics de la ZAC Cambaie, les rendus graphiques ne permettent pas de bien comprendre l'insertion du projet dans son environnement. Il est représenté uniquement les bretelles venant ramifier l'axe principal, sans bien illustrer l'agencement d'ensemble. Des rendus intégrant les futurs espaces permettraient de mieux comprendre les relations entre l'axe mixte et l'écocité. « Le projet est tenu dans un cadre restrictif, limité aux seuls travaux prévus. Pourtant les interfaces avec les futurs projets sont nombreuses et doivent être esquissées (sur la base du plan guide) pour vérifier la cohérence de cet espace public avec les autres espaces publics et construits ».
Le recalibrage de la ravine la Plaine est un point méritant une attention soutenue. Ces travaux vont profondément impacter l'équilibre écologique de la ravine. Une réflexion poussée concernant la restauration écologique et la gestion de la ravine doit être menée. Bien que les choix esquissés p.83 de l'AVP vont dans le bon sens, ils ne vont pas assez loin dans le cadrage de ce chantier qui mérite d'être approfondi. « La ravine étant recalibrée, l'objectif d'aménagement est de retrouver un milieu propice au développement des essences pionnières et adaptées à ce type de milieu. Le projet propose dans un premier temps une intervention légère : semis de prairie sur le fond de ravine, plantation de jeunes plants forestiers sur les berges et de quelques sujets isolés de plus grande envergure. Puis dans le cadre de la gestion et de l'entretien de cet espace, des interventions ponctuelles (boutu-rages, semis et plantations d'essences endémiques et/ou adaptées au milieu humide) pourront être envisagées.»

Concernant le choix des profils et matériaux, une réflexion doit toujours être menée pour choisir les matériaux les plus adéquats dans un but de confort d'utilisation, de lisibilité des espaces, de gestion des eaux pluviales, de minimisation de l'albédo. Proposés dans le dossier en enrobé noir ou grenaillé à plus de 60%, les matériaux des sols des déplacements doux devraient être des matériaux clairs n'absorbant pas la chaleur et confortables. Les bétons clairs coulés ou préfabriqués sont à privilégier.

1.6 Procédures au titre des Installations Classées Pour l'Environnement :

Concernant la rubrique 2510 relative à l'exploitation de carrière ou autre extraction de matériaux, vous analysez le projet d'aménagement de l'Axe Mixte comme faisant partie des exemptions décrites à la rubrique 2510.3 « affouillements réalisés sur l'emprise des voies de circulation », le projet dans sa globalité visant effectivement la réalisation de voies de circulation.

Sur le sujet déchets, vous nous faites part de l'analyse suivante que la DEAL partage. « Les études géotechniques de niveau G2 PRO devront statuer sur la possibilité d'une entière réutilisation des déblais sur le site en projet. En cas de non réutilisation de déblais sur le site, il s'agirait de déchets au sens de la réglementation. Le projet dans le cadre de l'évaluation environnementale une analyse de la qualité des sols. En fonction des résultats et si les déblais devaient être exportés, ils seront collectés dans la filière réglementée. »

1.7 Protection du périmètre des abords du monument historique

Le projet se situant dans le périmètre de protection des abords du domaine de la Poncetière, monument historique inscrit, l'autorisation préalable de l'architecte des bâtiments de France sera portée par la procédure de demande d'autorisation environnementale.

1.8 Mobilités

Le TCO a approuvé son « Plan de déplacement urbain » le 07 avril 2017. Le projet de « prolongement de l'axe mixte » de Cambaie à Savannah est bien recensé au titre des « Évolutions du réseau routier à venir » dans le diagnostic du PDU. Toutefois, ce document de planification opposable aux PLU des communes du TCO n'est pas évoqué dans le dossier.

Les démarches d'élaboration des projets de transport sont guidées par trois impératifs. Il doit à la fois répondre au mieux aux besoins de mobilité des populations, tenir compte des enjeux de la transition écologique et solidaire et des contraintes budgétaires pesant sur les finances publiques. A ce titre, l'évaluation socio-économique est une obligation légale, sous certaines conditions. D'une part, les articles R.1511-1 et R.1511-2 du Code des transports définissent les « grands projets d'infrastructures » d'un coût (HT) supérieur à 83 085 k€, ainsi que les projets de transports guidés ou ferrés ou encore les nouvelles routes de plus de quinze kilomètres dont l'évaluation socio économique est obligatoire. D'autre part, au-delà du code des transports, un contrôle peut s'opérer par le Secrétariat général pour l'investissement (SGPI) selon la participation de l'État au financement des projets. Cette obligation a été renforcée par la loi n° 2012-1558 du 31 décembre 2012, dont les modalités d'application de l'article 17 ont été précisées par le décret n° 2013-1211 du 23 décembre 2013.

Bien que le projet d'axe mixte de Cambaie ne réponde pas aux critères de soumission précités, l'absence de réalisation d'une évaluation socio-économique du projet de prolongement de l'axe mixte est susceptible de remettre en cause la justification du projet sur le fond et risque d'affecter fortement les conditions d'un montage financier. Bien que le coût du projet soit estimé à hypothèse haute de 53M€, un risque juridique fondé sur la justification des choix effectués existe. En effet, la jurisprudence fait état d'annulations de déclaration d'utilité publique justifiées par l'insuffisance ou l'inadéquation de l'évaluation socio-économique. La maîtrise d'ouvrage doit prendre en considération ses éléments.

Au regard de l'impératif de répondre aux besoins de mobilité de la population, les études de trafic détaillées devront être jointes au dossier.

1.8.1 Mobilités douces :

Les principes d'aménagement des pistes cyclables envisagées répondent aux exigences de capacité et de confort. Cependant, les recommandations du CEREMA suivantes doivent être mises en œuvre afin d'éviter une zone accidentogène.

- Les giratoires doivent comporter un itinéraire continu et sécurisé pour le vélo.

- Des carrefours à stop et à feux doivent pouvoir permettre une traversée sécurisée des piétons et vélos en évitant l'empiétement des véhicules sur la piste et/ou la traversée piétonne

– Concernant les séparations des chaussées, une attention particulière doit être portée sur la qualité de la bordure basse et à la bonne visibilité des cyclistes au regard de la végétation et des équipements publics. Un choix d'essences végétales respectant ces critères devra être justifié dans les dossiers.

– Au niveau des intersections, les traversées doivent être unidirectionnelles.

Par ailleurs, il convient de prévoir dans les aménagements la « neutralisation des places de stationnements motorisées sur les 5 mètres en amont des passages pour piétons» requise par l'article L.118-5-1 de la voirie routière.

1.8.2 Verdissement de la flotte dans le cadre du renouvellement du parc

Il convient de s'assurer de compatibilité de l'infrastructure aux obligations réglementaires de renouvellement du parc d'autobus et d'autocars (cf. décret n° 2021-1492 du 17 novembre 2021 relatif aux critères définissant les autobus et les autocars à faibles émissions) auprès des AOM et leurs délégataires.

Annexes 2 et 3 :
Les facteurs de risque pour la santé liés au transport et au déplacement à la Réunion
Impacts sur la santé de la pollution atmosphérique générée par le trafic routier

2 rue Juliette Dodu – CS 41009
97743 Saint-Denis cedex 9
Standard : 02 62 40 26 26
www.reunion.developpement-durable.gouv.fr

ANNEXE 1

Les facteurs de risque pour la santé liés au transport et au déplacement à la Réunion

La qualité de l'air

La qualité de l'air constitue l'un des principaux déterminants de santé d'origine environnementale. En France, selon Santé publique France (SpF), **les estimations de l'impact des déterminants de santé** placeraient la pollution atmosphérique comme 3ème cause de décès, légèrement moins importante que la consommation de tabac (1ère **cause) et d'alcool** (2ème cause)[5]. **C'est la première cause de décès lié à l'environnement.**

Les pics de pollution pèsent beaucoup moins sur la santé que l'exposition chronique : c'est l'exposition à la pollution, quotidienne et dans la durée, qui induit l'impact le plus important sur la santé, les pics de pollution ayant un effet marginal. De plus, plusieurs études épidémiologiques[6] **qui ont analysé l'impact sanitaire d'une diminution des niveaux de pollution confirment que les bénéfices sanitaires sont bien réels quand la qualité de l'air s'améliore**, notamment à proximité des routes. **Pour autant, d'un point de vue épidémiologique, il n'a pas été mis en évidence de seuil sanitaire de la pollution de l'air en dessous duquel il n'y a pas d'effet sur la santé.**

Comme le confirme l'Agence Européenne de l'Environnement (AEE), le transport routier avec des **véhicules à moteur thermique constitue l'une des principales sources de pollution atmosphérique en** Europe[7]. **Il est à l'origine de l'émission de nombreux polluants de l'air**[8]. **La pollution de l'air provenant** des véhicules à moteur thermique est également responsable de fortes expositions individuelles (dans le véhicule pour le conducteur[9 10 11 12], **dans la rue pour le piéton et dans l'habitat et les bureaux pour les lieux de vie urbains). D'ailleurs, 70 % des français déclarent que la source principale de pollution de l'air** près de chez eux est due en premier lieu par la circulation routière[13].

Les préoccupations sanitaires[14 15 16 17] **portent aujourd'hui notamment sur les particules les plus fines** émises par la combustion du diesel (PM2,5, 1 et inférieures) car elles pénètrent profondément dans les poumons, entrent dans la circulation sanguine et peuvent avoir des effets systémiques (cancer, maladie cardiovasculaires et respiratoires, diabète). Le CIRC a classé en 2012 les particules fines de diesel en « cancérigène certain » et les effluents d'échappement des moteurs à essence comme « cancérigène possible ».

En France[18], Santé Publique France (SPF) indiquait en 2016 que le poids de la mortalité liée à la pollution **particulaire de l'air** était estimée à 48 000 décès prématurés par an dus aux PM2,5 (poussières fines inférieures à 2,5 Microns) sur la période 2007-2008. Sur la période 2016-2019[19], SpF a estimé 40 000 décès **par an et près de 8 mois d'espérance de vie perdus en lien avec l'**exposition aux particules fines, dont celles provenant des transports. Selon SpF, la mortalité attribuable à **la pollution de l'air par les seules** particules fines représentait 9,6 % de la mortalité totale en 2008 et 7 % en 2019.

---

[5] La prévention de la mortalité attribuable à la pollution atmosphérique : pourquoi agir maintenant? – SpF - 2016
[6] **Etudes d'interventions sur la qualité de l'air** : quels effets sur la santé ? Revue de la littérature 1987 / 2015 – SPF – 2016
[7] Air quality in Europe / 2018 report – AEE – 2018
[8] **Avis de l'Anses du 12 juillet 2012 relatif à la sélection des polluants à prendre en compte dans les évaluations des risques** sanitaires **réalisées dans le cadre des études d'impact des infrastructures routières** – ANSES - 2012
[9] Exposition des automobilistes Franciliens à la pollution atmosphérique liée au trafic routier : trajet Domicile-Travail - Air parif – 2009
[10] **Avis relatif à la qualité de l'air dans les modes de transport** – CSHPF – 2006
[11] **Évaluation de l'exposition aux polluants atmosphériques des conducteurs de véhicules automobiles par la mise en œuvre de mesures dynamiques dans l'habitacle du véhicule** – Inserm – 2008
[12] Caractérisation et Analyse des Polluants issus du transport automobile et de leur Infiltration dans les Habitacles Véhicules (CAPTIHV) – estaca, Airparif, Coria - 2019
[13] **Les français et l'environnement en 2020** – ADEME - 2020
[14] Particules fines, dont diesel, et risques de cancer – INCa 2016
[15] Impacts sanitaires et coût des émissions de diesel en Europe – Cedelf 2018
[16] **Particules de l'air ambiant extérieur** – ANSES - 2019
[17] Note d'appui scientifique et technique relative aux émissions des véhicules routiers diesel en France considérant la monographie **n°105 du CIRC sur la cancérogénicité des émissions d'échappement** – ANSES - 2017
[18] EQIS pollution atmosphérique en France en 2016 – SPF
[19] Impact de la pollution de l'air ambiant sur la mortalité en France métropolitaine. Réduction en lien avec le confinement du printemps 2020 et nouvelles données sur le poids total pour la période 2016-2019 – SPF - 2021

Pendant le 1er confinement national du printemps 2020 du à l'épidémie de Covid19 qui a duré un peu moins de 2 mois, SpF estime que 2 300 décès ont été évités en lien avec une diminution de l'exposition aux particules fines et 1 200 décès évités en lien avec une diminution de l'exposition au dioxyde d'azote (NO_2), liée principalement au trafic routier.

Selon des études de caractérisation des expositions locales[20], les polluants du trafic automobile seraient plus nocifs que les polluants émis par des centrales thermiques de production électrique. Plusieurs études épidémiologiques indiquent un lien de causalité entre la pollution émise par les véhicules et l'exacerbation et/ou l'apparition de l'asthme ainsi que la survenue d'autres pathologies respiratoires, de maladies cardiovasculaires, de leucémie infantile et un accroissement de la mortalité en général[21] [22] [23]. En 2011, le projet APHEKOM[24] porté par l'Institut de Veille Sanitaire (InVS) a notamment conclu qu'habiter à proximité du trafic routier augmente sensiblement la morbidité attribuable à la pollution atmosphérique.

Selon l'Agence de l'Environnement et de la Maitrise de l'Energie (ADEME)[25], les particules primaires issues des transports routiers sont principalement émises par les moteurs Diesel non équipés de filtre à particules. Les émissions de particules primaires des véhicules diesel sont majoritairement le fait des véhicules particuliers et principalement des véhicules les plus anciens non équipés des dernières technologies (en 2015, 91% des particules fines de moins 2,5 micromètres (PM2,5) du transport routier sont le fait des véhicules sans filtres à particules). Les filtres à particules permettent d'éliminer au moins 95 % en masse et 99,7 % en nombre des particules de plus de 23 nm (0,023 micromètres donc 100 fois plus petites que le seuil des PM2.5) émises par les moteurs Diesel. Les pots catalytiques ont permis, dès les années 90, de réduire sensiblement d'une part, les émissions de monoxyde de carbone (CO), d'hydrocarbures imbrûlés (HC) et de NOx pour les véhicules essence et d'autre part, les émissions de CO et HC pour les véhicules Diesel.

Par ailleurs, depuis de nombreuses années, de nombreuses villes ont mené des évaluations quantitatives de l'impact sanitaire (EQIS) lié à la pollution atmosphérique dont la majeure partie attribue au transport routier une part prépondérante dans la contamination de l'air ambiant et dans l'exposition des individus aux substances toxiques[26] [27].
L'expérimentation des Zones à Faibles Emissions (limitation de la circulation de certains véhicules selon des modalités variables) à Paris a fait l'objet en 2018 d'une évaluation quantitative des risques sanitaires prospective menée par SPF qui conclut que la mise en place de ZFE produirait des bénéfices sanitaires en matière de décès et de pathologies chroniques[28].

A La Réunion, l'exposition à la pollution de l'air lié aux transports peut être accentuée par la transformation massive des moteurs des véhicules (enlèvement du filtre à particules des véhicules diesel, déconnexion du recyclage des gaz imbrulés, reprogrammation de l'alimentation en carburants du moteur et changement du pot catalytique d'origine par un pot d'échappement libre) et un usage inapproprié des véhicules (maintien du véhicule à l'arrêt avec le moteur allumé pendant une longue durée, accélération injustifiée à l'arrêt...), cumulés à des engorgements du trafic routier augmentant les temps de transport ainsi qu'à une prise de conscience de la dangerosité des gaz et particules d'échappement des véhicules largement insuffisante.

Pendant le confinement national du à l'épidémie de COVID19 du 17 mars au 11 mai 2020, Atmo Réunion a relevé une baisse jusqu'à 86 % de la concentration en dioxyde d'azote (NO_2) à proximité de certains

---

[20] Epidémiologie et pollution atmosphérique urbaine : l'observation au service de l'action - SPF – BEH n°1-2 – 2013
[21] Impacts sanitaires de la pollution atmosphérique urbaine et des expositions à proximité du trafic routier dans l'agglomération parisienne – ORS IdF – 2012
[22] Les effets de la pollution de l'air lié au transport sur la santé – OMS – 2005
[23] Impact à court terme du dioxyde d'azote (NO_2) sur la mortalité dans 18 agglomérations françaises, 2010-2014 – SpF- 2019
[24] Résultats du projet Aphekom - Institut de veille sanitaire – 2012
[25] Emissions de particules et de NOx par les véhicules routiers – ADEME - 2018
[26] 55 villes ont mené une évaluation quantitative de l'impact sanitaire (EQIS) de la pollution atmosphérique en France - SPF – 2005 à 2015 (voir RESE)
[27] Evaluation quantitative d'impact sanitaire (EQIS) de la pollution atmosphérique urbaine en France : bilan des études locales et retours des parties prenantes – SPF – 2016
[28] Bénéfices sanitaires attendus d'une zone à faible émissions, évaluation quantitative d'impact sanitaire prospective pour l'agglomération parisienne – SPF / ORS Idf / Airparif – 2018

axes routiers[29].

Le bruit

Le bruit des zones urbaines dégrade de manière considérable la qualité de vie et nuit à la santé notamment par ses effets extra-auditifs (trouble du sommeil, stress, concentration, trouble de l'apprentissage, pathologies cardio-vasculaires). Selon une enquête menée par l'Institut Français d'Opinion Publique (IFOP) en 2016, 9 français sur 10 considèrent que le bruit représente un enjeu de société. 50 % des français se sentent particulièrement agressés par le bruit lié aux transports.

A La Réunion, conformément à la réglementation en vigueur, le classement sonore des infrastructures routières, des cartes de bruit stratégiques et un plan de prévention du bruit dans l'environnement ont été réalisés.

La sécurité routière

Entre 2010 et 2017, le nombre de personnes tuées sur la route a augmenté de 12 % à La Réunion alors qu'il a diminué de -14% sur la même période en métropole et de -30% dans tous les autres départements d'Outre-Mer (sauf Mayotte) et collectivités d'Outre-Mer.

Le cadre de vie

Les infrastructures de transport (route, échangeur, pont, parking, etc.) et le trafic routier peuvent être à l'origine d'une forte dégradation du cadre de vie et de la qualité de vie des riverains (embouteillage, paysage, bruit, air, etc.).

La Réunion connait de grandes difficultés de déplacements par la route à l'origine de temps important passé dans le trafic routier. La circulation routière fait l'objet d'embouteillages réguliers et prolongés. Plusieurs facteurs expliquent cette situation : espace de vie réduit et concentré sur la frange littorale, boom de la démographie et de la consommation, trajets domicile/travail importants compte tenu de la discordance entre le lieu de travail majoritairement centralisé et le lieu de résidence périphérique ou lointain, insuffisance des transports en commun et de certains équipements de transport.

Par ailleurs, les modes de déplacement utilisant l'activité physique (mode actif) tels que le vélo et la marche génèrent des bénéfices de santé (diminution du risque cardiovasculaire, évacuation du stress, etc.), à condition toutefois de ne pas respirer un air excessivement pollué pendant la pratique (infrastructures pour la mobilité active distinctes et éloignées des axes routiers).

La ressource en eau destinée à la consommation humaine

Les voies de circulation situées à proximité des captages d'eau destinée à la consommation humaine peuvent constituer un risque de pollution de l'eau, en cas d'accident (déversement de produit toxique, etc.) ou de manière chronique (eaux de ruissellement, etc.).

[29] Rapport d'activité 2020 - Atmo-Réunion

ANNEXE 2

Guide méthodologique sur le volet « air et santé » des études d'impact routières (2019)

Note technique du 22 février 2019 relative à la prise en compte des effets sur la santé de la pollution de l'air dans les études d'impact des infrastructures routières

METES / MSS / CEREMA

Extrait page 6

Impact sur la santé de la pollution atmosphérique générée par le trafic routier

*« **Depuis une vingtaine d'année, de nombreuses études épidémiologiques à travers le monde ont montré** que **l'exposition de la population aux polluants de l'air ambiant était associée à des effets à court**-terme et des effets à long-terme, sur la morbidité et la mortalité.*

*Ces résultats ont mis en évidence que les niveaux de pollution actuellement observés dans **l'atmosphère** des villes sont associés à un risque pour la santé mais ne permettent pas de déceler un seuil de pollution en dessous duquel aucun effet sur la santé ne serait plus observé pour la population.*
***L'exposition à la pollution atmosphérique (particules, dioxyde d'azote, ozone, etc.) peut être à l'origine d'un large panel d'effets sur la santé : pathologies respiratoires (asthme, broncho**-pneumopathie chronique obstructive, etc.), **cardiovasculaires (accidents vasculaires cérébraux, cardiopathies...)**, atteintes neurologiques, effets sur le développement, diabète, etc. **Elle peut également avoir un impact sur l'odorat** ou la vue (pollution sensible), mais peu de connaissances scientifiques sont disponibles à l'heure actuelle pour les estimer.*

*Le droit européen **fixe des valeurs limites pour certains polluants dans l'air à partir des différents travaux conduits notamment par l'OMS. Ces valeurs limites ne sont à ce jour toujours pas respectées dans certaines** zones et la France est engagée dans un contentieux européen **depuis mai 2018 pour les oxydes d'azotes** - NOx - et dans un précontentieux européen pour les particules fines -PM10*

Le trafic routier est à l'origine de l'émission de nombreux polluants de l'air. Il constitue l'un des principaux émetteurs de particules et de NOx, en particulier dans les zones urbaines.
En 2011, le projet APHEKOM2 a notamment conclu qu'habiter à proximité du trafic routier augmente sensiblement la morbidité attribuable à la pollution atmosphérique [1].
Il est estimé qu'en France, l'exposition chronique aux particules fines d'origine anthropique (notamment émises par le trafic routier) est à l'origine d'environ 48 000 décès prématurés par an [2], correspondant à une perte moyenne d'espérance de vie à 30 ans pouvant dépasser 2 ans. Selon l'OMS, la pollution de l'air (air extérieur et air intérieur) est le principal risque environnemental pour la santé, à l'origine chaque année, de plus de 6 millions de décès au niveau mondial. En 2013, l'OMS a classé la pollution de l'air extérieur comme cancérigène pour l'Homme (Groupe 1).

De plus, des résultats épidémiologiques sont venus documenter l'impact sur la santé des polluants de l'air en relation avec le trafic routier. Ces résultats suggèrent un effet des polluants de l'air en relation** avec le trafic routier sur le développement et les exacerbations de pathologies chroniques notamment sur la **morbidité cardiovasculaire mais également sur la fréquence et l'exacerbation de l'asthme ou de leucémies myéloblastiques chez l'enfant (le fait d'habiter** à proximité du trafic routier pourrait être responsable d'environ 15 % des asthmes de l'enfant et la fréquence de nouveaux cas de leucémie de type myéloblastique chez les enfants serait plus élevée de 30%). Aussi, les actions de prévention des effets sur **la santé de la pollution de l'air ne peuvent se contenter de gérer les pics de pollution : elles doivent viser à diminuer les niveaux d'exposition de la population et donc agir sur les sources d'émission.

Face aux enjeux de qualité de l'air et de santé associés à la création ou à l'aménagement d'une infrastructure routière, il est nécessaire, aux différentes étapes d'élaboration du projet et, en particulier, aux stades les plus en amont, d'évaluer le plus précisément possible les impacts du projet** considéré. Cette évaluation **doit constituer un réel outil d'aide à la décision et permettre d'orienter les choix faits aux différentes étapes, vers les solutions portant le moins atteinte à la qualité de l'air et à la santé des populations. »

ANNEXE 6 Mémoire en réponse à la demande de compléments de la DEAL

UNION EUROPÉENNE

REGION REUNION
www.regionreunion.com

Prolongement et réaménagement de l'axe mixte de Saint-Paul

Dossier d'enquête publique unique

ETUDE D'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT VALANT AUTORISATION AU TITRE DE LA LOI SUR L'EAU

Mémoire en réponse aux demandes de compléments DEAL des 28 novembre 2024 et du 4 mars 2025

ARTELIA · VILLES & PAYSAGES · ZONE UP · TP Ingénierie Conseil · ST Stratégies & Territoires · biotope

Le dossier de demande d'Autorisation Environnementale Unique relatif au projet de prolongement et réaménagement de l'axe mixte de Saint-Paul, situé sur la commune de Saint-Paul a été enregistré au guichet unique de la Police de l'Eau sous le numéro 2024-58 et est référencé sous l'application GUNenv n°0100007894.

Cette demande a été jugée complète et a fait l'objet d'un accusé de réception en date du 21/08/2024. À l'occasion de l'examen par les services instructeurs de ce dossier, des compléments sont apparus nécessaires, afin de poursuivre l'instruction.

Cette demande de compléments fait l'objet du présent mémoire en réponse. Les questions sont intégralement reprises et les réponses apportées sont présentées en bleu à la suite.

Note rédigée en coordination avec :

- **Région** : Mélissa Magnier, Thomas Kavaj, Quentin Goujon
- **Artelia** :
  - Matthias Brenier – contenu réglementaire et hors spécialités
  - Théo Jezequel, Patrick Porru, Ludovic Durand – éléments projets
  - Sébastien Guermonprez – hydraulique
  - Alix Levrault – mobilité
  - Emmanuelle Rey, Mélanie Rougny, Imen Ghoridi – air et bruit
- **Biotope** : Johanna Bartelemy, Ludovic Bonin – biodiversité
- **ZoneUp** : Laurence Bregent, Fanny Spaeth – paysage
- **DS Avocat** : Laura Ceccarelli – analyse juridique en lien avec la Réserve Naturelle Nationale

Préambule

Le projet est découpé en 2 secteurs :

- Secteur 1 sur la zone de Cambaie qui va du giratoire de Cambaie à la connexion avec l'avenue du Stade au Sud
- Secteur 2 sur la zone de Savannah qui longe notamment la ravine de la Plaine. Il est prévu de phaser ces travaux par la réalisation de la phase 1 puis de la phase 2.

Cependant l'étude hydraulique prévoit 2 configurations

- Configuration 1 applicable au secteur 1 puis pour partie sur secteur 2 : réalisation d'une 2 x 1 voie ;
- Configuration 2 applicable à plus long terme au secteur 1 - à raison d'un déplacement de la piste cyclable et suppression de la bande végétalisée extérieure - et à une majeure partie du secteur 2 dès sa mise en service : réalisation d'une 2 x 2 voies.

Or, à aucun moment, le dossier d'étude d'impact ne détaille ces 2 configurations. Il conviendra donc de préciser dans la description détaillée du projet, ce phasage particulier et les travaux engendrés par ces différentes configurations. Un calendrier pourra être fourni à titre informatif.

Le pétitionnaire devra enfin analyser les impacts induits par le passage de la configuration 1 à la configuration 2 et proposer d'éventuelles mesures Éviter - Réduire - Compenser.

Réponse : Envisagé dans les études préliminaires, le scénario retenu est un scénario 2X1 voies à terme. L'étude hydraulique est mise à jour pour être en cohérence avec les éléments de Projet.

1. Analyse du dossier par le service aménagement et constructions durables de la DEAL

1.1. Présentation du projet

De manière générale, il revient au pétitionnaire de faire apparaître toutes les modifications substantielles du projet antérieur à la date de dépôt du dossier de nature à remettre en cause les conclusions des études produites et la validité des autorisations demandées.

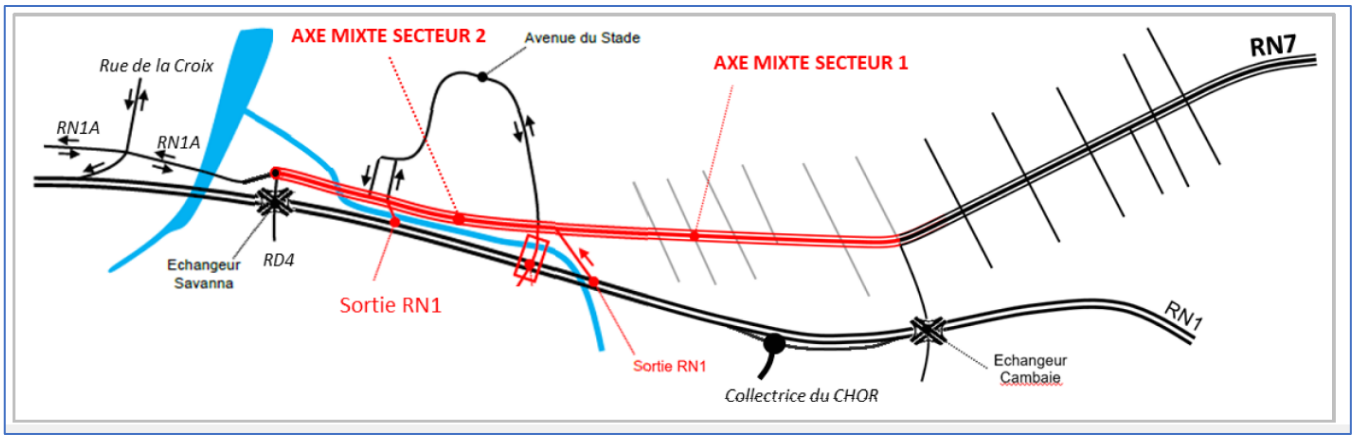
En particulier, lors du COTECH en date du 27 septembre 2024 le Territoire de l'Ouest a annoncé l'abandon des franchissements de la RN1 prévus permettant la liaison aux quartiers Jacquot et du Centre Hospitalier Régional de l'Ouest.

Réponse : Le dossier a été déposé en préfecture, jugé complet, et a fait l'objet d'un accusé de réception en date du 21/08/2024. Il n'a ainsi pu traduire les modifications postérieures à son dépôt.

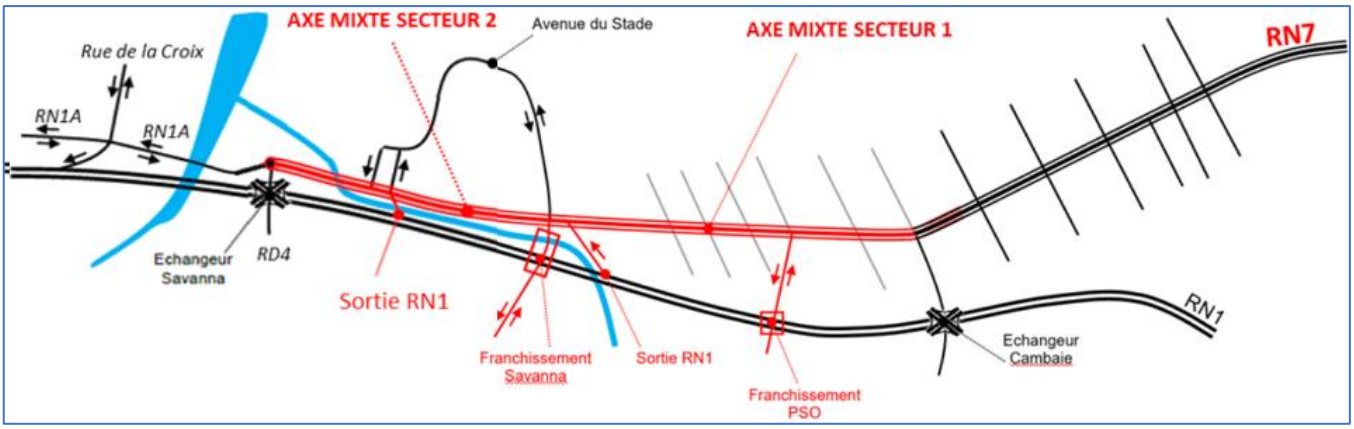
L'abandon des projets a par ailleurs été discuté en COTECH mais pas en COPIL. La Région a néanmoins souhaité mettre à jour la modélisation (ANNEXE 3) de la mobilité de façon à s'assurer de la validité des conclusions produites sur le trafic, la capacité des voies, la pollution des eaux, l'air et le bruit.

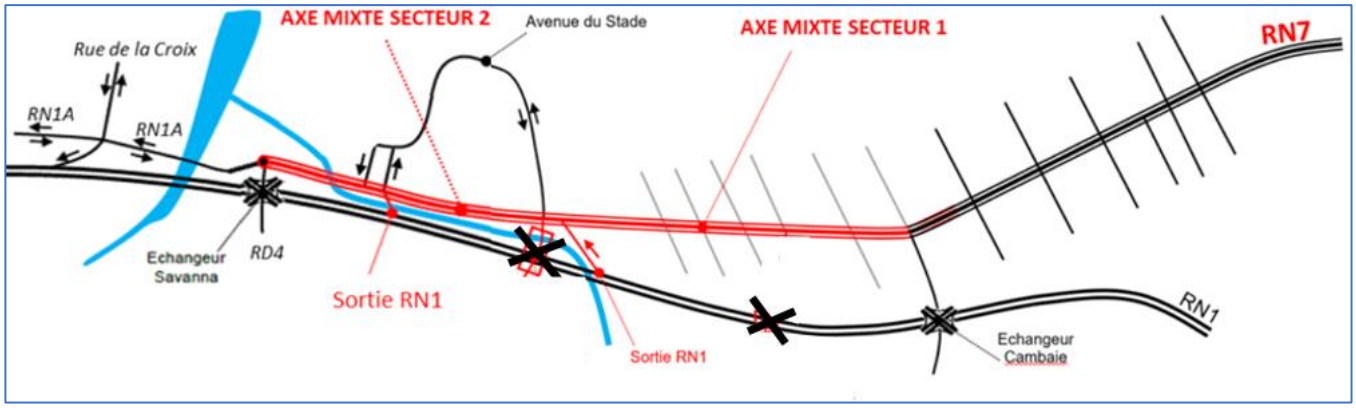
Les hypothèses prises dans le modèle sont celles-ci :

En 2035, les secteurs 1 et 2 sont en service :



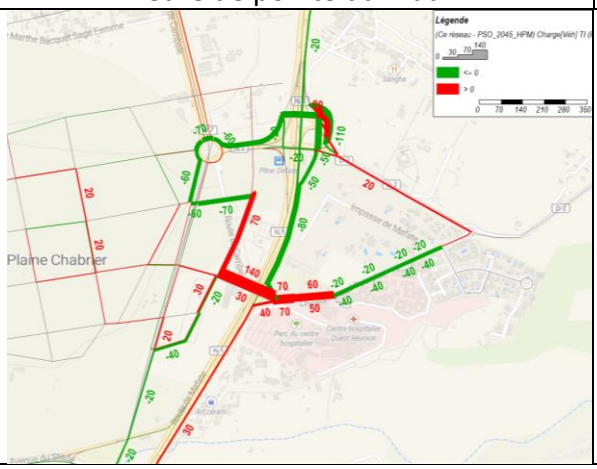
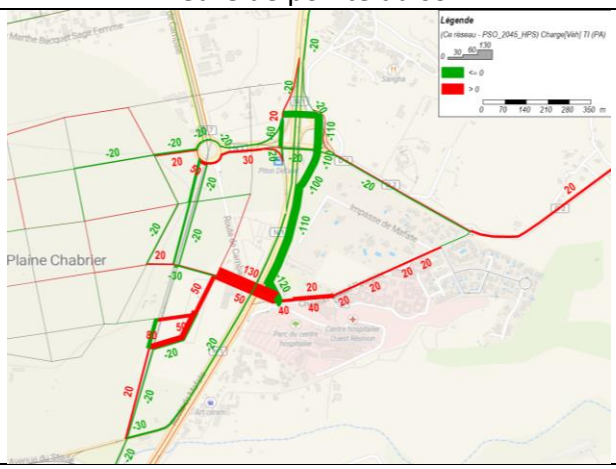
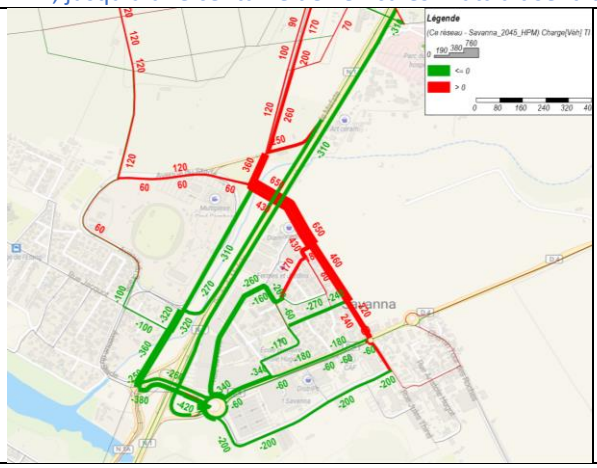
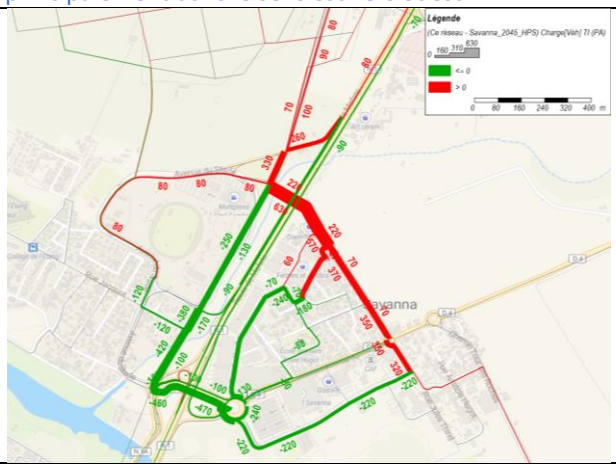
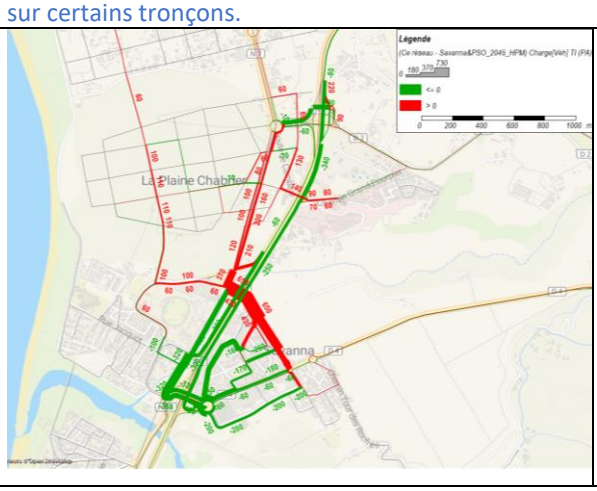
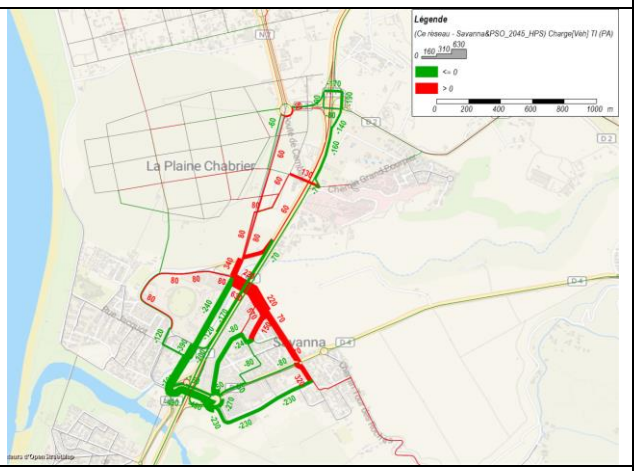
En 2045[1], en plus des secteurs de l'Axe Mixte, les ouvrages de franchissements et le RRTG sont en service. Conformément à la demande de la DEAL, le fonctionnement avec et sans franchissement a donc été modélisé.





[1] Les horizons de mise en service ont été révisés en raison de l'allongement des délais d'études. Ces ajustements n'ont toutefois pas nécessité de modification des horizons modélisés (2025 pour 2027, 2027 pour 2029 et 2045 pour 2047), qui demeurent pertinents pour l'analyse du projet.

Les cartes suivantes indiquent les différences de charge entre les scénarios Projet 2045 avec franchissement et Projet 2045 sans franchissement. Les trafics en vert correspondent aux flux qui se reportent depuis une situation sans franchissement vers les flux en rouge avec franchissement.

<table>
<tr><th></th><th>Heure de pointe du matin</th><th>Heure de pointe du soir</th></tr>
<tr><td rowspan="2">Différence avec et sans franchissement PSO</td><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td colspan="2">Les impacts du franchissement de PSO sont très locaux. Le franchissement permet de réduire un détour par la RN1, jusqu'à une centaine de véhicules. L'attrait se fait principalement dans le sens est vers ouest.</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Différence avec et sans franchissement Savanna</td><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td colspan="2">Les impacts de la création ou non d'un franchissement à Savanna sont également restreints aux alentours de l'ouvrage. Aux heures de pointe, on note une charge de 850 à près de 1 100 véhicules dans les deux sens de circulation. L'ouvrage permet de réduire les trafics au niveau de l'échangeur de Savanna d'environ 500 véhicules sur certains tronçons.</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Différence avec et sans franchissement PSO et Savanna</td><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td colspan="2">Les impacts de la combinaison des deux franchissements combinent les impacts de chaque ouvrage individuellement. La création de ces deux ouvrages permet de réduire certains échanges sur la RN1 avec des trajets plus directs entre l'est et l'ouest de l'axe.</td></tr>
</table>

Le tableau ci-dessous indique les hypothèses de modélisation prises en compte dans la mise à jour du modèle. A l'horizon 2045, 3 tests ont été réalisés avec et sans franchissement Savanna et PSO afin d'en estimer les impacts.

	2025		2035		2045				
	Référence	Projet	Référence	Projet	Référence	Projet	Test 1 Savanna	Test 2 PSO	Test 3 Sans Ouvrages
Axe Mixte	Non	Secteur 1	Secteur 1	Secteur 1&2	Secteur 1	Secteur 1&2	Secteur 1&2	Secteur 1&2	Secteur 1&2
Ouvrage Savanna	Non	Non	Non	Non	Non	Oui	Non	Oui	Non
Ouvrage PSO	Non	Non	Non	Non	Non	Oui	Oui	Non	Non
RRTG	Non	Non	Non	Non	Non	Oui	Oui	Oui	Oui
BHNS'Ouest	Non	Non	Non	Oui	Non	Oui	Oui	Oui	Oui

L'étude mobilité comparative est annexée ainsi que les études Air et Bruit réalisés sur cette nouvelle modélisation de la mobilité.

Sur l'air, Les modélisations réalisées avec les nouveaux trafics entraînent des modifications quant aux conclusions de l'étude air et santé réalisée en mars 2023, avec des concentrations en NO2 et PM10 calculées supérieures à celles présentées dans l'étude de mars 2023. Toutefois, comme dans l'étude précédente, les seuils réglementaires actuels sont respectés.

À l'horizon 2045, les modélisations avec les nouvelles hypothèses trafics montrent que la mise en place du projet implique des variations de concentrations en polluants sur et à proximité de plusieurs axes de la bande d'étude. Ces variations sont de l'ordre -25% à +25% pour le NO2 et de -10% à +10% pour les particules PM10. Globalement, les variations sont principalement dues à des diminutions et augmentations du trafic, sur les axes du fait de la création de la nouvelle voirie.

Enfin, concernant le calcul de l'indice d'exposition de la population à la pollution, les résultats montrent comme dans l'étude précédente, une augmentation avec le scénario projet, du fait de la présence de nouvelles populations (la ZAC Cambaie/Phaonce) et de nouvelles sources d'émission (l'axe mixte et les voiries de desserte de la ZAC). Toutefois, quel que soit le scénario (référence ou projet), à l'horizon 2045, 100% de la population sera concernée par des concentrations en NO2 inférieures à 25 µg/m3, avec ou sans projet.

Sur le bruit, l'analyse permet de conclure que les nouveaux trafics ne modifient pas les conclusions de l'étude acoustique réalisée en mars 2023. L'analyse de la contribution sonore de la nouvelle voirie seule n'a montré aucun dépassement de seuil. Aussi, réglementairement aucune mesure de réduction du bruit, autres que les dispositifs intégrés au projet n'est nécessaire.

S'agissant de l'étude des effets indirects, il est constaté que la création de la liaison a des impacts globalement modérés sur les axes routiers voisins, avec des augmentations ou diminutions majoritairement inférieures à 2 dB(A).

1.2. Mobilités

1.2.1. Étude d'impact

Au regard du III de l'article R122-5 du Code de l'Environnement, le dossier comporte bien les études spécifiques aux infrastructures de transport :

- Une analyse des coûts collectifs des pollutions et nuisances et des avantages induits pour la collectivité ;

Une évaluation des consommations énergétiques résultant de l'exploitation

1.3. Mobilités

1.3.1. Étude d'impact

Au regard du III de l'article R122-5 du Code de l'Environnement, le dossier comporte bien les études spécifiques aux infrastructures de transport :

- Une analyse des coûts collectifs des pollutions et nuisances et des avantages induits pour la collectivité ;
- Une évaluation des consommations énergétiques résultant de l'exploitation du projet, notamment du fait des déplacements qu'il entraîne ou permet d'éviter ;

Une description des hypothèses de trafic, des conditions de circulation et des méthodes de calcul utilisées pour les évaluer et en étudier les conséquences.

S'agissant de l'analyse des coûts des pollutions et nuisances et des avantages induits pour la collectivité, l'étude d'impact propose une analyse monétarisée des coûts collectifs liés à la pollution de l'air et à l'émission des gaz à effet de serre induits par le projet. **L'étude présentée ne prend pas en compte la circulation des transports en commun empruntant l'axe mixte et se limite uniquement aux coûts représentés par les véhicules particuliers, aux véhicules utilitaires légers et aux poids-lourds diesel.**

Les hypothèses intégrées au modèle de trafic tiennent compte des projets de transport en commun.

La fréquence des TC sur l'axe est indiquée dans ce tableau en véhicule par jour.

Actuel	2025		2035		2045	
	Référence	Projet	Référence	Projet	Référence	Projet
96	252	252	256	488	324	670

L'analyse monétarisée des coûts collectifs liés à la pollution de l'air et à l'émission des gaz à effet de serre induits par le projet et qui prend en compte la circulation des transports en commun est présentée en ANNEXE 6.

De plus, l'analyse des coûts collectifs des nuisances sonores n'est pas étudiée malgré le caractère urbain de la voie projetée le long de la future ZAC « Écocité Phaonce ».

Le projet se situe en milieu semi-urbain. Le tableau ci-dessous présente l'ensemble des coûts collectifs totaux du bruit en euro par an, par type de véhicules pour un trafic peu dense.

Coûts collectifs liés au bruit pour une année pour un trafic peu dense, en euros

Type de véhicules	*Type de coût*	*Actuel*	*2025*			*2045*		
			Scénario fil de l'eau	*Scénario projet*	*Évolution projet / fil de l'eau*	*Scénario fil de l'eau*	*Scénario projet*	*Évolution projet / fil de l'eau*
VL	**Coût total**	25 508 €	44 248 €	87 036 €	96,7%	63 423 €	580 370 €	815,1%
PL	**Coût total**	16 039 €	32 546 €	148 434 €	356,1%	46 088 €	915 035 €	1885,4%
Tous véhicules	**Coût total**	41 547 €	76 794 €	235 470 €	206,6%	109 511 €	1 495 404 €	1265,5%

Une augmentation importante des coûts est observée entre l'état actuel et les états de référence 2025 et 2045 qui s'explique par l'augmentation du coût du bruit de +1,5% par an ainsi que par l'augmentation de trafic attendu sur le réseau d'étude.

De la même manière avec la mise en place du projet, les coûts du bruit augmentent fortement aux horizons 2027 et 2047. Ces augmentations sont liées à l'augmentation de trafic sur le réseau d'étude du fait du projet et à la création de multiples nouvelles voiries, dont le prolongement de l'axe mixte et les axes des futures ZAC.

À noter que l'annexe 3 de l'étude air-santé (en annexe de l'étude d'impact) présente les résultats bruts des modélisations des trafics en TMJA sous forme de tableaux pour les scénarios de référence et de projet, aux horizons 2022 et 2027 mais sans proposer d'analyse comparative.

Une analyse comparative entre les différents horizons de projets est présentée dans les études annexées à l'étude d'impact. Une analyse comparative a par ailleurs été réalisé pour un projet d'axe mixte avec et sans réalisation des franchissements PSO et Savannah (annexes 4 et 5 de la présente note).

Bien que n'entrant pas dans le champ des grands projets d'infrastructure au sens de l'article R.1511-1 du code des transports pour lesquels l'évaluation socio-économique est requise, **mener cette étude aurait permis de sécuriser juridiquement la procédure de demande de déclaration d'utilité publique du projet en quantifiant les avantages (gain de temps pour le transport en commun/ VL, réduction de la congestion à horizon 2027, amélioration de la sécurité routière...) et en les contrebalançant par le coût des inconvénients induits par celui-ci (pollutions, nuisances...).**

Une évaluation socioéconomique est annexée à la présente note (ANNEXE 1).

Sur la forme, le dossier présente quelques incohérences et imprécisions sur les horizons de mise en service de chaque secteur : les travaux du secteur 1 sont programmés à compter de 2025-2026 et les travaux du secteur 2 sont programmés à compter de 2027-2028, pourtant les horizons modélisés dans les études sont 2025 (mise en service du secteur 1), 2027 (mise en service du secteur 2) et 2047 (mise en service de l'ensemble + 20 ans). Ces incohérences ne remettent cependant pas en cause la justification de l'intérêt public du projet.

Les horizons de mise en service ont été révisés en raison de l'allongement des délais d'études. Ces ajustements n'ont toutefois pas nécessité de modification des horizons modélisés (initialement 2025, 2027 et 2047 et désormais 2027, 2029, 2047), qui demeurent pertinents pour l'analyse du projet. En conséquence, ces évolutions de calendrier ne remettent pas en cause la cohérence ni la validité du modèle, ni la justification de l'intérêt public du projet.

1.3.2. Étude de trafic

S'agissant de l'étude de trafic, le maître d'ouvrage a fait le choix de comparer les scénarios de référence et de projet aux horizons choisis (2027 et 2047) en termes de kilométrages parcourus et non en termes de trafic moyen journalier annuel **(TMJA).** L'avantage de cette approche est d'avoir une comparaison des quantités de kilomètres parcourus par l'ensemble des véhicules, **l'inconvénient est qu'elle ne permet pas de faire une analyse fine de l'évolution de la circulation (congestion routière, reports de trafic) sur les principaux axes du périmètre d'étude.**

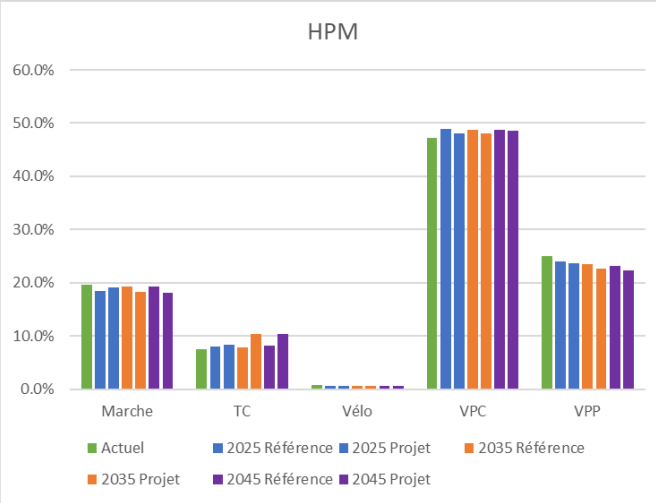
Par ailleurs, le modèle de trafic utilisé est un modèle multimodal : **l'analyse comparative du scénario de référence et du scénario projet aux horizons 2027 et 2047 aurait mérité d'intégrer la distinction entre les différents modes de transport, notamment avec une estimation du report modal de la voiture particulière aux transports en commun empruntant la voie réservée de l'axe mixte**.

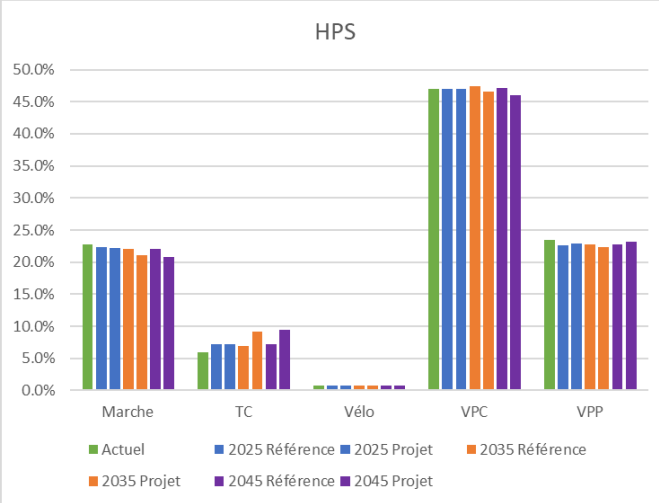
Réponse : Les parts modales évoluent peu selon les scénarios. Si le réseau TC est amélioré, celui du réseau VP l'est également.

Sur la macrozone de Saint-Paul Nord, le projet permet d'augmenter la part modale TC d'1,4 à 2 points en 2035 et de 2,2 points en 2045 par rapport à la référence. Ce gain de part modale vient d'une baisse de celle de la marche à pied d'environ 1 point et de celle de la voiture d'1 point également.

HPM	Actuel	2025		2035		2045	
		REFERENCE	PROJET	REFERENCE	PROJET	REFERENCE	PROJET
Marche	19.7%	18.5%	19.2%	19.2%	18.3%	19.2%	18.0%
TC	7.5%	8.0%	8.4%	7.9%	10.3%	8.2%	10.4%
Vélo	0.7%	0.6%	0.7%	0.7%	0.6%	0.7%	0.6%
VPC	47.2%	48.9%	48.1%	48.7%	48.0%	48.8%	48.5%
VPP	24.9%	23.9%	23.7%	23.6%	22.7%	23.2%	22.4%

HPS	Actuel	2025		2035		2045	
		REFERENCE	PROJET	REFERENCE	PROJET	REFERENCE	PROJET
Marche	22.7%	22.3%	22.2%	22.0%	21.1%	22.1%	20.8%
TC	5.9%	7.2%	7.1%	7.0%	9.2%	7.2%	9.4%
Vélo	0.8%	0.8%	0.8%	0.8%	0.8%	0.8%	0.7%
VPC	47.1%	47.0%	47.0%	47.4%	46.5%	47.1%	46.0%
VPP	23.5%	22.7%	22.9%	22.8%	22.4%	22.8%	23.1%





Il convient de noter que les scénarios étudiés ne mentionnent pas l'élargissement à une voie supplémentaire de la RN1 dédiée aux transports en commun, en cours de réalisation.

Les hypothèses intégrées au modèle de trafic tiennent compte des projets de transport en commun.

RN1 Voie Bus Bernica → Etang St-Paul

RN1 Voie Bus Bernica → Etang St-Paul

Objectifs de l'opération :
→ Assurer la liaison en voie dédiée entre la voie lente du viaduc du Bernica et le pont sur l'Etang St-Paul
→ Améliorer la fluidité, la régularité des transports en commun et l'accès à la gare routière de Saint-Paul
→ Créer un aménagement à court terme
→ Sécuriser le fonctionnement de l'échangeur de St-Paul en supprimant le double rabattement accidentogène

Démarrage des travaux début mai 2024 / Fin prévisionnelle décembre 2024

Coût des travaux : 6 500 000€

1.3.3. PEM (Pôle d'échanges mixtes) et aménagements cyclables

Dans le contexte de la décarbonation des mobilités, les PEM sont un outil de report modal, dont le principal objectif est de permettre le rabattement des différents modes de transport vers un même endroit, en créant une centralité de la mobilité et en facilitant ainsi l'intermodalité.

Le projet prévoit l'aménagement d'un pôle d'échange multimodal sur le secteur **1** comprenant :

- Un parking relais (P+R),
- Des arrêts de bus mutualisés Cars Jaunes et Kar'Ouest,

- Des places de stationnement vélo,
- Des places de stationnement pour deux roues motorisées.

Le dossier du maître d'ouvrage précise que ce parking relais est provisoire, traité en grave, la ZAC Écocité Cambaie en prévoyant un dans son programme. Ce parking relais est une composante essentielle au fonctionnement du pôle d'échange multimodal, puisqu'il permet de favoriser l'interconnexion entre les modes de transport en incitant à l'intermodalité.

Cependant, le dossier ne précise pas quels seront l'emplacement et les caractéristiques du P+R aménagé dans le cadre de la ZAC Cambaie.

La ZAC Cambaie devenue ZAC Phaonce a été créée. Les informations du dossier de création de ZAC constituent les seules données officielles à prendre en compte dans les études réglementaires du projet Axe Mixte. Nous avons présenté tous les éléments connus.

S'agissant des mobilités actives, les aménagements cyclables et piétons sont conformes aux recommandations du CEREMA (exigences de capacité et de confort respectées). Une signalisation lumineuse de trafic permet aussi d'assurer la sécurité de l'ensemble des usagers de la route au niveau des intersections. **Néanmoins, pour garantir davantage de sécurité, la continuité de l'enrobé peint des pistes cyclables aurait mérité d'être maintenue au niveau des intersections.**

Réponse : Le guide Cerema précise que la continuité des itinéraires cyclables pourra être obtenue par l'utilisation d'un matériau de couleur différente de la chaussée générale ou à défaut par de la signalisation horizontale.

1.3.4. Politique de mobilité et documents de planification

Le Territoire de l'Ouest a approuvé son Plan de Déplacements Urbains (PDU 2017-2027) le 7 avril 2017 Ce document de planification opposable aux PLU des communes du TO, détermine les principes régissant l'organisation de la mobilité des personnes et du transport des marchandises, la circulation et le stationnement dans le ressort territorial de l'autorité organisatrice de la mobilité. Le PDU est bien évoqué dans le dossier d'étude d'impact. L'étude d'impact précise par ailleurs les actions du PDU qui sont concernées par le projet de prolongement et de réaménagement de l'axe mixte. L'étude d'impact détaille aussi les actions du Schéma Régional des Infrastructures de Transport (SRIT, 2014) concernées par le projet. Enfin, le dossier prend en compte les aménagements cyclables réalisés ou prévus par le Plan Régional Vélo (PRV).

N'appelle pas de réponse

1.4. Intégration paysagère du projet

Ce projet a fait l'objet de réunions spécifiques sur cette thématique en présence de l'architecte et paysagiste conseil de l'État. Les recommandations émises ont globalement été peu prises en compte par le pétitionnaire. **Le projet ne semble pas répondre au plan guide de l'Écocité qui met en évidence l'effet structurant de cet axe et la diversité des paysages traversés**.

Réponse : La Réunion de novembre 2024 réunissant la Région, le TO et le paysagiste conseil a permis d'éclairer cette approche en présentant :

- Les séquences paysagères contrastées du tracé
- Les intentions en dialogue avec le paysage de l'Ecocité
- Une ambition de qualité environnementale en écho avec L'Ecocité

Des séquences végétales identifiables, avec une évolution de la trame arborée structurante par des fenêtres ou des palmiers accompagnant les variations d'ambiance .

Ces pistes ont été rappelées et appréciées dans le CR de novembre 2024 de la DEAL.

En tant que support d'un projet de paysage dans un contexte en devenir, la conception de la nouvelle voie s'avère complexe et appelle une réflexion paysagère approfondie. Cette dimension paysagère n'est pas présentée dans le dossier pourtant principe initiateur de la ville jardin, la ville ludique inscrit dans le plan guide de l'Écocité. **Ainsi, le dossier devra démontrer la prise en compte de la diversité des paysages traversés et la manière dont la voie va initier la recomposition urbaine et paysagère de cette partie de l'Écocité.**

La réponse est apportée dans le paragraphe ci-dessus.

La réponse très "technique routière" détaillée dans le dossier illustre des profils prenant en compte les différents types de flux, l'intégration de la gestion des eaux pluviales avec des espaces de noues et des plantations adaptées. Cependant, cette conception semble aboutir à un espace linéaire monotone de 2 km de long environ. Le risque de ce type d'aménagement est la banalisation du paysage des voies, qui est pourtant un des leviers de l'Atlas du Paysage de la Réunion : un Jardin à parcourir et à découvrir.

Cette lecture de l'axe mixte résulte des limites de prestation entre la Région (axe de circulation) et le TO (zone urbaine et construite). Le projet de la ZAC Phaonce, en cours de définition n'apporte pas encore de précisions sur la définition du projet urbain et des reculs par rapport à la voirie.

Plusieurs pistes sont évoquées pour permettre un meilleur dialogue avec la ville et un tissage plus fin avec le maillage des circulations douces qui devrait avoir lieu à terme :

- Ouvertures visuelles sur le grand paysage et les parcs depuis les séquences de voie
- Surlargeur de la rue sur les espaces publics à terme, lors du développé du tissu bâti. Le projet Ecocité prévoit le retrait de bâti libérant des espaces libres privés ou publics au pied des bâtiments le long de la voie
- Liaisons douces le long de la rue se connectant aisément avec les façades et la trame douce future de la ZAC

Sur le secteur 1 où le paysage est en devenir, le plan guide définit une structure urbaine et paysagère volontaire. Ces éléments ne semblent pas avoir été pris en compte dans le projet de prolongement de l'axe mixte. **Il est recommandé de faire paraître comment l'axe mixte va révéler les traversées du Parc de la plaine des Loisirs ou du Parc de Cambaie, comment l'aménagement de la "porte" va initier la construction de la nouvelle centralité du quartier.**

Réponse : Comme évoqué précédemment, la stratégie végétale qui comprend des sujets hauts et structurants sur le terre pleine central, et les terres pleins latéraux participe à terme largement à la perception de la ville, des paysages alentours et au confort d'usage des habitants.

Le séquençage des plantations, apporte une réponse marquante à la question posée :

- Fil rouge formé par le double alignement d'arbres et palmiers sur le terre-plein central : cet alignement est évolutif en fonction des séquences traversées et se ferme ou s'ouvre sur le paysage :
    - Section Grand Paysage souligné de palmiers : ouverture visuelle à travers une dominante de palmiers sur axe central
    - Section Urbaine : majorité d'arbres en variété (confort bioclimatique et biodiversité)
- La trame régulière et ombrageante sur les allées latérales : alignement régulier d'arbres maintenant l'ombrage sur les liaisons douces
- Evolution de l'ambiance paysage et de la biodiversité des masses arbustives en fonction des séquences

Le secteur 2 a une position bien particulière dans un pincement entre le parc des expositions et la zone d'activités de Savannah. Cette nouvelle voie est bordée par la ravine de la Plaine et la N1. Ce pincement précède le franchissement de la ravine de Saint-Paul et l'ouverture vers l'étang de Saint-Paul d'un côté, et la silhouette urbaine de la ville de l'autre. **Sur cette séquence, la construction du paysage présenté sur les documents paraît subie alors que les travaux d'envergure de l'axe mixte et de la N1 seraient l'occasion de révéler les lieux, de retravailler les limites et les silhouettes urbaines peu valorisantes, et de mettre en scène ce paysage en dessinant finement chacun des carrefours, des accès et des franchissements de la ravine.**

Le programme du projet ne porte pas l'ambition de recomposition marquée des interfaces entre les deux voies principales axe mixte et RN1. Le tracé s'appuie sur les emprises ténues de cette interface entre Expobat d'un côté et la RN1 puis l'arrivée sur l'Etang.

Les berges plantées en essences endémiques et indigènes annoncent l'approche de l'étang.

<u>Des éléments devront être précisés concernant :</u>

- l'aménagement des "portes" définies par le plan guide comme les lieux de connexion de toutes les mobilités, associées à des centralités urbaines fortes. **Le projet de pôle d'échange ne préfigure pas aujourd'hui le caractère attendu pour ce lieu ;**

La stratégie validée repose sur une signalétique et un mobilier réduit . La ligne sera à terme prise en charge dans le cadre du projet PHAONCE

- **les différentes séquences paysagères, la manière dont elles sont révélées et anticipées et dont elles infléchissent et diversifient le projet ;**

Ce point a été précisé précédemment par le travail sur la stratégie végétale.

- **l'intégration des déplacements actifs (cycles et piétons) doit être l'occasion de penser les ouvrages, la relation au paysage environnant à l'échelle du piéton** (et non plus simplement à l'échelle routière);

La passerelle piétonne de l'Etang propose un projet intégré au paysage de l'étang par un cheminement de liaison dans un parcours boisé faisant face à une lisière végétale.

Les trottoirs et piste cyclable sont ombragés.

- **La diversité de la palette végétale proposée n'est pas détaillée dans ces documents** mais les principes proposés et les coupes semblent répondre aux enjeux. Les points d'alerte énoncés dans les précédents avis de l'ACPC sur la question de la mise en œuvre et des choix de gestion restent des éléments déterminants ;

Le choix de la palette végétale ainsi que les enjeux liés à la gestion des plantations font l'objet d'une concertation continue avec les différents acteurs depuis le début de l'étude, à travers plusieurs ateliers de travail. La palette végétale, définie en lien avec la ville, le Territoire Ouest et le CBNM, a été validée par la ville et est en cours de finalisation avec le CBNM, tandis que l'entretien sera assuré dans un premier temps par la Région (entretien de confortement pendant 5 ans), avant d'être repris par la ville.

- **Le projet ne répond pas aux recommandations émises en phase amont en matière de matériaux vertueux**, le choix est porté sur un enrobé noir (mis à part les quais). De même, la proposition d'enrobé peint ou d'enrobé recouvert de résine ne répond ni aux objectifs attendus ni à l'ambition de l'Écocité et semble même être contre-productive d'un point de vue environnemental;

Les enrobés ont été privilégiés pour les liaisons douces, compte tenu de la disponibilité des matériaux locaux et du caractère transitoire des sols, ces aménagements étant réalisés en amont des constructions ; une reprise des matériaux de surface, dans un langage paysager cohérent avec celui de la ZAC Phaonce, est ainsi prévue à terme (hors projet Axe mixte).

- L'intégration de la passerelle pour le franchissement de la Ravine de la Plaine est peu détaillée. La partie rampe de 60 mètres linéaires côté Océan n'est pas pratique à l'usage et va constituer un ouvrage très imposant et lourd. Le franchissement de la ravine est un élément de paysage à mettre en valeur qui nécessite une sobriété dans l'intervention ;

La réalisation de la passerelle permet de répondre à un enjeu majeur en venant « désenclaver » et relier de manière douce le quartier Jacquot au projet de l'axe mixte. Cet aménagement sera réalisé de manière très sobre afin de se fondre au maximum dans le paysage de l'étang Saint Paul. Le projet a été affiné en phase PRO et propose une insertion plus élancée de cette rampe dans un écrin végétal dense. La structure métallique légère de la passerelle et de la rampe permet à l'ouvrage de se fondre dans l'environnement tout en conservant la même typologie d'ouvrage Warren, qui caractérise la passerelle piétonne située à l'aval de l'Etang. La rampe prolonge ainsi la passerelle pour se raccorder au trottoir sur la rue Jacquot et offre une liaison

linéaire et pratique aux modes doux. L'espace-vert situé entre la rampe et la parcelle riveraine est densément planté afin de conforter l'espace naturel, apporter de l'ombrage et de réduire les covisibilités avec la parcelle.

- Un certain nombre d'espaces seront amenés à être aménagés de manière transitoire. Cependant si cette période devait durer plus de cinq années, il serait pertinent de réfléchir à des aménagements, même légers, qui apporteraient une certaine qualité de paysage et d'usage ; par exemple pour le parking relais de 100 places qui va répondre à des besoins à court terme et qui doit encourager les nouvelles mobilités. Le secteur sur lequel il est situé semble évoluer dans les dernières étapes de l'Écocité, son aménagement, même transitoire, peut donc être pensé de manière plus élaborée qu'une simple plateforme en empierrement

Des zones végétales basses sont prévues sur les espaces non circulés en périphérie de l'aménagement, afin d'assurer l'insertion paysagère, y compris durant la phase transitoire. Ces aménagements légers permettent d'accompagner l'usage du parking relais tout en offrant un cadre plus soigné et compatible avec les ambitions de l'Écocité, en particulier si la période transitoire venait à se prolonger.

- Le projet illustre bien la qualité paysagère de la gestion des eaux pluviales avec les noues, **il ne détaille pas les aménagements des différents bassins d'infiltration** (sur la gestion des eaux pluviales, voir en outre le paragraphe 3.2);

Les bassins d'infiltration sont conçus dans une optique paysagère, tant dans leur forme que dans leur traitement visuel, avec notamment l'aménagement de lisières arborées permettant leur intégration harmonieuse dans le site.

- Le projet gagnerait à initier la dimension de la ville ludique, des réflexions pourraient par exemple être menées sur la signalétique, les distances et temps de parcours, le nombre de pas d'un point à un autre

Bien que la signalétique de la desserte locale relève des choix de la commune, des emplacements ont été prévus à cet effet sur les emprises du projet.

Sur la forme, des rendus 3D et perspectives permettront de mieux appréhender le volume des aménagements projetés notamment des talus et franchissements.

Quelques rendus 3D et croquis d'ambiance sont intégrés à l'étude pour illustrer les principes d'aménagement paysager et les principaux ouvrages du projet, notamment au niveau des talus et des franchissements (voir figures 114, 178, 179, 182, 183).

1.5. Écocité et Ville durable

Les usages de la ravine La Plaine sont peu développés. **Des aménagements de type promenade sur la partie hors eau pourraient être proposés. L'historique des travaux déjà réalisés sur cette ravine permettrait d'améliorer la compréhension par le public**.

La ravine La Plaine fait l'objet de mesures de restauration écologique visant à préserver et renforcer les continuités écologiques, ce qui limite la compatibilité avec des usages de promenade en fond de ravine. Les cheminements piétons sont donc privilégiés côté mer, où ils répondent aux besoins de desserte piétonne des équipements existants, notamment le parc des expositions.

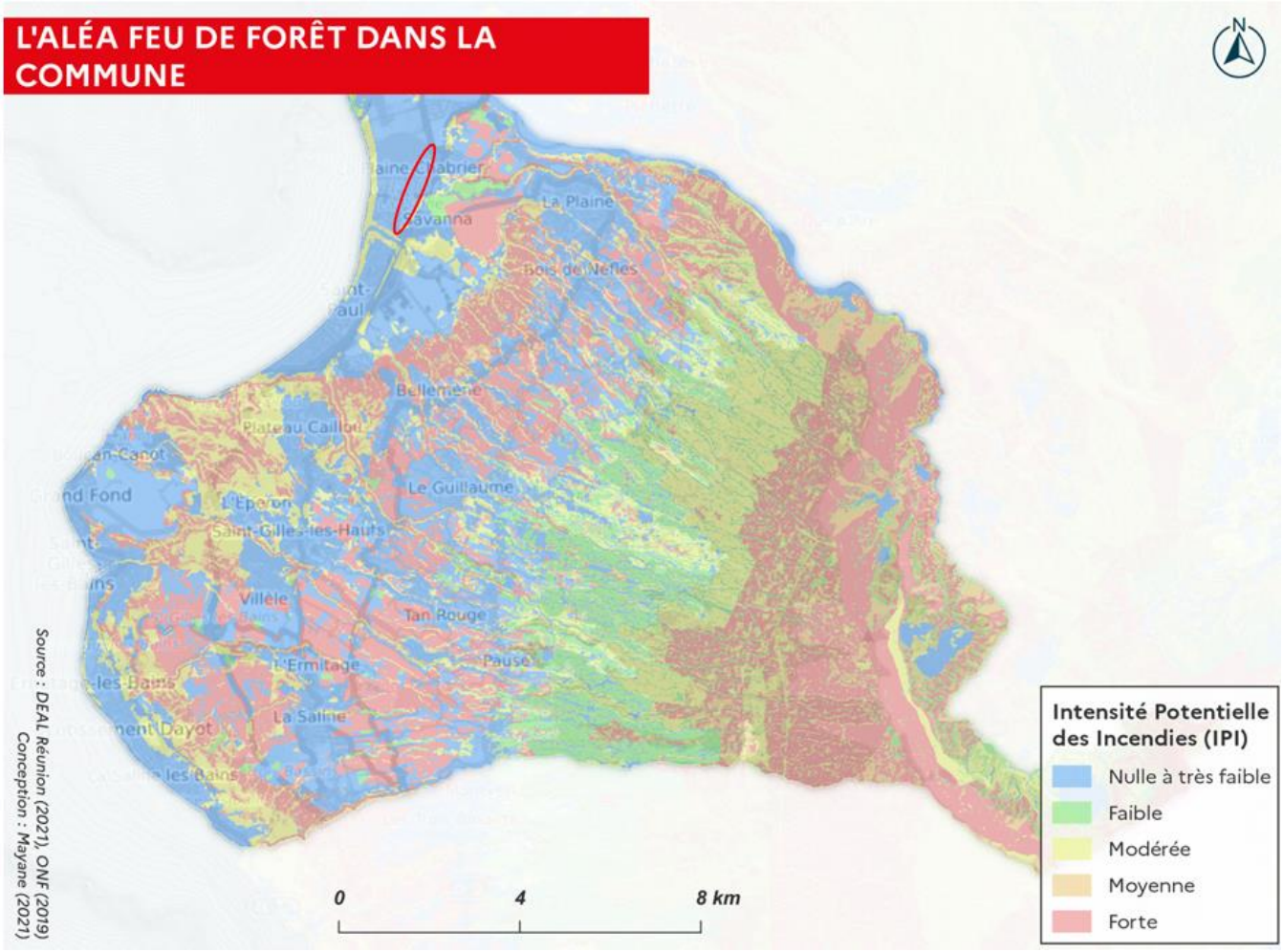
Le lien avec le projet de ZAC « Écocité Cambaie » ou le réseau routier environnant paraît peu développé dans le dossier. Par exemple : sur les trafics Est-Ouest, il est indiqué qu'il n'y aurait plus ces franchissements : quel est l'impact sur l'axe mixte ? notamment en termes de trafic ?

L'axe mixte est l'artère principale qui assurera la desserte de la ZAC Phaonce. Les carrefours sont aménagés pour desservir le réseau viaire de la ZAC Phaonce, qui se raccordera sur leurs amorces. Ceux-ci sont défini en concertation de la ZAC Phaonce

Le projet de prolongement de l'axe mixte intègre une hiérarchisation des circulations pour garantir un fonctionnement fluide et sécurisé de l'axe structurant. Les traversées Est-Ouest (franchissements transversaux) sont volontairement limitées pour éviter les conflits d'usage, notamment avec les transports collectifs en site propre (TCSP) et les mobilités actives. Les besoins de franchissement sont néanmoins pris en compte à travers des points de passage identifiés, notamment au niveau du pôle d'échange multimodal. Deux traversées modes doux ont été ajouté au PEM en lien avec le réseau viaire de la ZAC Phaonce. Le schéma viaire de la ZAC est conçu pour s'articuler avec ces points de connexion, en reportant les flux de manière structurée. L'impact sur le trafic a été intégré dans la modélisation à l'horizon 2027 et 2047, en tenant compte de ces contraintes de franchissement.

En ce qui concerne l'aléa feu de forêt : il paraît fort plutôt que modéré (page 69 EI) (cf incendie récent rue Bacquet). **Ce niveau d'aléa mériterait d'être davantage justifié**.

L'aléa feu de forêt dans la commune est classé nul à très faible sur le secteur d'étude. On observe néanmoins fréquemment des incendies sur la plaine de Cambaie. Ce sont ces circonstances qui ont justifié le passage de faible à modéré. L'enjeu fort ne nous a pas paru justifié au regard de l'aléa au DDRM et de l'absence d'interface entre le périmètre projet et les boisés de la réserve naturelle et de la forêt Domaniale.



1.6. Conclusion

Les éléments nécessaires pour compléter le dossier :

- faire apparaître toutes les modifications substantielles du projet antérieures à la date de dépôt du dossier de nature à remettre en cause les conclusions des études produites et la validité des autorisations demandées (cf abandon, les franchissements de la RN1 prévus permettant la liaison aux quartiers Jacquot et du Centre Hospitalier Régional de l'Ouest);
- pour l'analyse des coûts pollutions et nuisances/avantage du projet, compléter l'analyse par la prise en compte la circulation des transports en commun empruntant l'axe mixte et intégrer également les coûts collectifs des nuisances sonores de la voie projetée le long de la future ZAC « Écocité Phaonce »;
- préciser les éléments relatifs à l'intégration paysagère du projet (tels que mentionnés plus haut dans l'avis).

Les éléments permettant d'améliorer la qualité et la sécurité juridique du dossier :

- Mener une évaluation socio-économique du projet au sens de l'article R.1511-1 du code des transports ce qui permettrait de sécuriser juridiquement la procédure de demande de déclaration d'utilité publique du projet en quantifiant les avantages (gain de temps pour le transport en commun/ VL, réduction de la congestion à horizon 2027, amélioration de la sécurité routière...) et en les contrebalançant par le coût des inconvénients induits par celui-ci (pollutions, nuisances...) ;

- Intégrer dans l'analyse comparative du scénario de référence et du scénario projet aux horizons 2027 et 2047 la distinction entre les différents modes de transport, notamment avec une estimation du report modal de la voiture particulière aux transports en commun empruntant la voie réservée de l'axe mixte;
- Préciser quels seront l'emplacement et les caractéristiques du **P+R** aménagé dans le cadre de la ZAC Cambaie ;
- Maintenir la continuité de l'enrobé peint des pistes cyclables au niveau des intersections pour garantir davantage de sécurité ;
- Préciser les usages de la ravine La Plaine dans le dossier ;
- Développer le lien avec le projet de ZAC « Écocité Cambaie » ou le réseau routier environnant ;
- Justifier davantage le niveau d'enjeu « feu de forêt ».

2. Analyse du dossier par le service eau et biodiversité de la DEAL

2.1. Enjeux biodiversité

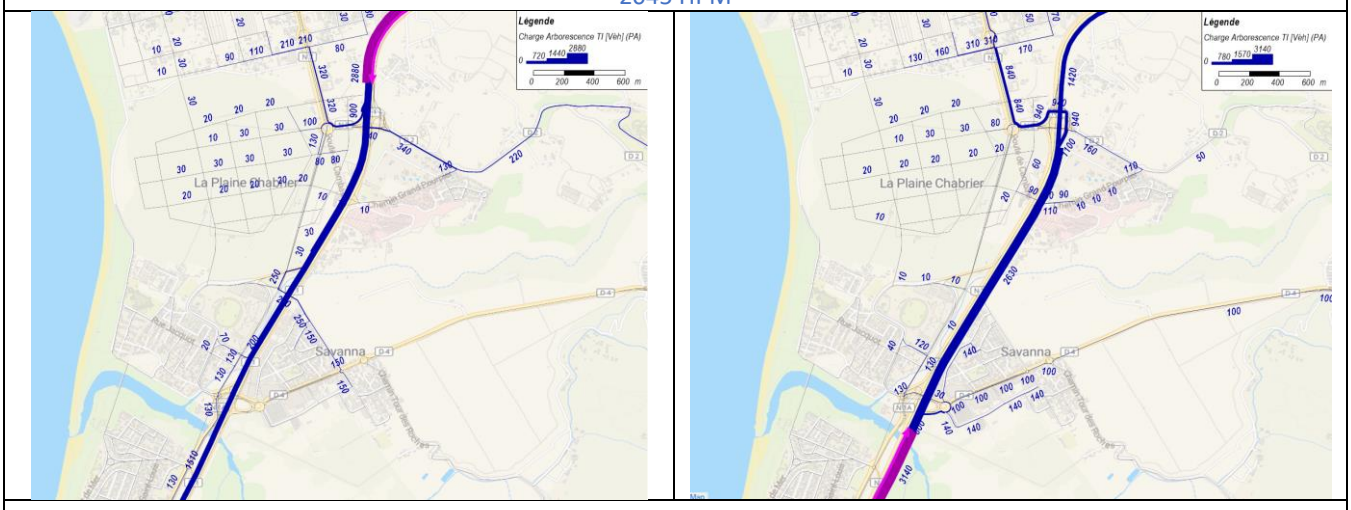
2.1.1. Remarques générales

Intérêt public du projet

Sur le volet de l'intérêt public du projet, la nouvelle infrastructure serait un chaînon manquant à la desserte de Jacquot à Saint-Paul dans l'objectif de faire baisser localement le trafic sur la RN1. **Il serait judicieux de préciser l'utilisation de la RN1 par des usagers à destination de ce quartier et de faire la part des usagers qui utiliseraient cette voie comme itinéraire de délestage pour revenir ensuite sur l'infrastructure en générant une congestion exacerbée des voiries de sortie du quartier Jacquot en retour vers la RN1 en contradiction avec le caractère de voie urbaine développant des modes doux. Il est indiqué que le projet améliorera notamment le maillage des modes doux, alors qu'il existe déjà une liaison entre Cambaie et le quartier Jacquot.**

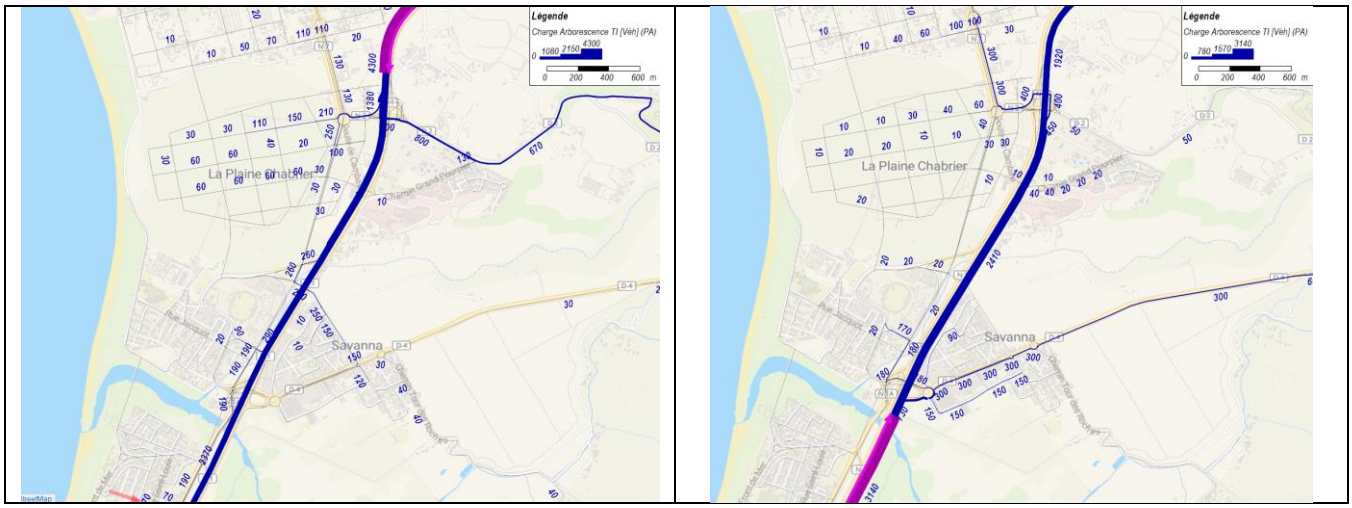
Les arborescences ci-dessous montrent qu'à l'horizon 2045[2] aux heures de pointe, aucun trafic au nord de Cambaie ou au sud de Savanna ne quitte la RN1 pour utiliser l'Axe Mixte comme shunt. L'axe étant à destination d'une vie de quartier, la vitesse y sera grandement réduite comparée à celle de la RN1.

2045 HPM



2045 HPS

[2] Rappelons que les horizons de mise en service ont été révisés en raison de l'allongement des délais d'études. Ces ajustements n'ont toutefois pas nécessité de modification des horizons modélisés (2025 pour 2027, 2027 pour 2029 et 2045 pour 2047), qui demeurent pertinents pour l'analyse du projet.



Sur le volet des mobilités douces et l'intérêt public, le projet permet de sécuriser et de structurer durablement la liaison jacquot Cambaie. Par ailleurs, les distances à parcourir pour les modes doux dans des cheminements dédiés seront réduites, renforçant ainsi leur attractivité et leur usage au quotidien.

Évaluation environnementale des programmes connexes

Le chapitre 5-9 traitant des enjeux liés aux aménagements induits par le projet ne focalise que sur le projet alors qu'il fait suite au chapitre 5-8 (p. 256 et suivantes) développant les effets attendus sur le développement de l'urbanisation qui indique la perspective de créer une nouvelle centralité urbaine et de développer un nouveau quartier.

L'analyse des enjeux écologiques portant sur la consommation des espaces agricoles et naturels s'est concentré sur le périmètre projet dans le chapitre 5.9. En effet si la ZAC dépend de la réalisation de l'axe mixte, l'axe mixte fonctionne sans la ZAC. Le projet prend néanmoins bien en compte comme le prévoit la réglementation les projets ayant fait l'objet d'un avis de l'autorité environnementale. C'est le cas de la ZAC Cambaie, aujourd'hui Phaonce. Cette prise en compte est présentée dans la partie de l'étude d'impact qui traite des effets cumulés.

Le pétitionnaire devra préciser le lien avec les évaluations environnementales des programmes connexes afin de démontrer l'évaluation des incidences cumulées des projets interdépendants.

Une lacune dans ce principe serait préjudiciable à la sécurité juridique des autorisations du projet.

Les interfaces entre le projet d'axe mixte et la ZAC Phaonce est présenté dans le chapitre « effets cumulés » de l'étude d'impact. Il est également présenté tout au long du document : dans les raisons du choix, dans l'insertion du projet, sur la mobilité, sur les enjeux air et bruit...

Les deux projets suivent le plan guide Ecocité validé en 2015.

Choix du scénario

Le scénario au fil de l'eau, évalué en comparaison de la mise en œuvre du projet, porte non seulement sur l'absence de l'infrastructure mais aussi sur l'abandon de la ZAC Cambaie et une sortie côté Jacquot sans cet axe spécifique. Celui-ci n'est-il pas susceptible d'être envisagé comme un itinéraire de délestage par les usagers de la RN au détriment de sa qualité de voie urbaine multimodale ?

Le scénario "au fil de l'eau" a été volontairement construit de manière cohérente : l'absence de réalisation de l'axe mixte entraîne mécaniquement l'abandon ou le gel des projets d'aménagement dépendants de cette infrastructure, en particulier la ZAC Cambaie-Oméga, qui ne peut être desservie de manière adaptée sans ce lien structurant. Le scénario de référence a donc une valeur systémique.

Le projet d'axe mixte a précisément été conçu pour éviter qu'une desserte locale comme la rue Jacquot devienne une voie de délestage de la RN1. L'infrastructure proposée permet de canaliser et hiérarchiser les flux, en renforçant le maillage viaire tout en maîtrisant les points de franchissement. Les modélisations de trafic aux horizons 2027 et 2047 montrent une diminution des flux entre la RN1 et Jacquot, confirmant que l'axe n'est pas perçu ni utilisé comme une échappatoire au trafic de transit, mais bien comme un équipement urbain adapté à la desserte du quartier.

Par ailleurs, le traitement urbain de l'axe (insertion paysagère, voies TCSP, mobilités douces) renforce son caractère de voie apaisée à vocation urbaine et multimodale, incompatible avec un usage de contournement rapide.

Le scénario au fil de l'eau pourrait être celui d'une ZAC entre Cambaie et le quartier Jacquot sans cet axe central mais avec les aménagements urbains envisagés. Le lien de nécessité mutuel n'est pas si net.

La justification du projet retenu est indiquée comme ne pouvant donner lieu à une « analyse des différentes variantes » (p 624). Aucune variante ne propose d'envisager la ZAC de Cambaie sans cette infrastructure en son sein.

Le scénario "au fil de l'eau" a été défini à l'échelle du projet global, dans une logique d'évaluation cohérente de l'ensemble des composantes interdépendantes. La ZAC Cambaie-Oméga repose en effet sur un schéma d'urbanisation structuré par l'axe mixte, qui assure à la fois la desserte interne, l'intégration au réseau existant, et la hiérarchisation des flux de circulation. En l'absence de cette infrastructure, l'organisation du quartier, sa densité, ses connexions aux pôles voisins (notamment le PEM) et le déploiement des mobilités durables seraient remis en cause. C'est pourquoi le scénario "au fil de l'eau" intègre l'hypothèse d'un gel du développement de la ZAC.

Le plan-guide de l'Écocité Cambaie-Oméga (2020) confirme d'ailleurs ce lien de dépendance. Il positionne clairement l'axe mixte comme l'armature principale du futur quartier, assurant la structuration de la trame viaire, la desserte des îlots, l'accueil du TCSP et des mobilités douces. Ce rôle de colonne vertébrale, visible dans les schémas d'intention urbaine et les principes d'aménagement, montre que l'urbanisation du secteur est pensée en articulation directe avec la réalisation de cette infrastructure.

Dès lors, le scénario de référence ne repose pas sur une dépendance théorique, mais bien sur un lien de faisabilité fonctionnelle entre l'urbanisation projetée et la mise en œuvre de l'axe mixte.

La ZAC s'appuie sur l'aménagement de l'axe mixte pour sa réalisation. Un scénario qui prévoit de développement de l'urbanisation sur la Plaine de Cambaie sans infrastructure nouvelle en lisière n'a jamais été envisagé.

Références citées

Dans le « Volet milieux naturels d'Étude d'impact » en annexe du dossier d'autorisation environnementale unique (p 529 et suivantes du document pdf), certains éléments soulèvent des questions.

Il est fait mention en page 540 (et page 25 du dossier de dérogation espèces protégées) de la Convention de Paris de 1902 sur les oiseaux utiles à l'agriculture. Cette convention n'est plus en vigueur et remplacée par la convention de 1950 sur la protection des oiseaux.

Cette mention, erronée, nuit à la crédibilité d'autres affirmations du dossier.

La convention sur la protection des oiseaux de 1950 a bien été prise en considération. Il s'agit d'une erreur de frappe dans le document. Une mise à jour par Biotope sur le VNEI et la DDEP a été réalisée.

2.1.2. Enjeux faunistiques

Dérogation espèces protégées (DEP)

Dans le tableau de la page 425, le protocole de dérogation simplifiée relative au caméléon panthère (*Furcifer pardalis*) n'est pas présent dans la synthèse des mesures prises.

Le pétitionnaire doit viser ce protocole en complément des mesures développées.

Le protocole de dérogation simplifiée relative au caméléon panthère (*Furcifer pardalis*) a bien été réalisé et des mesures ont été mises en place pour limiter l'impact du projet sur cet espèce. Malgré l'impact jugé négligeable, un protocole de dérogation simplifiée relative au caméléon panthère (*Furcifer pardalis*) a été réalisé et mentionné dans le tableau des incidences résiduelles présents dans le VNEI et la DDEP. Une phrase spécifiant qu'un protocole est présent en annexe de la DDEP a été ajoutée et une phrase renvoyant à la DDEP a été ajoutée dans le VNEI.

La description du projet revient sur une ligne de transport guidé (page 11 de la demande de dérogation Espèces Protégées) mais sans prendre en compte à terme la possibilité évoquée de mettre en œuvre une ligne aérienne de contact ni envisager dans ce cadre les impacts potentiels sur l'avifaune et les chiroptères.

Il y a là une lacune de l'évaluation du projet qui doit indiquer clairement s'il est nécessaire ou non de mener une instruction complémentaire dans le cadre de cette demande de dérogation espèces protégées.

Le projet a décrit une hypothèse technique sur une hypothèse de mise en place du RRTG sur un horizon long terme. Les effets mesures ne portent que sur la réalisation axe mixte et son projet de site propre pour les bus. Le projet RRTG devra répondre de ses impacts dans les dossiers réglementaires préalables à sa mise en service.

Cette mention est retirée du dossier pour clarification.

Par-ailleurs, la description des trois ouvrages d'art sur la ravine La Plaine (page 15 à 20 de la demande de dérogation espèces protégées) ne fait aucune évaluation de l'incidence de ces infrastructures sur les circulations aériennes, en particulier pour ce qui concerne la passerelle pour modes doux en treillis.
Ces précisions sont nécessaires pour sécuriser cette instruction.

Biotope a fait une mise à jour de l'évaluation de l'incidence de cette infrastructure sur l'avifaune présente dans l'aire d'étude du projet afin de sécuriser ce dossier d'instruction.

Une évaluation de l'impact des ouvrages d'art sur les circulations aériennes en phase d'exploitation a été ajouté au dossier VNEI et DDEP ainsi qu'une mesure de réduction d'impact correspondante.

La mention page 25 de la Convention de Paris de 1902 est erronée : Selon les sources consultées, elle est remplacée par la Convention internationale sur la protection oiseaux, signée à Paris le 18 octobre 1950, ratifiée en 1953 par l'Autriche, la France, la Grèce et Monaco et entrée en vigueur en 1963 pour 13 pays européens.

La convention sur la protection des oiseaux de 1950 a bien été prise en considération. Il s'agit d'une erreur de frappe dans le document. Une mise à jour par Biotope sur le VNEI et la DDEP a été réalisée.

Il est fait mention page 39 des investigations relatives aux chiroptères, effectuées en avril 2021 et en septembre 2021. Or, dans le paragraphe qui suit, la définition des périodes favorables à ces relevés fait mention de la période décembre-janvier en été et juillet-août pour l'hiver. Les investigations menées sur ce groupe chiroptères sont inadaptées. Or c'est sur ces investigations que repose ensuite l'évaluation qui exclut les impacts sur les chiroptères (développement page 115 et tableau page 118 de la demande de DEP) alors que l'enjeu est évalué fort sur le petit molosse (tableau page 105).

Ces contradictions doivent être levées.

La période de septembre-octobre constitue également une phase d'activité importante (reproduction, naissance et élevage des jeunes également possible à cette période de l'année) pour le Petit Molosse suivant les secteurs étudiés. Les investigations ont été réalisées pendant des périodes favorables, Biotope a juste mentionné les mois les plus favorables. Il a également été mentionné dans le rapport VNEI et DDEP "La période de septembre-octobre semble constituer une phase d'activité importante (reproduction, naissance et élevage des jeunes également possible à cette période de l'année) pour le Petit Molosse suivant les secteurs étudiés (HOARAU C., inédit).

Cette partie du document a été reprise pour ne plus avoir de contradiction dans le VNEI et le DDEP.

L'aire d'étude rapprochée inclut plusieurs colonies de petit molosse dont une présente dans un bâtiment désaffecté sur la plaine Chabrier avec prêt de 14 000 individus en période de reproduction. L'emprise du projet aura un impact direct sur les habitats de chasses et sites de transit pour les deux espèces recensées. Cependant, ces habitats sont très artificialisés ou ne sont composés que de savanes secondaires avec peu d'intérêt écologique pour les chiroptères. L'impact brut pour la destruction et/ou altération des habitats pour les chiroptères est jugé faible car les colonies connus des deux espèces ne sont pas concernées par l'emprise projet.

Ce n'est pas parce que l'enjeu d'une espèce est jugé fort que l'impact du projet sur cette espèce est forte. Ici il a été jugé que l'impact brut était faible (p116 du dossier de dérogation espèces protégées).

L'impact du recalibrage de la ravine La Plaine, «brut, ..., direct et indirect, permanent» est considéré comme fort (p 116). Il doit être pris en compte et notamment instruit en lien avec le statut de Réserve naturelle nationale (RNN) de l'Étang de Saint-Paul, si nécessaire compte tenu de cette évaluation.

Cette évaluation est en contradiction avec le bilan du tableau de la page 149 qui conclut à un impact nul sur les Typhaies. Cette conclusion se limite à l'emprise du chantier qui prévoit un balisage des stations concernées alors que les personnels du chantier seront formés. Ces mesures ne sont pas assez explicites. Par-ailleurs, il n'y a aucune garantie que, dans un chantier de cette ampleur, ce balisage garantira la préservation de ces stations.

Concernant les Typhaies, ces deniers sont dans l'aire d'étude rapprochée. L'emprise directe du projet n'a aucun impact sur ces habitats. Le seul impact possible est un impact indirect qui peut être causé par la remise en suspension de sédiment causée par le recalibrage de la ravine La Plaine. Le lien de connexion se fait par continuité aquatique uniquement. Une distinction des impacts a été faite dans le rapport pour que ce soit plus clair et une revue de l'impact attribué a donc été revue en conséquence suite à cette mise à jour. Des mesures ont déjà été proposés pour réduire l'impact résiduel sur les Typhaies.

Dans les CERFA concernant l'avifaune page 196, la capture n'est pas visée dans les points de dérogation sollicités, alors qu'elle est visée dans les modalités et les techniques de l'opération (rubrique D) avec mention de la capture mais pas des modalités de relâcher en D1 ni en H. De même, en page 200 de la demande de DEP, les conditions de relâcher pour le caméléon doivent être précisées (cocher la case adéquate en D1 et H).

Le cerfa de dérogation concernant l'avifaune a été repris. Aucune capture des oiseaux ou des œufs n'est prévu. Les travaux seront réalisés en dehors de la période de reproduction. Le cerfa a été rectifié.

Concernant le caméléon panthère, les case D1 et H ont été complétées.

Continuité aérienne

Il est précisé en page 185 que le transport en commun en site propre devrait évoluer en ligne de transport guidée avec développement d'une ligne aérienne de contact (LAC). Aucune échéance n'est associée à cette évolution. Par-ailleurs, ce volet particulier du projet ne fait, à ce stade, l'objet d'aucune évaluation de son incidence, notamment sur les continuités écologiques aériennes.

Le pétitionnaire devra compléter le dossier par un planning prévisionnel de cette évolution ainsi que d'une évaluation de son incidence notamment sur les continuités aériennes.

Le projet a décrit une hypothèse technique sur une hypothèse de mise en place du RRTG sur un horizon long terme. Les effets mesures ne portent que sur la réalisation axe mixte et son projet de site propre pour les bus. Le projet RRTG devra répondre de ses impacts dans les dossiers réglementaires préalables à sa mise en service. Cette mention est retirée du dossier pour clarification.

Impacts des ouvrages d'art sur les populations d'oiseaux et de chiroptères : Le volet relatif aux ouvrages d'art (p198 et suivantes) indique que les différents partis d'aménagement envisagés répondent en général sur le thème de l'environnement « à l'ensemble des contraintes du projet sur ce thème ». Ces « contraintes » ne sont pas explicitées et l'adéquation des partis d'aménagement avec les enjeux naturalistes du site ne sont pas démontrés. **C'est le cas en particulier du projet de passerelle quartier Jacquot, page 207 à 210 qui adopte la proposition treillis de type Warren. En parallèle, la proposition Bow String est rejetée du fait de son incidence supposée sur les circulations aviaires, alors même que la mention d'adaptation aux « contraintes » environnementales est commune aux trois types de projet pour cette passerelle dans le tableau page 210.** Le dossier n'explique pas en quoi le treillis est une meilleure solution que le Bow String. Ces deux solutions peuvent potentiellement être impactantes sur les populations aviaires mais aussi sur les chiroptères.

Le pétitionnaire devra éclaircir ce point en complétant cette analyse.

Biotope a intégré l'analyse de l'impact de la passerelle de type treillis dans le VNEI et le DDEP. Une mesure de réduction MR11 a également été ajoutée.

Le tableau de l'ouvragiste est revu pour mise en cohérence avec l'étude d'impact

2.1.3. Enjeux floristiques

Palette végétale

Le chapitre 5-3-6, relatif aux aménagements paysagers, pages 223 et suivantes, ne se réfère jamais à une palette végétale, ni à une référence partagée, en lien, par exemple, avec la démarche DAUPI.

La palette végétale est présentée au chapitre 7.4.8 qui traites des effets et des mesures sur le paysage. Le chapitre est repris ci-dessous :

Intentions de plantations en strate basse sur les noues :

Compte tenu du climat sec, aucune espèce hygrophile n'est implantée dans les noues. Les espèces envisagées en rive plantée sont Lys péi *Crinum asiaticum*, Bulbine *Bulbine futescens*, Vacoa nain, Vacoas panaché, Doliprane *Plectranthus mochilua*, Aloe, Mazambron marron et Dianella panaché , Goutte de sang *Russelia equisetiformis*, Euphorbe geraldii, Pittosporum nain *Pittosporum tobira nana*, bois de paille en queue *Monarrhenus salicifoliuse* et Romarin rampant.

Sur le radier et la seconde rive, le mélange herbacé projeté est composé de *Cynodon dactylon, heteropogon contortus*. Ces espèces jouent un rôle de peigne pour la pollution sur les bassins versants exutoire des eaux que constituent la masse d'eau stratégique souterraine SDAGE et la réserve naturelle de l'étang de saint Paul. Il est prévu d'ajouter *Zornia Gibbosa* à ces zones de graminées.

Intention de plantation en strate haute sur les noues :

Pour les palmiers : Latanier rouge Latania lontaroides ; Palmier de Madagascar *Dypsis madagascariensis* ; Palmier Bétel *Areca catechu* ; Palmier poison *Hyophorbe indica* ; Palmier Mac Arthur *Ptychosperma macarthurii*

Pour les arbres, Benjoin *Terminalia bentzoe*; Mantaly (Benjoin blanc) *Terminalia mantaly*; Arbre à miel *Inga laurina* ; Bois blanc rouge *Poupartia borbonica* ; Bois Rouge *Cassine orientalis* ; Pomme jacquot *Mimusops coriacea* ; Takamaka *Calophyllum inophyllum* ; Neem, Margousier *Azadirachta indica* ; Grand natte *Mimusops maxima*

Pour les espaces hors noues –en surlageur et à distance des enrobés :

Pour les arbres : Flamboyant *Delonix regia* ; Baobab *Adansonia digitata* ; Palmier triangle *Dypsis decaryi* ; Tamarin *Tamarindus indica* ; Bancoulier *Aleurites moluccana*

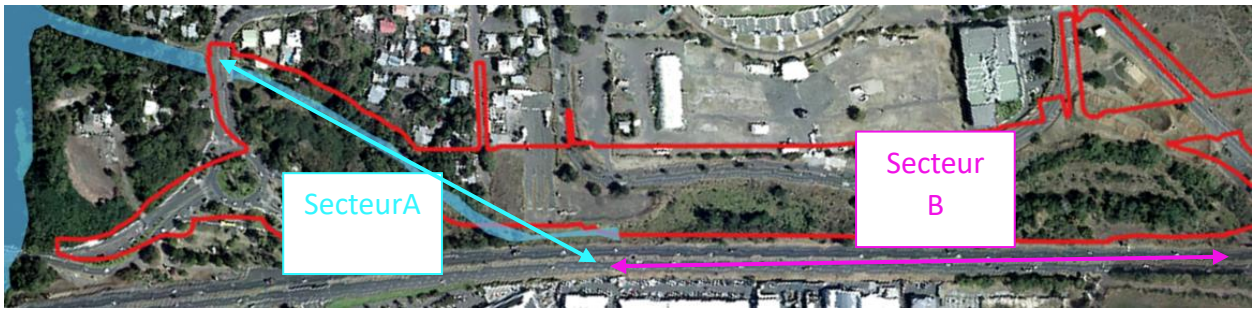
Pour les massifs : Frangipanier *Plumeria sp.* ; Veloutiers gris *Tournefortia argentea* ; Mahot tantan *Dombeya acutangula* ; Bois de sable *Indigofera amoxylum* ; Bois de chandelle ; Bois de chenille *Clerodendrum heterophyllum* ; Bois d'huile *Erythroxylum hypericifolium* ; Bois *puant Foetidia mauritiana* ; Bois maigre *Nuxia verticillata* ; Bois de joli cœur *Pittosporum senacia* ; Bois de pintade *Coptosperma borbonica* ; Bois de sureau *Leea guineensis* ; Café fleur *Tabernae montana coronaria* ; *Turnera Turnera ulmifolia* ; Lys péi *Crinum asiaticum*, Bulbine *Bulbine futescens*, Vacoa nain, Vacoas panaché, Doliprane *Plectranthus mochilua*, Aloe, Mazambron marron et Dianella panaché , Goutte de sang *Russelia equisetiformis*, Euphorbe geraldii, Pittosporum nain *Pittosporum tobira nana*, bois de paille en queue *Monarrhenus salicifoliuse* et Romarin rampant *Rosmarinus officinalis 'Repens'.*

Pour la ravine

Le projet de plantations de la ravine comprend :

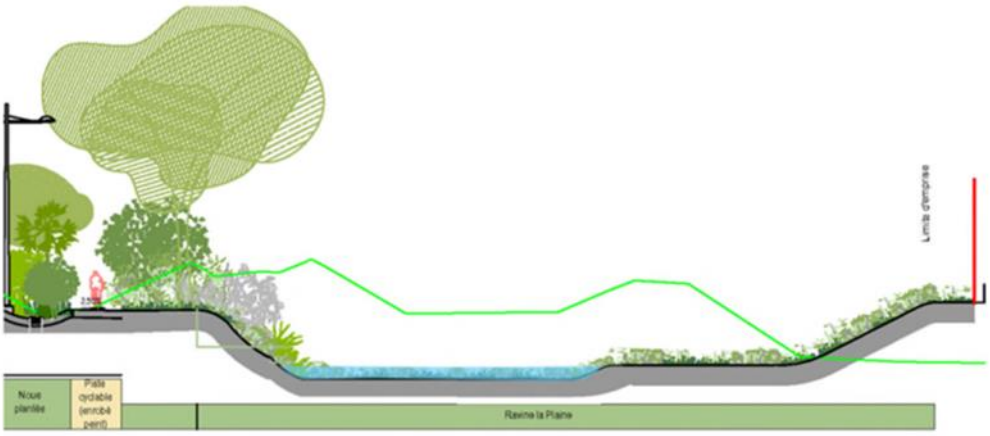
- Sur les berges, côté axe mixte : la plantation de massifs boisés de jeunes plants de forêt semi sèche
- Dans le lit de la ravine : une prairie de graminée formée de *Cynodon dactylon ; heteropogon contortus, Acalypha filiformis, Hibiscus ovalifolius, Pellea viridis, Ctenitis, et Pteris…*

Et nous distinguons sur la ravine deux secteurs. **Le secteur A** qui correspond à une ravine en eau, et **le secteur B** au profil de ravine sèche.



Sur le secteur A, les intentions de plantation sont Hibiscus *Hibiscus littoralis* ; Mahot bord de mer *Hibiscus tiliaceus* ; Porcher / Bois de rose *Thespesia populnea* ; Bois de peinture *Thespesia populneoides* ; Herbe bourrique *Ludwigia octovalvis* ; Herbe de riz Paspalum (Setaria) geminatum ; Paspalum *Paspalum vaginatum* ; Massette australe *Typha domingensis.*

Ces plantations seront aménagées sur un profil de ravine alternant zones en eau et zones émergées, tel que présenté sur le profil ci-dessous :



Sur le secteur B, les intentions de plantation sont

- dans le lit de la ravine des espèces prairiales formées de *Cynodon dactylon ; heteropogon contortus, Acalypha filiformis, Hibiscus ovalifolius, Pellea viridis, Ctenitis, et Pteris…*

- sur les berges, des essences de ripisylve et de forêt semi sèche : Benjoin *Terminalia bentzoe* ; Bois d'arneth *Dodonaea viscosa* ; Bois de balai (petit quivi) *Fernelia buxifolia* ; Bois de chandelle *Dracaena reflexa* ; Bois de gaulette *Doratoxylon apetalum* ; Bois de juda Cossinia pinnata ; Bois d'olive Olea *europea subs. Cuspidata* ; Bois de senteur blanc *Ruizia cordata* ; Bois de sureau *Leea guineensis* ; Bois de tension *Pouzolzia laevigata* ; Bois puant *Foetidia mauritiana* ; Bois rouge Cassine orientalis ; Mahot tantan *Dombeya acutangula* ; Latanier rouge *Latania lontaroides.*

Le pétitionnaire doit préciser ce point et garantir l'innocuité de ce programme sur le risque d'invasion biologique et la conformité des plantations prévues avec les règles en vigueur.

Le projet s'est bien appuyé sur la démarche DAUPI . Pour certaines espèces, les choix de paysage ont dérogé à sa stricte application mais ces exceptions ne concernent pas d'espèce exotique à fort caractère envahissant.

Les engagements relatifs à l'éclairage, développés p 234 (chapitre 5-3-9), sont conformes et devront être repris dans l'autorisation.

Cette remarque n'appelle pas de réponse

Présence de l'espèce *Phragmites mauritanius*

Dans le détail du patrimoine naturel, dans le chapitre de présentation de la flore indigène protégée (p 584), il est indiqué que l'espèce *Phragmites mauritanius* est « probablement présente » dans la RNN. Or cette présence est connue, confirmée et constitue un élément non négligeable du patrimoine sensible de la RNN.

Le pétitionnaire devra donc intégrer la présence de l'espèce *Phragmites mauritanius* dans le détail du patrimoine naturel.

Biotope a réalisé des compléments d'inventaires en avril 2025 sur la zone d'étude. Le long de la ravine de la Plaine, dans sa moitié sud immergée, se trouve une mosaïque de milieux humides correspondant à l'habitat de végétation marécageuse de basse altitude. Certains de ces habitats ont pu être décrits à la suite des prospections des 15 et 16 avril 2025. Une station de *Phragmites mauritianus* a été observée sur la partie sud de la Ravine La Plaine, en eau, dans l'emprise directe du projet. Cette espèce patrimoniale est en danger à La Réunion (IUCN, 2023) et est protégée au titre de l'arrêté ministériel du 6 février 1987. Contrairement aux autres espèces patrimoniales et/ou protégées recensées dans l'aire d'étude rapprochée étendue, celle-ci est intégrée dans l'emprise du réaménagement de la ravine La Plaine et devra faire l'objet d'une attention particulière à ce propos.

Cette espèce a été ajoutée au dossier de dérogation espèce protégée, au Cerfa flore et au Volet Naturel de l'Etude d'impact. Une mesure compensatoire a été proposée.

<u>Caractère envahissant des espèces</u>

L'échelle du caractère envahissant des espèces rencontrées sur place se réfère à une évaluation du CBN de 2016, qui a pourtant été revue régulièrement depuis. En outre, il y a désormais des arrêtés ministériels, datant de 2018 et 2019, précisant des éléments de statuts réglementaires sur les espèces envahissantes. Il convient donc d'actualiser l'analyse.

Une vérification des références utilisées a été faite afin de prendre en compte :

- Les derniers statuts réglementaires des espèces envahissantes, notamment au regard des arrêtés du 14 février 2018 et du 1er avril 2019*

-> Toutes les espèces exotiques sont concernées par l'arrêté du 9 février 2018

-> Seul *Spathodea campanulata* est concerné par l'arrêté du 1er avril 2019

- La dernière version (v.2020.1) de l'index de la flore vasculaire du CBNM (V. BOULLET & al., 2020). Les statuts d'invasion des espèces exotiques inventoriées dans le cadre de cette étude n'ont pas été modifié depuis la version de 2016 (LAVERGNE, 2016)

* En ce qui concerne les arrêtés ministériels de 2018 / 2019 relatifs aux espèces exotiques envahissantes:

- L'arrêté du 9 février 2018 relatif à la prévention de l'introduction et de la propagation des espèces animales exotiques envahissantes sur le territoire de La Réunion ne concerne que la faune

- L'arrêté du 9 février 2018 relatif à la prévention de l'introduction et de la propagation des espèces végétales exotiques envahissantes sur le territoire de La Réunion liste les espèces (indigènes) autorisées dans le cadre d'une introduction en milieu naturel. Parmi les espèces inventoriées dans le cadre de cette étude, toutes les espèces exotiques sont concernées (par défaut)

- L'arrêté du 14 février 2018 relatif à la prévention de l'introduction et de la propagation des espèces végétales exotiques envahissantes sur le territoire métropolitain ne concerne quant à lui que le territoire métropolitain. Une partie des espèces concernées dans cet arrêté ont été reprise dans l'arrêté du 1er avril 2019 qui s'applique strictement au territoire de La Réunion (cf. ci-après)

- L'arrêté du 1er avril 2019 relatif à la prévention de l'introduction et de la propagation des espèces végétales exotiques envahissantes sur le territoire de La Réunion - Interdiction de toutes activités portant sur des spécimens vivants fixe les espèces strictement interdites à La Réunion (détention, manipulation, introduction, etc.). Parmi les espèces inventoriées dans le cadre de cette étude, seul *Spathodea campanulata* est concerné.

Une mise à jour du VNEI et DDEP a été faite en conséquence.

2.1.4. Enjeux habitats

Interactions avec la Réserve Naturelle Nationale de l'Étang de Saint-Paul

En page 29, le dossier mentionne, sans démonstration, que « le projet n'interfère pas avec la Réserve Naturelle Nationale de l'Étang Saint-Paul ». Le dossier y revient ensuite à diverses reprises comme indiqué au fil de l'analyse qui suit et développe des contradictions à ce propos.

Ainsi, page 79, un enjeu fort est identifié, relatif à la sensibilité de la réserve naturelle nationale, sur le volet écologique, mais le volet hydraulique n'est pas réellement envisagé. Cette affirmation se veut conclusive dans le paragraphe 7-31-2 page 347.

Le pétitionnaire devra proposer une conclusion nette sur ce sujet qui peut avoir une incidence sur l'instruction de cette autorisation (cf. Art. 9 du décret du 2 janvier 2008 portant création de la RNN).

Le projet de prolongement de l'axe mixte a été conçu de manière à éviter toute interaction directe ou altération des fonctionnalités écologiques et hydrauliques de la Réserve Naturelle Nationale (RNN) de l'Étang de Saint-Paul.

Sur le plan écologique, l'étude d'impact identifie un enjeu fort lié à la proximité de la réserve. Toutefois, le projet n'empiète pas sur son périmètre et n'interfère pas avec les fonctionnalités internes de la RNN. Il intègre des mesures d'évitement et de réduction spécifiques, telles que des plantations tampons, une gestion de l'éclairage adaptée pour limiter les nuisances à la faune, ainsi qu'un traitement paysager des lisières favorisant la continuité des milieux.

Sur le plan hydraulique, la gestion des eaux pluviales repose prioritairement sur l'infiltration à la source via des bassins, noues et tranchées drainantes. Ces dispositifs sont dimensionnés pour capter les eaux courantes. Ce fonctionnement est conçu pour ne pas accentuer les régimes hydrauliques existants. Le fonctionnement hydrologique du bassin versant de l'Étang de Saint-Paul est donc maintenu.

En phase chantier, des mesures spécifiques sont prévues pour éviter tout risque d'impact indirect, notamment le ruissellement de sédiments ou l'élargissement involontaire des emprises : dispositifs de retenue temporaires, délimitation stricte des zones de travaux, planification adaptée aux périodes sensibles pour la faune, et suivi environnemental renforcé.

Le chapitre portant sur le recalibrage de la ravine La Plaine, page 211 et suivantes, fait une analyse approfondie des incidences envisagées du projet sur le risque d'inondation, mais n'évoque pas l'évolution du régime d'alimentation de la ravine de l'Étang Saint-Paul. **Il n'est pas précisé si le projet a une incidence sur les niveaux d'eau dans la ravine de l'Étang, sur des évènements ponctuels ou sur le régime annuel voire à plus long terme.** Cette incidence pourrait potentiellement avoir un impact sur les habitats naturels de l'embouchure, en particulier sur les reliques de sub-mangrove caractéristiques de cette zone, devenues extrêmement rares et particulièrement sensibles.

Le projet hydraulique de l'axe mixte est conçu conformément à la règlementation en vigueur et au schéma directeur et plan guide de l'Ecocité. Elle tient compte des enjeux de vulnérabilité forte du milieu récepteur de l'Etang Saint-Paul.

Ainsi, l'ensemble des eaux pluviales du projet est soit infiltré en noue et soit retenu en bassin, pour assurer un débit de rejet inférieur à 80% du débit initial pour une pluie de 30 ans.

Pour s'assurer d'une qualité de rejet en adéquation avec le milieu récepteur (Ravine La Plaine et Etang de Saint-Paul, milieu à vulnérabilité forte), un taux d'abattement de MES de 80 % est assuré sur chaque bassin.

L'article 9 du décret du 2 janvier 2008 précise que « les travaux publics ou privés modifiant l'état ou l'aspect de la réserve sont interdits. ». Il n'est pas indiqué si ces travaux sont interdits dans le périmètre de la Réserve Naturelle Nationale. **L'analyse réalisée doit également vérifier si une autorisation spécifique doit être instruite sur le sujet**.

Sur l'aspect réglementaire propre à l'article 9 du décret du 2 janvier 2008 qui porte création de la réserve et qui précise que « les travaux publics ou privés modifiant l'état ou l'aspect de la réserve sont interdits. », une analyse juridique a été réalisée par Laura Cecarelli chez DS Avocat (annexe 2). Ses conclusions sont présentées ci-dessous :

La réglementation applicable à une réserve naturelle est strictement circonscrite à son périmètre légalement défini et ne peut s'étendre au-delà, sauf en cas de création d'un périmètre de protection spécifique, ce qui ne semble pas être le cas en l'espèce. Par conséquent, les prescriptions et protections attachées au statut de réserve naturelle ne sauraient s'appliquer en dehors de ses limites géographiques. Les travaux envisagés ne sont donc pas susceptibles d'être considérés comme modifiant l'état ou l'aspect de la réserve, et ne sont, par conséquent, pas soumis à autorisation préalable au titre de l'article L. 332-9 du code de l'environnement.

Par ailleurs, le chapitre définissant les mesures en lien avec les impacts du recalibrage de la ravine La Plaine (p.245, chapitre 5-4-2-3) ne fait encore aucune référence à la préservation des équilibres écologiques à l'embouchure de la ravine de l'Étang en réserve naturelle. **Le pétitionnaire devra amender le dossier par une analyse de l'incidence du recalibrage de la ravine La Plaine et préciser les mesures prises pour préserver les équilibres écologiques au niveau de l'embouchure de la ravine de l'Étang en réserve naturelle.**

Les effets du recalibrage de la ravine sur les équilibres écologiques de l'embouchure de la ravine de l'étang et mesures prises ont été retravaillées et ou ajoutées dans le VNEI et la DDEP. Les mesures ont été retravaillées dans les deux dossiers également.

Le chapitre 6-6, relatif à la réserve naturelle de Saint-Paul, indique que le projet n'est pas concerné par le règlement de la réserve (mention reprise en page 305 dans le projet de synthèse des compatibilités). Or l'article 9 du décret 2008-4 du 2 janvier 2008 indique que « les travaux publics ou privés modifiant l'état ou l'aspect de la réserve sont interdits. » Il n'indique pas que ces travaux sont interdits exclusivement au sein du périmètre de la réserve.

Le pétitionnaire devra préciser ce point de réglementation.

Analyse juridique en annexe 2.

Par ailleurs, ce projet débouche nécessairement sur la réalisation d'un pont en aval de la RN1 sur la zone B assurant la liaison Cambaie-Saint-Paul, qui est également visée dans cet article 9 du décret de 2008.

Le cumul des impacts potentiels de projets interdépendants doit être envisagé à ce stade sous peine de générer des lacunes réglementaires dans l'instruction au détriment du projet.

Le projet de prolongement de l'axe mixte a été étudié dans une logique de phasage cohérente avec les orientations d'aménagement à l'échelle du territoire de Cambaie–Saint-Paul. Il constitue un maillon structurant de la trame viaire, qui est

susceptible de préfigurer en effet, à terme, une connexion renforcée entre les secteurs de Cambaie et du centre-ville de Saint-Paul, notamment par la réalisation ultérieure d'un franchissement en aval de la RN1 (zone B), évoqué dans le cadre de l'article 9 du décret de 2008.

Si une cohérence technique a été recherchée entre les deux projets d'Axe Mixte et de Nouveau Pont de l'Etang de Saint Paul, ces deux projets sont indépendants. Le franchissement aval de la RN1 fera l'objet d'un projet distinct, qui sera soumis à ses propres procédures réglementaires (évaluation environnementale, concertation, autorisation), avec une prise en compte de ses propres impacts et du cumul avec les aménagements déjà réalisés, y compris l'axe mixte.

À cet égard, si les incidences de la phase travaux sur la ravine La Plaine sont envisagées en lien avec des impacts ponctuels sur la RNN de l'Étang Saint-Paul, il est indiqué, pour la phase d'exploitation que le projet est « partiellement » déconnecté de la RNN dans la rubrique « évitement » du détail de la démarche ERC, page 332, ce qui exclue de fait toute mesure d'évitement. Le dossier prévoit pourtant le recalibrage sur toute la longueur contiguë au projet du principal cours d'eau alimentant l'aval de la ravine. La définition de l'évitement dans ce contexte est à revoir.

La formulation figurant au chapitre 7.2.3 de l'étude d'impact, selon laquelle le projet serait « partiellement déconnecté » de la RNN de l'Étang Saint-Paul, faisait référence à une version antérieure du projet dans laquelle une partie des eaux du bassin versant initialement dirigées vers la ravine La Plaine était dérivée vers un autre bassin versant. Cette disposition a été reconsidérée par le maître d'ouvrage en phase d'approfondissement technique.

Désormais, la totalité des eaux collectées dans ce périmètre projet est dirigée vers la ravine La Plaine. Ce changement a été intégré dans la conception des ouvrages de gestion des eaux pluviales.

Pour autant, le projet ne génère pas de modification des apports à l'Étang Saint-Paul. Grâce à la mise en œuvre de noues et bassins d'infiltration, les eaux sont traitées à la source, avec une régulation des volumes et des débits restitués. Le fonctionnement hydrologique de la ravine La Plaine, et par extension celui de la réserve, est donc maintenu.

Nous reformulons la notion d'évitement telle que présentée dans le chapitre 7.2.3 par une mesure de réduction qui met en œuvre une gestion des eaux pluviales permettant de maintenir les équilibres hydrologiques du bassin versant de l'Étang de Saint-Paul.

Par-ailleurs, la notion de réduction est traitée à l'aune de la seule réduction des pollutions potentielles, chroniques ou accidentelles. Alors même que le projet modifie notablement la répartition des zones inondables et l'ampleur des inondations sur le quartier Jacquot, l'incidence de ces modifications sur le régime hydrique de la ravine et de l'estuaire n'est jamais envisagée.

Cf. ci-dessus, l'analyse hydraulique qui décrit l'absence de modification sensible des apports à l'Etang Saint-Paul.

Le pétitionnaire devra démontrer l'innocuité du projet vis-à-vis des éléments patrimoniaux de l'aval de la RNN, dont la sub-mangrove.

L'impact du recalibrage de la ravine La Plaine sur les habitats et la flore et l'impact de la remise en suspension de sédiments causée par les travaux de la Ravine la Plaine sur les espèces floristiques et habitats en aval a été retravaillé dans le Volet Naturel de l'étude d'impact et le Dossier de Dérogation Espèce Protégée. Concernant la sub-mangrove, de la même manière que pour les autres habitats en aval de la Ravine la Plaine, la mesure MR06 "Gestion des pollutions accidentelles et de la qualité de l'eau durant la phase travaux" sera suffisante pour réduire de façon significative l'impact de la remise en suspension des sédiments dans le cours d'eau. Cette dernière ne traite pas uniquement des pollutions accidentelles mais bien également de la limitation des remises en suspension des sédiments causées par certaines opérations dans le milieu aquatique (cf. Modalités de mises en œuvre de la mesure).

Enjeu « Zones humides »

L'enjeu « Zones humides » (page 83) est évalué par rapport aux inventaires de 2009 et 2011, qui n'en identifient pas dans la zone d'étude. L'inventaire de 2019 des zones humides des étages littoraux et se-mi-secs, en ligne sur le site de la DEAL (https://www.reunion.developpement-durable.gouv.fr/les-zones-humides-a1129.html), identifie un enjeu dans la zone d'étude relatif à la ravine La Plaine.

Le pétitionnaire doit prendre en compte cet enjeu et le viser dans le tableau de synthèse des enjeux environnementaux de la page 170 du dossier d'AEU.

Cette mention fait également défaut dans la carte du « Volet milieux naturels d'Étude d'impact » de la page 571, relative aux inventaires, dont celui des zones humides. Le classement de la ravine La Plaine en Zone RAMSAR n'est jamais envisagé comme un enjeu de conservation spécifique relatif à l'engagement de l'État pour la préservation de cet espace, en particulier dans le contexte des travaux envisagés. L'enjeu doit donc être évalué au regard de cet engagement international.

Le projet a pleinement pris en compte la sensibilité écologique de la ravine La Plaine, notamment au regard de son rôle d'exutoire vers l'étang de Saint-Paul, classé à la fois zone humide RAMSAR et Réserve Naturelle Nationale. La conception des aménagements a ainsi intégré des mesures spécifiques visant à préserver les milieux aquatiques et humides associés, en cohérence avec les enjeux identifiés dès l'état initial de l'étude d'impact.

Cet enjeu a été qualifié de fort, en particulier sur le secteur 2, où la ravine traverse des milieux naturels remarquables, dont plusieurs habitats déterminants ZNIEFF de type 1 et 2. L'étude reconnaît que le recalibrage de la ravine entraînera la destruction partielle d'habitats humides en aval, tels que roselières et prairies humides, et que les travaux peuvent provoquer une remise en suspension des sédiments, induisant une turbidité susceptible d'affecter la végétation hygrophile caractéristique du site (notamment *Nesea triflora, Setaria geminata, Typha domingensis et Paspalum vaginatum).*

L'impact brut a ainsi été estimé comme négatif, direct et indirect, permanent et fort, ce qui justifie la mise en œuvre de mesures de réduction renforcées pendant les travaux (limitation du rabattement de nappe, phasage contrôlé, dispositifs de filtration), ainsi qu'un suivi environnemental spécifique sur ce tronçon sensible.

2.1.5. Mesures ERC

Le mélange des mesures de compensation et de suivi est à proscrire (page 333). Ce sont des mesures totalement distinctes de la séquence ERC répondant à des enjeux différents (cf. CEREMA, 2018, Guide Thema : Évaluation environnementale : Guide d'aide à la définition des mesures ERC ; CGEDD).

Les mesures ERC et mesures de suivi et d'accompagnement sont traités de façon distinctes dans le document.

Le chapitre 7-6 sur les impacts cumulés (p 433 et suivantes) vise explicitement la ZAC Cambaie et souligne l'impact cumulé fort (éclairage, pose d'antennes) des différents projets prévus sur la zone.

Le pétitionnaire devra préciser la séquence ERC tenant compte des impacts cumulés des projets.

Le chapitre 7.6 de l'étude d'impact identifie explicitement les effets cumulés du projet de prolongement de l'axe mixte avec les autres projets d'aménagement du secteur, notamment la ZAC Cambaie-Oméga. Ces effets cumulatifs concernent plusieurs thématiques environnementales, en particulier l'éclairage, la fragmentation des milieux et l'équipement technique (antennes, réseaux). Il est reconnu que ces interactions peuvent générer un impact cumulé brut fort, notamment sur les milieux naturels et la faune.

En particulier, la pollution lumineuse en phase d'exploitation est identifiée comme un facteur de pression cumulée important. La création conjointe de la ZAC et de l'axe mixte est susceptible de générer un impact cumulé fort sur l'avifaune marine, en lien avec la sensibilité de certaines espèces, notamment les Procellariidae (Puffin tropical, Pétrel de Barau) survolant le secteur.

Le projet d'axe mixte, à lui seul, décrit un impact brut négatif, direct, permanent et fort en lien avec l'éclairage. Toutefois, plusieurs mesures concrètes de réduction sont prévues dans le cadre de la démarche ERC pour limiter cet impact et réduire sa contribution aux effets cumulés :

- Choix de franchissements sans hauban, évitant les structures verticales éclairées ;
- Évitement de l'éclairage en surplomb, limitant la visibilité des sources lumineuses pour les oiseaux en vol ;
- Dispositifs lumineux orientés vers le sol, de faible intensité, avec extinction ou atténuation programmée dans les zones sensibles ;

- Intégration de ces prescriptions dès la phase conception, avec coordination avec les autres maîtrises d'ouvrage, notamment celle de la ZAC, pour garantir une cohérence des aménagements à l'échelle du secteur.

Grâce à ces mesures, l'impact résiduel du projet d'axe mixte est jugé faible, y compris lorsqu'il est mis en regard des autres projets en cours ou à venir. Cela témoigne d'une prise en compte effective des effets cumulés dans la conception du projet, en cohérence avec la doctrine ERC.

Par ailleurs, la cohérence entre projets voisins (notamment ZAC et axe mixte) est assurée par une gouvernance d'aménagement commune (Territoire de l'Ouest), qui permettra de suivre l'évolution des impacts cumulés et, si nécessaire, d'adapter les mesures de réduction à l'échelle de l'Écocité.

Une mention dans le tableau de la page 639, relative aux mesures mises en œuvre pour la préservation des chauves-souris interpelle : la délocalisation. Le pétitionnaire devra préciser les manipulations mises en œuvre et solliciter dans ce cas l'instruction de la dérogation espèces protégées associée ou envisager l'absence de toute manipulation.

Les gites sont présents au sein de l'aire d'étude rapprochée. Aucun gite n'est présent sur l'emprise du projet. Biotope a proposé une adaptation du planning des travaux et non une délocalisation des gites. Cette mention a été retiré du VNEI et de la DDEP. Il s'agit d'une erreur de frappe. Le projet n'est pas concerné par la délocalisation puisque les chiroptères sont présents dans un bâtiment en dehors de l'emprise directe du projet et ce dernier ne sera en aucun cas détruit.

2.2. Gestion des eaux pluviales

2.2.1. Projet global de gestion des eaux pluviales

Principe général

Le principe de gestion des eaux pluviales retenu est détaillé en pages 227 et suivants de l'étude d'impact. Il est également défini dans l'étude hydraulique du BE Artelia fournie en annexe.

Il consiste en une collecte des eaux pluviales par 4 noues paysagères favorisant l'infiltration des eaux recueillies, complétées par des ouvrages de rétention dimensionnés pour une période de retour de 30 ans. Des ouvrages d'entonnement seront mis en place pour faciliter la transition entre noue et ouvrage. Un fossé est créé côté montagne pour récupérer et tamponner les eaux arrivant côté montagne avant de les rediriger vers la mer.

Dans l'étude fournie, l'infiltration n'a pas été prise en compte. Les ouvrages ont été dimensionnés en fonction de volumes de rétention déterminés selon la méthode des pluies telle que préconisée par le guide de la DEAL Réunion de 2012.

NB : BV = Bassin versant.

Les ouvrages retenus selon l'étude hydraulique sont les suivants :

		Section à 2 x 1 voie	Section à 2 x 2 voies	Ouvrages de rétention	Ouvrage complémentaire
Secteur 1	BV1 - solution n°1	1 160 m^3	1 220 m^3	4 noues de 3,5 km comprenant 503 cloisons pour un volume de 700 m^3	Bassin de rétention de 420 à 520 m^3
Secteur 1	BV1 — solution n°2	1 160 m^3	1 220 m^3	4 noues de 3,5 km comprenant 198 cloisons pour un volume de 125 m^3	Bassin de rétention de 1 095 m^3
Secteur 1	BV2	63 m^3			Bassin de rétention de 63 m^3
Secteur 2	BV1	185 m^3	260 m^3	Noues comprenant 21 cloisons pour un volume de 108 m^3	Bassin de rétention de 80 à 150 m^3 ou approfondissement des noues de 1 met BR de 70m^3
Secteur 2	BV2	155 m^3	185 m^3	Noues comprenant 115 cloisons pour un volume de 381 m^3	Bassin de rétention de 420 à 520 m^3
Secteur 2	BV3		65 m^3	Noues comprenant 54 cloisons pour un volume de 130 m^3	Bassin de rétention de 20 m^3
Secteur 2	BV5		60 m^3	Noues comprenant 62 cloisons pour un volume de 93 m^3	Bassin de rétention de 30 m^3
Secteur 2	BV5		22 m^3	Noues comprenant 31 cloisons pour un volume de 170 m^3	Bassin de rétention de 9 m^3

Remarque : le principe de gestion des EP énoncé dans ce qui précède a été en partie revu et s'avère décrit en détail dans la nouvelle version de l'étude d'impact. De manière générale, il peut en être retenu que :

- Les bassins versants ont été remodelés → sur le secteur 1, l'emprise des 2 BV a été réajustée (la taille du BV1 a été réduite au profit du BV2[3]) et sur le secteur 2, les BV2 et BV3 ont été regroupés (pour mutualiser leurs bassins de rétention) ;
- La rétention dans les noues a été négligée ;
- L'infiltration a été prise en compte sur le BV1 du secteur 1, étant donné que le sol présente une bonne capacité d'infiltration sur cette zone, contrairement aux autres secteurs.

Il est à noter que le réseau de gestion des eaux pluviales décrit dans l'étude d'impact diffère de celle fournie dans l'étude hydraulique.

Il s'agit d'une erreur. La gestion des EP a plusieurs fois l'objet de modifications et nous avons omis d'actualiser l'étude hydraulique. D'autres incohérences ont d'ailleurs été décelées entre ces 2 documents et sont citées dans ce qui suit. Le dossier a depuis été modifié.

Ainsi en page 231 de l'étude d'impact, dans le chapitre 5.3.8.2 Collecte des eaux pluviales, il apparaît :

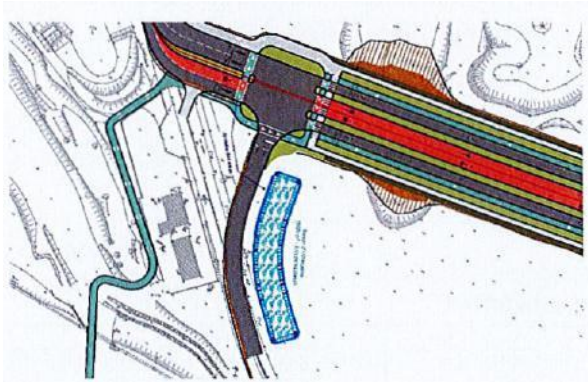
- qu'aucun bassin n'est prévu pour le BV1 du secteur 1. Les eaux étant rejetées directement dans un fossé de 770 ml vers l'ouest en direction de dépressions naturelles !!!! et « où *l'infiltration des eaux pourra se poursuivre le cas échéant* ».

Initialement, l'objectif de ce fossé était de préserver le cheminement hydraulique des eaux de ruissellement pluvial du bassin versant naturel dont les eaux s'étalent sur la plaine de Cambaie (et ne rejoignent pas la Ravine La Plaine). Ce fossé devait ainsi recueillir un éventuel surplus d'eau (en cas de dysfonctionnement du principe d'infiltration par exemple) du BV 1, favoriser l'infiltration de ces eaux le long de son tracé et rejoindre des dépressions naturelles bordant le littoral.

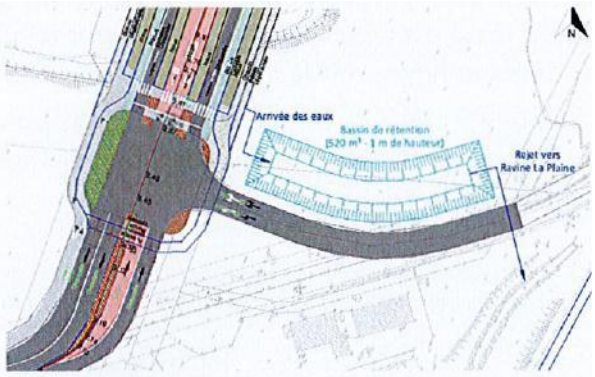
Ce fossé devait donc traverser la plaine de Cambaie qui accueillera à terme la ZAC PHAONCE et ses extensions Ecocité. Afin de préserver les emprises de cette ZAC, il a finalement été convenu d'abandonner cette solution et transférer l'éventuel surplus d'eau issu du BV 1 vers la Ravine La Plaine via passage par le bassin de rétention situé à l'aval du BV2. Un réseau enterré est donc positionné en aval du BV 1 pour assurer ce transfert vers le bassin de rétention.

- que, pour le BV 2 du secteur 1, il est prévu un bassin d'infiltration de 650 m^3.

De surcroît, toujours dans le même chapitre, sur le secteur 2, le projet est découpé en 4 BV au lieu de 5, et les BV2 et 3 ne comprennent pas de bassin de rétention.



Projet en page 231 de l'El : bassin d'infiltration de 650 m^3.



Projet en page 57 de l'EH : bassin de rétention de 520 m^3 avec rejet dans la ravine La Plaine.

La description de l'étude hydraulique correspond à la première version du dispositif de gestion des eaux pluviales, qui visait à créer un bassin de rétention (complémentaire au volume stocké dans les noues) avec rejet d'un débit régulé dans la Ravine La Plaine. La demande ultérieure qui a été formulée d'éviter tout rejet dans la Ravine La Plaine nous a conduit à proposer un bassin de rétention / infiltration dimensionné pour une pluie de période de retour 30 ans mais de durée 30 minutes (650 m³). Dans la nouvelle version de l'étude d'impact, on retrouve à nouveau un rejet dans la Ravine La Plaine (80 % du débit initial)

[3] Initialement, la quasi-intégralité du secteur 1 était inclus dans le BV1 avec un rejet unique dans la Ravine La Plaine. Etant donné qu'en l'état actuel, une partie des eaux pluviales issues du BV1 (côté giratoire de Cambaie) s'orientent naturellement vers la plaine de Cambaie, il avait été décidé de respecter ce fonctionnement naturel et de transférer les eaux drainées par les noues du projet dans un fossé à créer qui devait traverser la plaine (et la ZAC Phaonce) en favorisant l'infiltration des eaux recueillies (cette solution a finalement été écartée – cf. explications dans ce chapitre).

avec un volume de rétention qui reste à 650 m³ (avec une surface permettant d'assurer un taux d'abattement des polluants en adéquation avec la vulnérabilité du milieu récepteur).

Insuffisance du dossier

Les éléments fournis sont insuffisants pour permettre au service instructeur d'émettre un avis sur le projet de gestion des eaux pluviales de l'axe mixte.

Les insuffisances sont les suivants :

- absence de description précise des travaux et notamment la mise à 2 x 2 voies telle que prévue dans l'étude hydraulique

Scénario abandonné à ce stade

- gestion des eaux pluviales différentes entre l'étude d'impact et l'étude hydraulique ;

Cf. explication précédente

- absence des éléments nécessaires à la compréhension du dossier (voir éléments demandés en annexe 3 du présent document) ;

Cf. étude d'impact et son étude hydraulique annexée.

- conception peu réaliste comme la mise en œuvre d'un débit de fuite à travers la cloison d'une noue par un orifice situé en bas de la cloison (risques importants de colmatage).

Ce choix a été abandonné et seule une surverse sera aménagée sur chaque cloison.

Justification du réseau hydraulique.

Le bureau d'étude justifie les volumes de rétention par un calcul global selon la méthode des pluies puis répartit ces volumes sur les noues de stockage et les bassins de rétention.

Cette justification ne tient pas compte des limites de la méthode. La méthode des pluies ne peut s'appliquer que pour le calcul d'un volume de stockage unique d'un bassin versant auquel est associé un débit de fuite. Cela revient donc à définir pour chaque segment de noue cloisonnée, un bassin versant et un débit de fuite.

Dans le cas des bassins en série (noues cloisonnées), il convient alors de sommer les débits de fuite conformément au principe précisé en annexe n°4, ce qui entraîne des débits de fuite variables pour chaque noue compartimentée.

Dans le cas présent, compte-tenu du nombre important de cloisons, un tel calcul est irréaliste.

La mise en œuvre de noue cloisonnée ne peut se faire par la méthode des pluies qu'en cas d'infiltration totale des eaux pluviales. Sinon, le bureau d'études devra s'orienter vers des calculs par modèle hydrologique.

Par simplicité (calcul trop complexe), il a été abandonné le principe de rétention dans les noues, bien qu'elles jouent nécessairement un rôle dans le laminage et le ralentissement des eaux par rapport à l'état actuel (réduction de la pente d'écoulement).

Conclusion

L'étude hydraulique fournie est à reprendre en totalité. Il conviendra de définir un principe de gestion des eaux pluviales tenant compte des remarques faites ci-dessus et en annexes 3 et **4.**

Le bureau d'étude devra concevoir un projet réaliste et appliquer les méthodes des calculs dans leurs limites d'utilisation.

Tous les éléments de compréhension nécessaires pour s'assurer du bon fonctionnement du projet de gestion des EP doivent être fournis (annexe n°3).

Dans le cas présent, la recherche d'une infiltration maximale des eaux de ruissellements peut être une solution à approfondir, mais doit être dans tous les cas justifiés par le calcul. Les capacités d'infiltration seront vérifiées par des études de sol.

Vis-à-vis de ce dernier point, il est à noter que les capacités d'infiltration des sols ont été déterminées lors des études géotechniques (GINGER CEBTP 09/2021) et prises en compte dans l'étude hydraulique.

Des essais de perméabilité ont été réalisés dans le cadre des investigations géotechniques, permettant de caractériser les capacités d'infiltration des sols suivantes :

Nord Secteur 1 : 3,3 et 3,5.10-4 m/s – bonne perméabilité – infiltration possible ;

Sud secteur 1 et secteur 2 : 1,65 et 3,4.10-5 m/s – perméabilité moyenne – infiltration plus difficile.

2.2.2. Entretien des ouvrages

L'étude d'impact précise en page 412 le principe de fonctionnement des noues d'infiltration basé sur un mélange terre pierre et la présence de végétaux dont le système racinaire stabilise le sol et limite le risque d'érosion. La végétalisation des ouvrages hydrauliques joue donc un rôle primordial dans la gestion des eaux pluviales. Par-ailleurs, le dossier indique que l'entretien sera réalisé par l'entreprise en charge des travaux de plantation dans le cadre de son marché de travaux durant les 5 premières années puis sera assuré par la collectivité Mairie de Saint-Paul (p 419).

Un suivi et un entretien régulier de ces plantations doivent impérativement être mis en place sur le long terme pour assurer l'efficacité du système de gestion des eaux pluviales. Le pétitionnaire s'engage à réaliser une convention avec la collectivité indiquant les modalités d'entretien des ouvrages. Il s'engage à transmettre ce document au service en charge de la Police de l'Eau.

Financé par la Région, l'entretien sera réalisé pendant 5 ans par l'entreprise en charge des travaux de plantation pour conforter le projet de plantation.

Au-delà, la gestion sera assurée par la collectivité Mairie de Saint Paul dans le respect d'une charte de gestion écologique

2.2.3. Ouvrages de franchissement

Le pétitionnaire veillera à respecter les préconisations du guide technique de conception des franchissements de cours d'eau, « Petits ouvrages hydrauliques et continuités écologiques » réalisé par le SETRA. Ces préconisations permettront d'éviter l'érosion en amont et en aval de l'ouvrage et de créer des conditions propices au franchissement des espèces

Aucun obstacle à la continuité écologique n'est envisagé dans le lit de la Ravine La Plaine avec la réalisation des nouveaux ouvrages de franchissements (seuil par exemple). La pente longitudinale actuelle du lit sera préservée et des dispositifs de protection du fond du lit seront mis en œuvre au droit des appuis des ouvrages pour éviter tout affouillements susceptibles d'engendrer des ruptures sur le profil en long du lit préjudiciables à la circulation des espèces piscicoles.

2.2.4. Recalibrage de la ravine La Plaine

Le projet prévoit un recalibrage de la ravine La Plaine afin d'évacuer une crue de période de retour de 10 ans avec un axe légèrement redressé pour cheminer entre les voies de circulation.

Les berges feront l'objet d'une végétalisation afin de marquer la ravine dans le paysage et de stabiliser les berges contre les risques d'érosion. Toutefois, les berges situées au droit et aux abords immédiats des trois futurs ouvrages de franchissement et les piles implantées dans le lit mineur seront concernées par la mise en œuvre d'enrochements libres. Les apports de matériaux et d'enrochement constituent une source potentielle d'introduction d'espèces exotiques envahissantes (EEE).

Le pétitionnaire devra compléter son dossier par la réalisation de mesures ERC relatives à l'introduction d'EEE.

Une mesure de lutte EEE accompagné d'un suivi a été ajoutée par Biotope, nommée S02, dans le VNEI et la DDEP.

2.2.5. Mesures ERC (éviter, réduire, compenser)

Le dossier précise les mesures ERC mises en œuvre afin de limiter les impacts du projet. Ces mesures devront être amendées par les éléments suivants :

<u>Généralités</u>

Le bénéficiaire organise, avant le démarrage du chantier, une formation pour les entreprises adjudicataires afin de leur présenter les règles liées à la protection du milieu naturel, les modalités de réalisation des travaux et les procédures à respecter en cas d'accidents ou d'incidents.

Il s'agit de la mesure xvi. « Information et formations des entreprises de travaux sur les procédures à suivre en cas de pollution accidentelles »

Elle sera renforcée des règles liées à la protection des milieux naturels.

En phase travaux

Tout incident lors de la conduite du chantier portant atteinte à la gestion de l'eau et aux milieux naturels est signalé immédiatement et au plus tard un jour calendaire suivant l'événement au service en charge de la police de l'eau.

Il s'agit à nouveau de la mesure xvi. « Information et formations des entreprises de travaux sur les procédures à suivre en cas de pollution accidentelles », à savoir :

- Arrêt immédiat de l'engin d'où provient la fuite ;
- Avertir le plus rapidement possible le service mécanique concerné ; et les services concernés : Région, ARS, le TO et la Mairie.

Est donc ajouté « service de Police de l'Eau » à la phrase précédente de la mesure xvi.

Les débroussaillages se font à l'avancement du chantier et non pas par phase globale de type de travaux afin d'éviter la mise à nu du terrain. Une remise en état des aires ne nécessitant pas d'intervention ultérieure est réalisée à l'avancement du chantier et non pas en fin de chantier. La végétalisation immédiate des aires non revêtues et l'arrachage de pestes végétales sont entrepris de concert.

Le projet prévoit en effet le défrichement à l'avancement des travaux tel que décrit en mesure xix. Les travaux préparatoires visent au défrichement des parcelles concernées par le recalibrage. Ils seront réalisés dans la temporalité décrite dans les effets mesures sur le milieu naturel, en période sèche. Les travaux de recalibrage peuvent être réalisés à l'avancée du défrichement.

La mesure « xlv. Adaptation du mode de défrichement pour faciliter la fuite de la faune » est amendée ainsi : Les travaux de défrichement seront réalisés à l'avancement des travaux. Les aires non revêtues bénéficieront d'une végétalisation immédiate et l'arrachage des pestes végétales sera réalisée dans la même temporalité.

Il est interdit de stocker sur le site des hydrocarbures ou des produits polluants susceptibles de contaminer la nappe souterraine et les eaux superficielles, ou de laisser tout produit, toxique ou polluant sur site en dehors des heures de travail, évitant ainsi tout risque de dispersion nocturne, qu'elle soit d'origine criminelle (vandalisme) ou accidentelle (perturbation climatique, renversement).

La mesure xiii interdit le stockage de produits polluants en zone rouge du PPR et en périmètre de protection de forage Oméga et la DEAL souhaite que cette interdiction concerne tout le périmètre.

xiii. Bases vie et stockage des produits dangereux hors zone rouge PPRn et du Périmètre de Protection forage Oméga. Lorsqu'il n'est pas possible de les substituer, les produits toxiques ou dangereux utilisés ne seront stockés qu'à l'intérieur de l'enceinte du chantier, en dehors de zones rouges du PPR et du périmètre de protection du forage. Les matériaux dangereux seront stockés sur des aires protégées par film plastique de faible épaisseur, sur dispositifs munis de rétentions, et à l'abri de la pluie. Une fois utilisés, tous les emballages, déchets, produits souillés ou pollués sont évacués conformément aux indications portées sur les fiches de données de sécurité des produits employés.

L'exclusion concernera donc tout le périmètre.

xiii. Stockage des produits dangereux. Les produits toxiques ou dangereux ne seront pas stockés sur la zone d'étude. Une fois utilisés, tous les emballages, déchets, produits souillés ou pollués sont évacués conformément aux indications portées sur les fiches de données de sécurité des produits employés. Le brûlage des déchets et interdit.

Mesures relatives à la gestion des déchets

Le brûlage de déchets, l'utilisation de produits ou de substances dangereuses ou toxiques sont interdits.

La mesure xiii interdit tout brulage des déchets.

Mesures en cas de pollutions accidentelles

En cas de pollution, les responsables du chantier doivent informer le service de la Police de l'Eau de la DEAL.

La mesure xvi prévoit désormais d'informer le service de Police des Eaux.

Mesures de gestion des eaux pluviales

Des dispositifs d'assainissement provisoire sont mis en place, au moyen de bassins de décantation doublés d'un géotextile, à chaque point bas sur chaque aire de chantier permettant aux eaux de ruissellement issues des zones de travaux (zone terrassée, installation, dépôts temporaires) d'être drainées, traitées et rejetées au milieu naturel. Des merlons en limite d'aire de travail sont installés afin d'isoler les aires de travail et de diriger les eaux vers les systèmes de traitement des eaux de surface. Ces ouvrages de traitement des eaux pluviales sont réalisés dès le début des travaux et entretenus durant toute la durée du chantier. Un cahier d'entretien de ces ouvrages est tenu et mis à disposition des agents en charge de la police de l'eau.

La mesure x prévoit la « Réalisation des bassins tampons et noues dès le début des travaux ».

La mesure est complétée ainsi :

x. Réalisation des bassins tampons et noues dès le début des travaux. Des dispositifs d'assainissement provisoire pourront s'ajouter (bassins de décantation doublés d'un géotextile, à chaque point bas sur chaque aire de chantier permettant aux eaux de ruissellement issues des zones de travaux d'être drainées, traitées et rejetées au milieu naturel). Des merlons en limite d'aire de travail sont installés afin d'isoler les aires de travail et de diriger les eaux vers les systèmes de traitement des eaux de surface. Ces ouvrages de traitement des eaux pluviales sont réalisés dès le début des travaux et entretenus durant toute la durée du chantier. Un cahier d'entretien de ces ouvrages est tenu et mis à disposition des agents en charge de la police de l'eau.

Mesures relatives au risque inondation

Un enjeu fort est identifié en termes d'inondation.

Afin d'en limiter les risques, le pétitionnaire s'engage à réaliser les travaux uniquement hors saison cyclonique.

D'importantes mesures de prévention des risques sont prévues, notamment l'exclusion des travaux en zone rouge du PPR lorsque ceux-ci ne permettent pas un repli rapide des installations. C'est notamment le cas de la réalisation du tablier de l'ouvrage principal ainsi que de ses fondations. En effet, ces fondations nécessitent l'utilisation d'une centrale à boue bentonitique pour la mise en œuvre des barrettes de fondations profondes, installation qui ne peut être repliée rapidement en cas d'alerte.

xxviii : Les travaux en zone rouge au PPR seront réalisés autant que possible pendant la période sèche
xxix : une surveillance météorologique
xxx : Formation du personnel présent sur les risques et sur le système d'alerte des secours en cas d'incident
xxxi : En cas d'annonce d'avis de forte pluie ou d'alerte cyclonique, des actions seront entreprises immédiatement :
Assurer la mise hors d'eau de tous les matériels susceptibles d'être emportés en cas de submersion des zones d'intervention. Une zone de stationnement temporaire aura été prévue à cet effet ;
En cas d'avis de fortes pluies, l'évacuation des engins doit se faire avec un délai d'une journée et d'une demi-journée en cas d'alerte orange cyclonique ;
Arrêt des activités en zones soumise à aléa à partir de l'alerte orange cyclonique.
xxxii : Mise en place de dispositifs permettant de protéger les aménagements non évacuables (échafaudage par exemple) : Mise en place d'IPN (ou équivalent) en amont permettant de retenir les flottants et de réduire les vitesses au droit des équipements.
xxxiii : Sur la réalisation des pistes et des culées, elles seront réalisées en période sèche. Les pistes devront assurer une transparence hydraulique ; Elles seront fusibles en cas de crue (crue faible pour la piste en fond de lit et crue forte pour la piste d'accès en berge, afin de permettre l'évacuation des engins pour les petites crues).

3. Analyse du dossier par le service prévention des risques naturels et routiers

L'étude hydraulique et ses conclusions pour l'avant-projet n°2 sont conformes à ce qui a été présenté lors du point sur le volet hydraulique des études de MOE axe mixte du 5 juin 2024.

L'étude (p 500- 520) répond à la prescription du PPR inondation et mouvements de terrain demandant l'attestation par le pétitionnaire de la non-aggravation des risques naturels et précise les conditions dans lesquelles le projet sera rendu compatible avec l'aléa considéré et ce sans préjudice du droit des tiers.

Cette remarque n'appelle pas de réponse

4. Analyse du dossier par le service prévention des risques et environnement industriel

Au vu des éléments transmis, les travaux envisagés n'incluent pas de prélèvement et d'évacuation de matériaux excédentaires. De surcroît, ils ne seront pas réalisés au sein d'un espace carrière ou près d'installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) existantes. En effet, la zone des travaux, et notamment au niveau du secteur 1, se fera

en partie sur une ancienne carrière, de la société SCPR, qui a fait l'objet d'une mise à l'arrêt définitive et qui, aujourd'hui, n'est plus classée au titre des ICPE.

En outre, la description des ouvrages ne fait pas mention de la création d'une installation susceptible de relever de la réglementation relative aux ICPE.

Cette remarque n'appelle pas de réponse

5. Analyse de l'Agence Régionale de la Santé

Pour rappel, l'ARS La Réunion a émis un avis sanitaire le 25 avril 2022 à propos du cadrage préalable de ce projet. L'avis sanitaire détaillé sur ce projet (dossier du 22 juillet 2024) figure en annexe.

Le projet d'axe mixte crée une nouvelle infrastructure de transports, complémentaire de la RN1, dont la partie sud jouxtera une zone d'habitations (les plus proches à 25 m). De plus, le projet d'urbanisation du secteur dans le cadre de l'Écocité (ZAC Cambaie-Oméga...) est actuellement structuré autour de cet axe routier et semble prévoir des logements à 5 m de cet axe, avec des conséquences possibles significatives sur la santé des occupants telles que décrites en annexe.

Ainsi, dans le cadre du projet global d'Écocité, l'aménagement autour de cet axe de déplacement doit donc tenir compte des facteurs de risques sanitaires qui lui sont associés et s'adapter pour limiter l'impact sanitaire : éloignement des habitations en priorité, etc. De la même manière, les caractéristiques de ce nouvel axe routier doivent tenir compte des aménagements futurs à sa proximité pour protéger la population (protection phonique, revêtement acoustique, etc.).

En matière de pollution de l'air et de bruit, le projet d'axe mixte sera à l'origine de nouvelles émissions. **Le projet d'urbanisation autour de l'axe mixte va créer des nouvelles situations d'exposition de la population à la pollution de l'air et au bruit. Une modification de ce dernier projet pour éloigner les habitations des axes routiers est nécessaire.**

Le chapitre 7.6.6 décrit les impacts cumulés entre l'axe mixte et la ZAC Cambaie (ZAC Phaonce).

Sur le bruit, le prolongement de l'axe mixte présente une vitesse de 50km/h, et 30km/heure au droit du pôle d'échanges. Or, l'ADEME a publié en 2014 une synthèse des études existantes relatives à l'impact des limitations de vitesse sur la qualité de l'air, le climat, l'énergie et le bruit. L'ensemble des études présentées concluent à une réduction modérée des émissions sonores avec les vitesses. La réduction de la vitesse a donc un effet positif sur les niveaux sonores et peut être envisagée comme mesure de réduction à la source, seule ou se coupler avec d'autres mesures antibruit pour renforcer son action.

Le Maitre d'ouvrage de la ZAC a par ailleurs des leviers pour limiter l'impact du bruit Il peut se servir du bâti comme écran. Il s'agit de la mise en œuvre de bâtiments non sensibles (bureaux par exemple) et pour lequel la climatisation est envisageable. De hauteur plus ou moins importante, ils peuvent tenir le rôle d'écran acoustique et protéger les bâtiments d'habitation.

Ainsi l'organisation des activités au sein de la ZAC peut dans une certaine mesure être orientée selon les contraintes acoustiques : très classiquement les activités de bureau et les commerces pourront être situées dans les zones les plus bruyantes, les parties les moins bruyantes étant réservées aux résidences et à certaines zones récréatives ou de soin.

Au niveau de l'air, l'évaluation des impacts sur la qualité de l'air est appréhendée d'abord sur la base d'une quantification des émissions des principaux polluants émis par le trafic routier, puis sur une modélisation de la dispersion atmosphérique pour le dioxyde d'azote et les particules.

Il est décrit qu'à l'horizon 2027, une grande majorité de la population est exposée à des concentrations inférieures à 20 µg/m3, que ce soit pour le scénario fil de l'eau ou le scénario projet. Pour le scénario fil de l'eau, 2% de la population est concerné par des concentrations comprises entre 25 et 30 µg/m3 contre 14% à l'état projet, ceci s'expliquant par l'augmentation de la population avec le projet

Enfin, pour l'horizon 2047, il est constaté que 100% de la population sera concernée par des concentrations en NO2 inférieurs à 20 µg/m3, avec ou sans projet.

Pour l'ensemble du secteur, les modélisations effectuées par le pétitionnaire aboutissent à des niveaux de polluants dans l'air en dessous des seuils réglementaires et à des expositions actuelles et futures des populations faibles mais les incertitudes de ces modélisations sont jugées fortes à très fortes.

L'incertitude entourant les résultats de la modélisation provient de différentes hypothèses, de défaut d'information ou d'approximations.

L'analyse des hypothèses et données de base prise en compte a pour objectif d'évaluer l'influence des divers facteurs sur cette étude et d'apprécier la confiance qui peut être accordée aux résultats.

Certains éléments d'incertitude étant difficilement quantifiables (conditions météorologiques réelles, validité du modèle de dispersion, etc.), cette analyse se basera sur une approche principalement qualitative.

Les paragraphes suivants discutent des incertitudes concernant :

- **L'évaluation du terme source,**

Les émissions à l'échappement et hors échappement ont été estimées à l'aide du logiciel TREFIC dans sa dernière version, basé sur la méthodologie COPERT V et le parc automobile français défini par l'IFSTTAR (Institut Français des Sciences et Technologies des Transports, de l'Aménagement et des Réseaux). La méthodologie COPERT constitue à ce jour la référence en termes d'évaluation des émissions routières. Le guide du CEREMA recommande d'ailleurs d'utiliser des outils intégrant les dernières mises à jour de COPERT.

L'évaluation des émissions routières présente un certain nombre d'incertitudes liées aux données nécessaires au calcul.

En particulier, le parc automobile retenu est le parc roulant français de l'IFSTTAR dont la dernière mise à jour date de 2022 et couvre une période s'étendant de 1970 à 2050. Il s'agit du parc national et de ce fait ne prend pas en compte les spécificités régionales, ni les différentes politiques des villes dont les ZFE.

Les hypothèses relatives au trafic routier prises en compte dans le modèle sont issues de l'étude trafic réalisée par Artelia en 2022 et mises à jour en 2025. Des incertitudes sont inhérentes aux hypothèses prises concernant l'évolution des trafics, qu'il est difficile de quantifier mais qui sont majorantes

- **La modélisation,**

  - **Modèle numérique**

La modélisation est basée sur des équations mathématiques qui doivent rendre compte des phénomènes physiques et chimiques comme ils peuvent être observés dans la réalité. Il y a donc une incertitude entourant les résultats de la modélisation.
Le modèle utilisé ADMS Roads a été validé internationalement : comparaison modèle/mesures, publication dans des revues scientifiques internationales, présentation régulière aux Conférences internationales d'harmonisation, validation grâce à l'outil européen d'évaluation « Model Validation Kit », … Ainsi, dans l'état actuel des connaissances scientifiques, la modélisation peut être considérée comme satisfaisante.

Ce modèle est parfaitement adapté à l'échelle de l'étude : domaine de quelques kilomètres de côtés, maillage fin à proximité des sources. Il permet de répondre de manière complète aux objectifs de l'étude, c'est-à-dire estimer les concentrations en polluants imputables au trafic routier et estimer l'exposition des populations afin de s'assurer que les habitants, salariés ou usagers de services ne seront pas exposés à des pollutions susceptibles d'occasionner des troubles de santé.

  - **Données météorologiques**

Les données météorologiques utilisées proviennent de la station de mesure Météo France Le Port, située à environ 3 km de la zone du projet. Les données météo ne sont strictement représentatives que du site de mesure. Toutefois, du fait de la proximité du site et de son environnement, les incertitudes sur la représentativité des données restent faibles.

Les données météorologiques varient d'une année à une autre. Il est donc difficile d'anticiper les conditions météorologiques dans les années à venir. L'utilisation de données similaires pour tous les scénarios crée une incertitude par rapport à la réalité. Toutefois, l'étude portant sur une comparaison des scénarios à un même horizon, cette incertitude a peu d'impact sur les conclusions de l'étude.

Concernant les vents calmes, ceux-ci exercent une forte influence sur les résultats de la dispersion atmosphérique. Il est donc préférable de les prendre en compte, ce que fait le logiciel ADMS en remontant la vitesse de ces vents à une valeur de 0,75 m/s et en se basant sur la direction de vent du pas temporelle précédant. Cette prise en compte des vents faibles engendre une forte incertitude sur les résultats qu'il est difficile d'évaluer mais qui est inférieure à celle engendrée par la non prise en compte de ces vents.

  - **Pollution de fond**

Les valeurs de fond retenues proviennent de la station de Plateau Caillou, située à proximité de l'aire d'étude. La distance de la station de mesure et son environnement sont potentiellement différents de ceux du site d'étude engendrant une incertitude qu'il est difficile de quantifier.

Ces valeurs de fond sont considérées comme constantes dans le temps, étant donné qu'il n'est pas possible d'envisager leur évolution. Si les tendances actuelles de baisse des niveaux se poursuivent dans les années à venir, les concentrations réelles pourraient être plus faibles que celles simulées. Toutefois, comme pour la météorologie, l'étude porte sur une comparaison des scénarios à un même horizon. La prise en compte d'une pollution de fond constante dans le temps ne modifie pas les conclusions générales de l'étude.

- **L'Indice Pollution Population.**

L'Indice Pollution Population, du fait de sa construction est soumis aux incertitudes sur les concentrations modélisées, auxquelles s'ajoutent les incertitudes sur le comptage des populations.

Vis-à-vis du bruit, l'évaluation de l'impact sonore de la création de l'axe mixte sur les habitations actuelles les plus proches du projet doit être consolidée et prise en compte, si besoin à l'aide de mesures de réduction (panneaux de protection phonique, isolement acoustique en façade).

La modélisation de la contribution sonore de la voirie nouvelle n'a montré aucun dépassement de seuils réglementaires au droit des bâtiments riverains pour les deux horizons (ces calculs ont été réalisés sur récepteur et correspondant aux habitations les plus proches).

Il n'y a donc aucune obligation pour le maitre d'ouvrage de mettre en place des mesures de réduction pour les habitations existantes.

Pour l'ensemble du secteur, les modélisations de l'étude d'impact aboutissent à des dépassements des seuils réglementaires du bruit routier à proximité de l'axe routier incompatibles avec la présence de logements. Pour autant, le projet global axe mixte / ZAC Cambaie-Oméga ne prévoit aucune mesure de réduction du bruit de l'axe mixte autre que la limitation de la vitesse à 50 km/h (enrobés spécifiques comme le préconise le bureau d'étude) ni de mesure de protection de la population vis-à-vis du bruit (éloignement des habitations, panneaux de protection phonique pour le rez-de-chaussée, isolement acoustique des bâtiments...) .

Dans le chapitre spécifique "Mesure de réduction de bruit", il est indiqué :

Concernant les futurs logements de la ZAC Cambaie, il convient d'intégrer dès maintenant des dispositions afin de réduire les nuisances sonores. Le parti d'aménagement de la ZAC devra bien évidemment prendre en compte l'axe mixte : adaptation des formes urbaines, organisation des activités, organisation des logements, éloignement des bâtiments sensibles à la source...

Pour mémoire, les modélisations ont montré que les niveaux sonores de 60 dB(A) de jour et de 55 dB(A) de nuit pouvaient être observés respectivement jusqu'à 30 m et 18 m de la voirie. Il s'agit de distances maximales, dans certains secteurs, les niveaux sonores restent inférieurs à ces seuils à une plus proche distance de la voirie.

Par ailleurs, des mesures de réduction à la source peuvent par ailleurs être intégrées dès la conception de l'Axe Mixte afin de réduire sa contribution sonore. La réduction de la vitesse peut être un levier intéressant. C'est pourquoi, la vitesse limite envisagée est de 50 km/h.

La mise en œuvre d'enrobés spécifiques est également une mesure à prendre en compte, au vu des vitesses pratiquées. Comme mentionné plus haut, des gains de l'ordre de 3 à 5 dB(A) peuvent être observés par rapport à un enrobé classique. A ce sujet, il peut être cité le projet « Cool & Low Noise Asphalt), initié en 2017 et piloté par la Ville de Paris qui permet d'expérimenter trois nouveaux revêtements de chaussée avec des propriétés acoustiques et thermiques. Des mesures acoustiques ont été réalisées afin d'estimer les gains acoustiques obtenus : le niveau sonore a été réduit de 3 dB(A) dans la rue et de 2 dB(A) en façade. Impacts indirects du projet

Il est à noter qu'à l'horizon 2027 et 2047, les valeurs guides sanitaires de l'OMS en matière de qualité de l'air et de bruit routier ne sont pas respectées pour une majorité de la population du secteur.

Les valeurs guides de l'OMS sont particulièrement restrictives et rarement atteignables.

Qualité de l'air : seul le NO_2 ne respecte pas la valeur guide de l'OMS (10 µg/m³), principalement en raison d'une valeur de pollution de fond déjà supérieure à ce seuil (13 µg/m³). Cette valeur guide est très inférieure à la valeur réglementaire française, fixée à 40 µg/m³.

Bruit : les valeurs de l'OMS sont également très restrictives (53 dB(A) en Lden et 45 dB(A) pour la nuit). Le Lden n'a pas été calculé dans le cadre de l'étude, les indicateurs réglementaires français étant le LAeq jour (6h-22h) et le LAeq nuit (22h-6h). Pour la période nocturne, les niveaux recommandés par l'OMS sont dépassés.

Il est rappelé qu'il s'agit de recommandations et non de valeurs réglementaires, et qu'il n'existe donc pas d'obligation de conformité à ces seuils.

De plus, en matière de mobilité active, un réajustement du projet global axe mixte / eco-cité serait opportun pour d'une part, **créer un réseau de pistes de mobilités actives distinctes et éloignées des routes à véhicules thermiques, ombragées par des arbres ou des ombrières photovoltaïques**, sécurisées et au calme, et d'autre part, assurer une séparation physique des voies pour voiture et des voies de mobilité active (vélo, piéton...) lorsque celles-ci longent les routes comme c'est le cas pour le projet d'axe mixte.

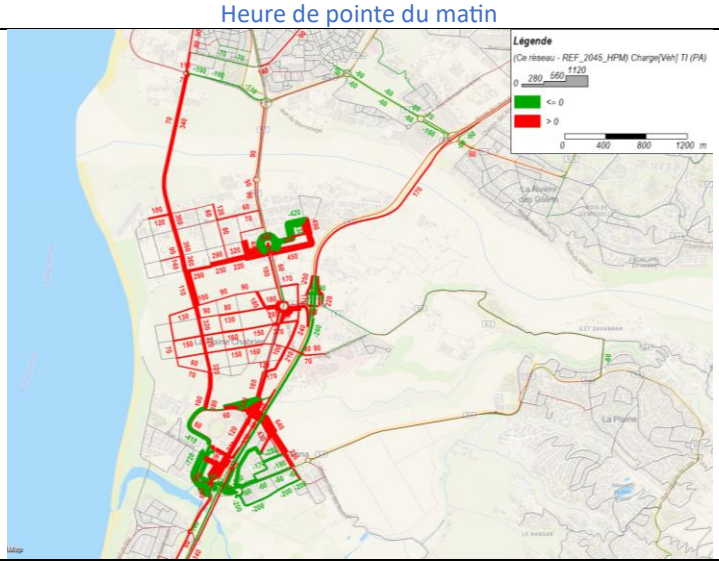
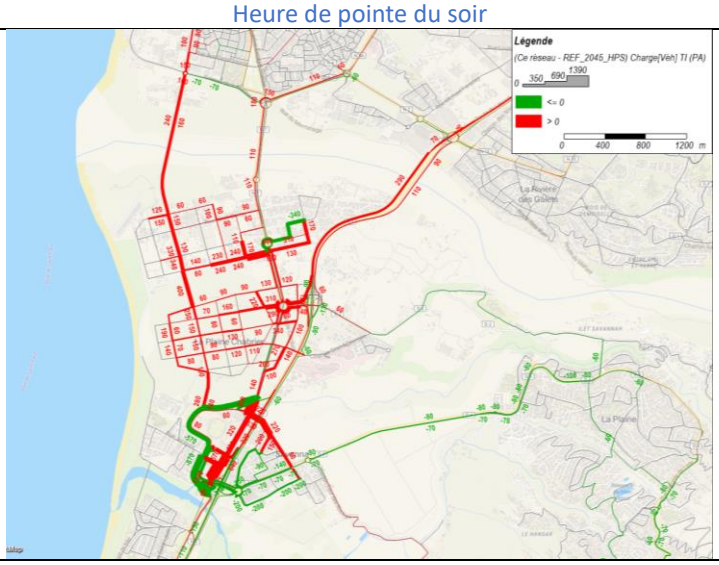
Les pistes cyclables sont dimensionnées selon les recommandations du Cerema. Elles offrent une largeur de 2,5 m de confortable aux cyclistes dans chaque sens, ombragées par l'alignement d'arbre attenant et sécurisées des voies VL par des plots béton ou des bordures hautes.

Le projet devrait aussi inclure les autres facteurs de développement des mobilités actives qui sont l'intermodalité (transport des vélos dans les bus), la piétonisation des centres villes, les bornes de recharge pour vélo électrique, l'emplacement sécurisé pour les vélos dans les bâtiments, l'offre de location...

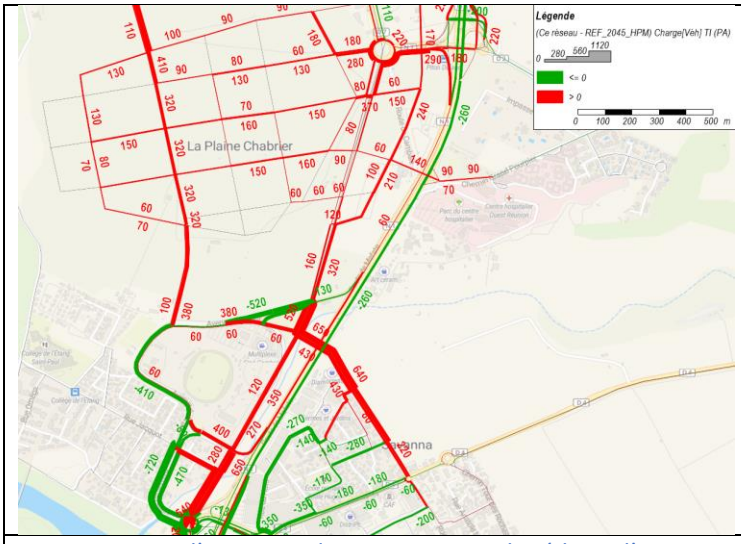
Le projet d'axe mixte prévoit l'aménagement d'un box vélo sécurisé sur les emprises du pôle d'échange. Les sujets touchant l'aménagement des centres-villes ou l'offre de matériel-roulant sont traités par les partenaires de l'opération à savoir la ZAC Phaonce et les Autorités Organisatrices de la Mobilité concernées.

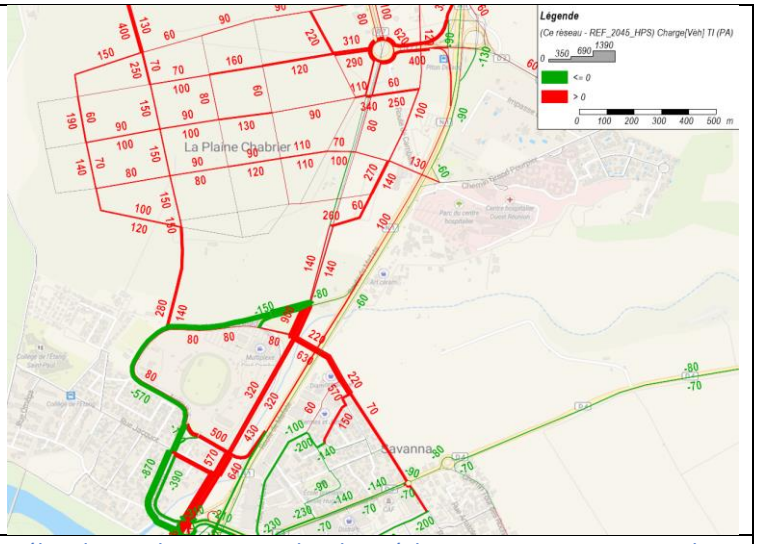
Par-ailleurs, l'incidence du projet axe mixte / Écocité sur la circulation de la RN1 à long terme ne semble pas avoir été évaluée.

Les cartes suivantes indiquent les différences de charge entre les scénarios Référence 2045 (soit 2047) et Projet 2045. Les trafics en vert correspondent aux flux qui se reportent depuis une situation de référence sans Axe Mixte et Ecocité vers les flux en rouge avec Axe Mixte et Ecocité.

Heure de pointe du matin	Heure de pointe du soir
	

La création de l'Axe Mixte et de la ZAC Ecocité augmente d'environ 150 véhicules le trafic sur le RN1 depuis le sud jusqu'à l'échangeur Savanna puis de Cambaie vers le nord le matin. Le soir, le projet ajoute près de 290 véhicules vers le sud jusqu'à Cambaie et 110 vers le nord depuis Cambaie. Au sud de l'échangeur de Savanna, on note une baisse de 100 véhicules vers le sud.





En zoomant sur l'Axe mixte, le projet permet de réduire d'environ 260 véhicules sur la RN1 entre les deux échangeurs Savanna et Cambaie dans le sens sud vers nord en heure de pointe du matin et de 60 véhicules le soir. A l'inverse du nord vers le sud, l'ensemble du projet ajoute jusqu'à 100 véhicules sur la RN1 aux deux heures de pointe.

Des recommandations sont aussi proposées en ce qui concerne la végétalisation massive et la prévention des îlots de chaleur.

Enfin, le dossier d'étude d'impact présente de nombreuses insuffisances et un déficit d'informations sur de nombreux aspects pour en examiner sa pertinence, en particulier à propos des modélisations effectuées. Il est aussi incomplet en ce qui concerne le volet air-santé. Un complément d'information est sollicité (textes surlignés en gras).

En définitive, l'ARS La Réunion émet un avis sanitaire réservé assorti de recommandations en état actuel du dossier.

Nous décrivons ci-dessous la reprise de l'annexe 2 et de ces éléments décrits en gras…

Partie Qualité de l'air

c. Air

Le cadre méthodologique de l'étude d'impact sur la santé liée à la pollution de l'air provenant des infrastructures routières est précisé par la note technique du 22 février 2019 (abroge circulaire du 25 février 2005) et son guide méthodologique du CEREMA[1].

Le dossier d'étude d'impact ne fournit pas l'étude spécifique menée par le Bureau d'Etude Technique (BET) spécialisé (Artélia) sur le volet air et santé. Pourtant le dossier présente les conclusions de cette étude (modélisation). Sans cette étude, il n'est pas possible d'examiner la pertinence et la fiabilité des conclusions (méthodologie, données d'entrée de la modélisation, niveau d'étude, scénarios, caractéristiques et évolution du parc roulant et du trafic routier, etc.). **Le dossier d'étude d'impact est incomplet et doit être amendé sur ce point.**

Ces données sont présentées dans le rapport spécifique Air et Santé.

D'une manière générale, **la qualité de l'air doit aussi être comparée aux valeurs guides de l'OMS** qui sont les plus représentatives des effets sur la santé en l'état actuel des connaissances comme le précisent le guide CEREMA (p 35) et l'avis de l'ANSES visé ou encore la MRAe Ile de France[2] (p 36). De plus, la nouvelle directive européenne sur la qualité de l'air, adoptée le 14 octobre 2024, abaissent les normes de qualité de l'air pour les Etats membres de manière à les rapprocher des valeurs guides de l'OMS[3].

La nouvelle directive européenne sur la surveillance de la qualité de l'air impose 20ug/m3 NO2 et PM10 contre 40ug/m3 actuellement. (La France a jusqu'à novembre 2026 ans pour faire évoluer la réglementation nationale pour se mettre en conformité).

Dans le rapport spécifique, les résultats des points récepteurs sont résumés dans un tableau, qui permet une comparaison avec les objectifs de qualité, les valeurs limites et les valeurs guides de l'OMS.

Voici des extraits :

Modélisation horizon 2027

Tableau 16 - Comparaison entre les scénarios référence projet à l'horizon 2027 au droit des récepteurs pour le NO2

Concentration en NO2 en µg/m³					
Objectif de qualité	40 µg/m³				
Valeur limite	40 µg/m³				
Valeur guide OMS	10 µg/m³				
Récepteur	REF2027		PRO2027		
Pollution de fond	Sans pollution de fond	Avec prise en compte de la pollution de fond (Rappel : 13 µg/m³)	Sans pollution de fond	Avec prise en compte de la pollution de fond (Rappel : 13 µg/m³)	Evolution
1	12,2	25,2	11,4	24,4	-3,2%
2	4,1	17,1	3,9	16,9	-1,2%
3	2,4	15,4	2,5	15,5	0,6%
4	1,2	14,2	1,6	14,6	2,8%
5	3,6	16,6	4,3	17,3	4,2%
6	5	18	7,4	20,4	13,3%
7	6,5	19,5	6,9	19,9	2,1%
8	1,8	14,8	1,8	14,8	0,0%
9	2,4	15,4	2,6	15,6	1,3%
10	3,9	16,9	4,3	17,3	2,4%
11	10,6	23,6	11,1	24,1	2,1%
12	2,1	15,1	1,8	14,8	-2,0%
13	2,6	15,6	3,2	16,2	3,8%
14	4,5	17,5	8,2	21,2	21,1%
15	6,2	19,2	6,7	19,7	2,6%
16	7,3	20,3	7,4	20,4	0,5%
17	1,9	14,9	2,4	15,4	3,4%
18	3,5	16,5	8,2	21,2	28,5%
19	0,6	13,6	0,6	13,6	0,0%
20	0,9	13,9	1	14	0,7%

Tableau 17 Comparaison entre les scénarios référence projet à l'horizon 2027 au droit des récepteurs pour lesPM10

Concentration en PM10 en µg/m³					
Objectif de qualité	**30 µg/m³**				
Valeur limite	**40 µg/m³**				
Valeur guide OMS	**15 µg/m³**				
Récepteur	**REF2027**		**PRO2027**		
Pollution de fond	**Sans pollution de fond**	**Avec prise en compte de la pollution de fond (Rappel : 11 µg/m³)**	**Sans pollution de fond**	**Avec prise en compte de la pollution de fond (Rappel : 11 µg/m³)**	**Evolution**
1	3	14	2,7	13,7	-2,1%
2	0,9	11,9	0,8	11,8	-0,8%
3	0,5	11,5	0,5	11,5	0,0%
4	0,3	11,3	0,3	11,3	0,0%
5	0,8	11,8	0,9	11,9	0,8%
6	0,9	11,9	1,3	12,3	3,4%
7	1,2	12,2	1,3	12,3	0,8%
8	0,3	11,3	0,3	11,3	0,0%
9	0,5	11,5	0,5	11,5	0,0%
10	0,7	11,7	0,8	11,8	0,9%
11	2	13	2,1	13,1	0,8%
12	0,4	11,4	0,4	11,4	0,0%
13	0,5	11,5	0,6	11,6	0,9%
14	1	12	1,6	12,6	5,0%
15	1,2	12,2	1,3	12,3	0,8%
16	1,4	12,4	1,4	12,4	0,0%
17	0,4	11,4	0,5	11,5	0,9%
18	0,7	11,7	1,5	12,5	6,8%
19	0,1	11,1	0,1	11,1	0,0%
20	0,2	11,2	0,2	11,2	0,0%

Modélisation horizon 2047

Tableau 18 Comparaison entre les scénarios référence projet à l'horizon 2047 au droit des récepteurs pour le NO2

Concentration en NO2 en µg/m3					
Objectif de qualité	40 µg/m3				
Valeur limite	40 µg/m3				
Valeur guide OMS	10 µg/m3				
Récepteur	REF2047		PRO2047		
Pollution de fond	Sans pollution de fond	Avec prise en compte de la pollution de fond (Rappel : 13 µg/m3)	Sans pollution de fond	Avec prise en compte de la pollution de fond (Rappel : 13 µg/m3)	Evolution
1	3,1	16,1	4,6	17,6	9,4%
2	0,9	13,9	1,4	14,4	3,1%
3	0,5	13,5	1,1	14,1	3,9%
4	0,3	13,3	0,5	13,5	1,4%
5	0,9	13,9	1,3	14,3	3,3%
6	0,7	13,7	1,6	14,6	6,2%
7	1,0	14,0	1,6	14,6	3,9%
8	0,3	13,3	0,5	13,5	1,4%
9	0,4	13,4	0,6	13,6	1,7%
10	0,7	13,7	1,0	14,0	2,4%
11	1,7	14,7	2,4	15,4	4,8%
12	0,5	13,5	0,7	13,7	1,5%
13	0,6	13,6	0,7	13,7	0,6%
14	1,0	14,0	1,6	14,6	4,2%
15	1,2	14,2	1,2	14,2	0,1%
16	1,4	14,4	1,4	14,4	0,2%
17	0,4	13,4	0,5	13,5	0,5%
18	0,8	13,8	1,5	14,5	5,3%
19	0,1	13,1	0,3	13,3	1,6%
20	0,2	13,2	0,2	13,2	0,2%

Tableau 19 - Comparaison entre les scénarios référence projet à l'horizon 2047 au droit des récepteurs pour les PM10

Concentration en PM10 en µg/m3					
Objectif de qualité	30 µg/m3				
Valeur limite	40 µg/m3				
Valeur guide OMS	15 µg/m3				
Récepteur	REF2047		PRO2047		
Pollution de fond	Sans pollution de fond	Avec prise en compte de la pollution de fond (Rappel : 11 µg/m3)	Sans pollution de fond	Avec prise en compte de la pollution de fond (Rappel : 11 µg/m3)	Evolution
1	2,41	13,41	3,3	14,3	6,7%
2	0,72	11,72	1,0	12,0	2,3%
3	0,42	11,42	0,8	11,8	3,0%
4	0,21	11,21	0,4	11,4	1,3%
5	0,64	11,64	1,1	12,1	3,8%
6	0,67	11,67	1,3	12,3	5,6%
7	1,05	12,05	1,3	12,3	2,4%
8	0,27	11,27	0,4	11,4	0,9%
9	0,38	11,38	0,5	11,5	1,1%
10	0,62	11,62	0,8	11,8	1,6%
11	1,58	12,58	1,9	12,9	2,6%
12	0,37	11,37	0,5	11,5	1,6%
13	0,45	11,45	0,5	11,5	0,7%
14	0,80	11,80	1,4	12,4	4,8%
15	1,06	12,06	1,1	12,1	0,7%
16	1,29	12,29	1,3	12,3	0,4%
17	0,33	11,33	0,4	11,4	0,6%
18	0,60	11,60	1,3	12,3	6,1%
19	0,101	11,10	0,3	11,3	1,5%
20	0,156	11,16	0,2	11,2	0,3%

Quelques précisions que nous apportons sur ces comparaisons :

Modélisation horizon 2027

Concernant les concentrations en NO2, les résultats des modélisations sur les points récepteurs montrent qu'avec prise en compte de la pollution de fond, les valeurs guide de l'OMS sont dépassées pour tous les points, dans la mesure où la pollution de fond a été prise égale à 13 µg/m3, soit supérieur à la valeur guide de 10 µg/m3). En revanche, sans pollution de fond, 18 points récepteurs respectent la valeur guide de l'OMS, aux horizons projet et référence.

Les concentrations modélisées en PM10 à l'horizon 2027 pour le scénario projet aux points récepteurs respectent toutes valeurs guides de l'OMS, avec et sans pollution de fond. De même, les concentrations obtenues pour le scénario de référence respectent également les valeurs guide OMS.

Modélisation horizon 2047

Concernant les concentrations en NO2, comme pour l'horizon 2027, avec prise en compte de la pollution de fond, les valeurs guide de l'OMS sont dépassées pour tous les points. Sans pollution de fond, tous les points récepteurs respectent la valeur guide de l'OMS, aux horizons projet et référence.

1. **Etat initial**

Le pétitionnaire a mené une campagne d'analyse du NO2 et du benzène par capteur passif du 9 au 30 juin 2022 au niveau de 20 points autour du périmètre du projet. L'échantillonnage des points de mesure est satisfaisant. Les résultats, exprimés en moyenne sur les 21 jours de prélèvement (en continu), présentent des valeurs faibles pour le benzène (0,3 à 1 µg/m3, objectif de qualité à 2 et limite à 5) et des valeurs comparables au fond de la région parisienne[4] pour le NO2 (20 à 30 µg/m3, limite à 40 et valeur guide OMS à 10) avec des dépassements de la valeur limite française à proximité d'axes routiers. Pour le NO2, la plupart des valeurs dépassent la future limite réglementaire issue de la nouvelle directive sur l'air (20 µg/m3) et toutes dépassent de manière significative la valeur guide de l'OMS (10 µg/m3).
Les résultats d'une précédente campagne de mesurage du NO2 par capteur passif dans le secteur du 1er au 15 décembre 2020 sont aussi présentés.

Il aurait été opportun que la campagne de mesurage de la qualité de l'air du secteur, spécialement à proximité des routes, intègre les particules fines PM10, PM2.5 et inférieures, particulièrement nocives et provenant notamment du transport routier.

Les stations Grand fond et Plateau caillou, situées à proximité du projet, mesurent en continu les PM10 et PM2.5 pour plateau caillou. Par conséquent, nous n'avons pas jugé nécessaire de refaire des mesures de PM10 et PM2.5. Aussi, la note du CEREMA précise qu'il est nécessaire de faire des campagnes de mesure spécifiques dans le cas où il n'y a pas de données, et notamment pas de station de mesure permanente, dans la zone d'étude.

S'agissant des données du système de surveillance réglementaire de la qualité de l'air assuré par Atmo-Réunion sur le secteur, le dossier d'étude d'impact ne fourni aucune information ni bilan. Il indique simplement « *Sur Saint-Paul, la qualité de l'air est bonne malgré le trafic routier et les activités industrielles* ». A cet effet, il est à noter que la station de surveillance réglementaire d'Atmo-Réunion, représentative du trafic routier, implantée boulevard Chaussée Royale à Saint-Paul à proximité du projet, ne fonctionnait pas de 2017 à 2023 inclus. **Les résultats de la surveillance réglementaire de la qualité de l'air au niveau de cette station de surveillance (avant 2017 et depuis 2024) doivent être ajoutés au dossier.**

Au final, la qualité de l'air du secteur est dégradée, principalement par le transport routier.

A noter que l'étude a été réalisée en début 2023, donc il n'était pas possible, à l'époque, de présenter les données de 2023 et 2024.

Tableau complété avec les données de 2021 à 2023 (les données de 2024 en moyennes annuelles ne sont pas encore disponibles sur l'Open Data de la Réunion au moment de la rédaction de cette note) :

Tableau 5 Concentrations en moyennes annuelles de NO2 (µg/m3) pour la période 2014-2023 (Stations : Chaussée Royale, Grand fond, station terrain de sel)

Station	Concentrations en NO2 (µg/m³) mesurées									
	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Chaussée royale (trafic)	19	26	28	28	N/A	N/A	-	-	-	-
Grand fond (périurbaine)	7	7	6	6	6	8	13	6	8	8
Station terrain de sel (industrielle)	N/A	14	12	10	11	11	10	10	-	11

Tableau 6 Concentrations en moyennes annuelles de PM10 (µg/m3) pour la période 2019-2023 (Stations : Grand fond)

Station	Concentrations en PM10 (µg/m³) mesurées				
	2019	2020	2021	2022	2023
Grand fond (périurbaine)	15,6	16	15,5	13,3	14,5

2. Impact du projet

L'impact du projet en matière d'air et de santé peut être évalué par le pétitionnaire par plusieurs approches :

- Evaluation de la qualité de l'air : modélisation de la dispersion des polluants dans l'air au niveau des zones habitées actuelles et futures (modèle ADMS roads V5) à partir de la modélisation des émissions des polluants de la circulation routière et des teneurs en polluants au niveau des axes routiers (méthode COPERT 5).
- Evaluation de l'exposition des populations avec le calcul des Indices Pollution Population (IPP)
- Evaluation Quantitative des Risques Sanitaires.

Comme indiqué précédemment le dossier ne présente que les conclusions d'une étude sur le volet air-santé mais cette étude n'est pas jointe au dossier. **Le dossier est incomplet**.

Les 5 scénarios retenus par le pétitionnaire correspondent à l'état initial, à l'état sans réalisation du projet en 2027 et 2047 (« fil de l'eau ») et à l'état tenant compte du projet en 2027 et 2047. L'état en 2047 tient compte des émissions des nouvelles routes créées dans le cadre de l'urbanisation totale du secteur « Oméga – rivières des Galets ».

❖ Evaluation de la qualité de l'air

▪ Emissions polluantes

Les émissions des véhicules sur les axes routiers ont été modélisées par le BET pour le monoxyde de carbone (CO), les oxydes d'azote (NOx) et le dioxyde d'azote (NO2), les hydrocarbures totaux, le benzène, les particules PM10 et PM2.5 (émises à l'échappement et hors échappement), le dioxyde de soufre (SO2), le benzo(a)pyrène et deux polluants particulaires, l'Arsenic et le Nickel.

Les résultats du BET sont les suivants :

- Indépendamment du projet :
  - une baisse des émissions du trafic routier de La Réunion pour le CO, NOx, NO2, poussières PM10 et PM2.5 émises à l'échappement et le Benzo(a)pyrène en raison des améliorations technologiques attendues sur les véhicules et carburants, du renouvellement du parc automobile et de l'électrification des véhicules.
  - une hausse des COV, du benzène, du nickel, de l'arsenic et des poussières hors échappement du fait de la croissance du trafic.
- En raison du projet à l'horizon 2047, une hausse des émissions des véhicules dans le secteur pour l'ensemble des polluants du fait des nouveaux trafics routiers engendrés par les nouvelles routes du secteur (axe mixte et routes secondaires lors de l'urbanisation du secteur).

▪ Dispersion des émissions polluantes et teneurs dans l'air ambiant de la bande d'étude

La dispersion du NO2 et des PM10 issus du trafic routier a été modélisée par le BET et les teneurs dans l'air évaluées dans le secteur selon les 5 scénarios.

Les résultats du BET sont les suivants :

- A l'état actuel, les teneurs en NO2 seraient entre 14 et 30 µg/m3 et celles en PM10 entre 11 et 14 µg/m3.
- A l'horizon 2027, les teneurs de fond en NO2 et PM10 diminueraient « du fait de l'amélioration des technologies de traitements des polluants en sortie des pots d'échappement et au renouvellement du parc automobile », sauf au niveau de l'axe mixte nouvellement créé où des émissions nouvelles de polluants apparaissent avec des teneurs de l'ordre de 15 µg/m3 pour le NO2 et 12 µg/m3 pour les PM10.
- A l'horizon 2047, les teneurs en NO2 et PM10 du secteur seraient plus importantes comparé au scénario sans projet (axe mixte et urbanisation éco-cité) mais avec des teneurs au niveau de l'axe mixte de l'ordre de 14 µg/m3 pour le NO2 et 12 µg/m3 pour les PM10.

- **Observations et recommandations :**

Plusieurs observations limitent la pertinence de ces modélisations et de l'étude d'impact :

- **Le cadre méthodologique de ces modélisations doit être précisé** et notamment les paramètres d'entrée selon les 5 scénarios pour l'émission des polluants (nombre de véhicules par secteur, vitesses, émissions polluantes des véhicules, types de véhicule, caractéristiques du parc de véhicules…) et la dispersion des polluants (pollution de fond, météo…).
- **Lés résultats chiffrés détaillés ne sont pas fournis** (uniquement des cartes).

Ces données sont précisées dans le rapport spécifique Air et Santé.

- **Plusieurs résultats interrogent :**
  - A l'état actuel, la modélisation des teneurs en NO2 varie de 20 à 30 µg/m3 alors que la campagne de mesurage a mis en évidence des secteurs à plus de 40 µg/m3 proches des routes

Les modélisations sont faites sur 3 ans, alors que la campagne de mesure est faite sur 15 jours. Les résultats de la campagne de mesure sont donc représentatifs de la période d'exposition. Par conséquent, des disparités avec les modèles (conditions météorologiques spécifiques) peuvent exister.

Également, les incertitudes liées aux modélisations ainsi que les incertitudes des mesures s'ajoutent, expliquant parfois un écart entre le modèle et la réalité.

  - En 2027, dans 3 ans sur l'axe mixte au maximum d'émission, la modélisation des teneurs en NO2 est nettement inférieure aux valeurs de fond actuels mesurées

La pollution de fond prend en compte l'influence de toutes les sources de pollution du secteur, et notamment la RN1 qui est très circulé (environ 65 000 véhicules/jour à l'état actuel) et donc impacté par de la pollution atmosphérique. Pour rappel, le trafic attendu sur l'Axe Mixte à l'horizon de le plus lointain (2047) est d'environ 10 000 véhicules/jour, soit un trafic relativement faible par rapport à la RN1.

A noter que cette pollution de fond a été prise constante dans le temps, étant donné qu'il n'est pas possible de prévoir son évolution.

Enfin, les modélisations en 2027 ont été faites à partir du parc automobile de 2027, et donc avec des émissions en fortes diminution par rapport à 2022, du fait de l'amélioration des technologies de traitements des polluants en sortie des pots d'échappement et au renouvellement du parc automobile.

- **L'impact du projet sur la qualité de l'air au niveau des plus proches habitation actuelles** (o à 50 m de la nouvelle route) n'est pas spécifiquement pris en compte par l'étude d'impact

Ces données sont précisées dans le rapport d'étude spécifique Air et Santé.

- **Fiabilité et incertitude de la modélisation des émissions :** s'agissant de l'évaluation des émissions polluantes par véhicule, il est supposé que le BET a utilisé la méthodologie COPERT 5 (COmputer Programme to Calculate Emissions from Road Transport) qui fournit les niveaux d'émission théoriques en fonction d'un ensemble de facteurs (type de véhicule, cylindrée, mode de carburation, vitesse, condition de circulation). L'état retenu du parc roulant de véhicules à la Réunion à l'horizon 2027 et 2047 est aussi supposé être celui théorique défini par l'IFSTTAR (Institut Français des Sciences et Technologies des Transports, de l'Aménagement et des Réseaux). Cette évolution de l'état du parc roulant prend en compte notamment des améliorations technologiques des véhicules et des motorisations ainsi que le renouvellement du parc roulant qui sont supposés être un facteur important de réduction de la pollution de l'air. Or, ces estimations des émissions par véhicule et de l'état du parc roulant ne prennent pas en compte la situation et les spécificités locales. En particulier, à La Réunion, il est observé des pratiques généralisées de transformations volontaires des véhicules (illégales), y compris neufs ou récents, à l'origine d'émissions polluantes très majorées comparé aux émissions théoriques retenues (enlèvement du filtre à particules des véhicules diesel, déconnexion du recyclage des gaz imbrulés, reprogrammation de l'alimentation en carburants du moteur et changement de pot d'échappement (pot catalytique d'origine). Ainsi, ces évaluations semblent contenir de fortes incertitudes minorantes, possiblement de manière significative. C'est pourquoi **ces aspects méritent de figurer au dossier. Il serait très opportun voire indispensable que les caractéristiques précises du parc roulant actuel de La Réunion et de son évolution soient présentées dans le dossier, intégrant en particulier l'évolution de la part de véhicules électriques à l'horizon 2027 et 2047 ainsi que les spécificités locales (transformation, etc.). Une caractérisation des pratiques de transformation à La Réunion serait aussi opportune dans le cadre de ce projet.**

La prise en compte d'un parc roulant qui ne prend pas en compte les spécificités locales représente une des limites du modèle. Cependant, comme le rappel le guide du CEREMA dans la partie « incertitudes sur le modèles »,

« Pour la modélisation des émissions, il existe des incertitudes sur les données de trafic (volume, répartition VL et PL, vitesses, etc.), sur la composition du parc automobile roulant ainsi que sur les facteurs d'émissions unitaires. La dynamique du trafic peut être prise en compte différemment selon les modèles, ce qui peut faire varier les émissions modélisées. Ainsi, les résultats des calculs d'émissions pour les horizons lointains doivent être utilisés avec précaution. Leur finalité est en premier lieu **de permettre la comparaison des scénarios ou des variantes**. »

❖ **Evaluation de l'exposition des populations avec le calcul des indices pollution population (IPP)**

L'IPP est un indicateur, non sanitaire, qui est le résultat du croisement des concentrations modélisées en NO2 et des populations exposées sur la zone d'étude. Il permet avant tout de comparer les scénarios.

Comme pour les sujets précédents, le calcul de l'IPP n'est pas présenté ni le zonage par secteur ni les résultats chiffrés.

Ces données sont précisées dans le rapport d'étude spécifique Air et Santé.

Les résultats du BET sont les suivants :

- Avec le projet, il est attendu une augmentation de l'indice d'exposition de la population à la pollution du fait de la présence de nouvelles populations (ZAC Cambaie-Oméga...) et de nouvelles sources d'émission (axe mixte, voiries de desserte des nouveaux quartiers urbanisés...)
- A l'horizon 2027, une grande majorité de la population est exposée à des concentrations inférieures à 20 µg/m3, que ce soit pour le scénario fil de l'eau ou le scénario projet. Pour le scénario fil de l'eau, 2% de la population est concerné par des concentrations comprises entre 25 et 30 µg/m3 contre 14% à l'état projet, ceci s'expliquant par l'augmentation de la population avec le projet
- pour l'horizon 2047, il est prévu que l'ensemble de la population serait concernée par des concentrations en NO2 inférieurs à 20 µg/m3, avec ou sans projet, sans en expliquer la raison.

L'évolution de l'IPP pour les riverains des habitations actuelles les plus proches du futur axe mixte (entre 0 et 50 m) n'est pas présenté.

Ces données sont précisées dans le rapport d'étude spécifique.

❖ **Evaluation Quantitative des Risques Sanitaires**

Aucune évaluation quantitative de risques sanitaires n'a été réalisée sans savoir si cela respecte ou non les recommandations du guide méthodologique sur le volet « air et santé » des études d'impact routières du CEREMA (niveau d'étude, trafic routier, densité de population à l'horizon 2047…).

Au regard de l'étude trafic (Artélia 2022 : trafic moyen journalier annuel de 56 000 à 69 000 véhicules/j à l'horizon 2027 et 62 000 à 74 000 véhicules/j à l'horizon 2047), **une évaluation quantitative de risques sanitaires aurait dû être menée dans le cadre de l'étude d'impact.**

Un argumentaire à ce sujet est nécessaire.

Le trafic cité est celui de la RN1. Notre étude s'intéresse au projet de l'Axe Mixte. A l'horizon le plus lointain, en 2047, le trafic projeté sur l'Axe Mixte est estimé à environ 10 000 véhicules/jour. Comme indiqué dans le tableau du CEREMA ci-dessous, le niveau d'étude choisi est le II.

Trafic à l'horizon d'étude le plus lointain (selon tronçons homogènes de plus de 1 km) / Densité hab/km² dans la Bande d'étude	> 50 000 véh/j	De 25 000 à 50 000 véh/	De 10 000 à 25 000 véh/j	≤ 10 000 véh/j
GI Bâti avec densité ≥10 000 hab/km²	**I**	**I**	**II**	**II si L projet > 5 km ou III si L projet ≤ 5 km**
GII Bâti avec densité > 2 000 et <10 000 hab/km²	**I**	**II**	**II**	**II si L projet > 25 km ou III si L projet ≤ 25 km**
GIII Bâti avec densité ≤ 2 000 hab/km²	**I**	**II**	**II**	**II si L projet > 50 km ou III si L projet ≤ 50 km**
GIV pas de Bâti	**III**	**III**	**IV**	**IV**

Tableau 3: Définition du niveau d'étude

Partie Acoustique :

d. Bruit

Le bruit des infrastructures routières est réglementé par les articles L571-9 à L572-11 et R571-31 à R572-11 du code de l'environnement et leurs arrêtés d'application[5].

1. Etat initial

Le projet d'axe mixte est notamment à proximité de la RN1 (entre 50 et 200 m) classée pour ce secteur en catégorie 1 de niveau sonore (estimation >81 dBA de jour – >76 dBA de nuit et secteur affecté par le bruit sur 300 m de part et d'autre de la route) conformément à l'arrêté préfectoral n°2014-3746 du 16 juin 2014.

La RN1 est aussi concernée par une carte de bruit stratégique (modélisation) et le Plan de Prévention du Bruit dans l'Environnement (PPBE) de La Réunion (1ère échéance du 21 août 2018 et 2ème échéance du 8 avril 2022).

L'environnement sonore du projet d'axe mixte est donc totalement influencé par le bruit de la RN1.

Afin de caractériser le niveau de bruit du secteur à l'état actuel initial, le BET Artélia a procédé à une campagne de mesurage en 3 points (mesurage sur 24h par point) ainsi qu'à une modélisation de l'environnement sonore du secteur et en façade des bâtiments à 4m du sol.

- Campagne de mesurage :
  - au niveau de la carrière SBTPC sur le site de l'ancienne antenne Oméga à 300 m de la RN1 : 56,5 dBA de jour et 50 dBA de nuit (ambiance sonore modérée au sens de l'arrêté du 5 mai 1995 : < 65 dBA de jour et 60 dBA de nuit)
  - à 50 m de la RN1 : de 61 à 68 dBA de jour et de 57 à 59,5 dBA de nuit (ambiance sonore non modérée au sens de l'arrêté du 5 mai 1995)
- Modélisation : environnement sonore dégradé sous l'influence de la RN1 (de jour : 55-60 dBA jusqu'à 450 m, 60-65 dBA jusqu'à 180 m, 65-70 dBA jusqu'à 70 m ; de nuit : 45-50 dBA jusqu'à 550 m, 50-55 dBA jusqu'à 200 m, 55-60 dBA jusqu'à 70 m). Les résultats de la modélisation semblent être corrélés de façon satisfaisante avec les mesures sonométriques en situation réelle. Cependant, il aurait été utile de bénéficier des caractéristiques de l'état actuel du trafic routier retenu et de son évolution ainsi que des bruits de référence à l'émission retenus par type de véhicule et selon la vitesse.

Les hypothèses de trafic ont été présentées. Ces données sont précisées dans le rapport d'étude spécifique Bruit.

L'environnement sonore actuel du secteur du projet est donc dégradé et relativement bruyant.

Il est à noter que le bruit actuel du secteur du projet influencé par la RN1 dépasse les valeurs limites admissibles de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS)[6] pour le bruit de la circulation routière (53 dBA de jour et 45 dBA de nuit) à partir desquelles les effets extra-auditif du bruit sur la santé peuvent se manifester : trouble du sommeil, gêne, risque cardio-vasculaire accru, difficulté de concentration et d'apprentissage, perturbation hormonale ou immunitaire, stress, trouble psychologique.

Enfin, il est nécessaire de préciser que la réglementation française des bruits routiers (création nouvelle route) prévient l'exposition au bruit des riverains à des niveaux maximums admissibles (60 jour et 55 dBA de nuit lorsque niveau sonore initial modéré, 65 dBA de jour et 60 dBA de nuit lorsque niveau sonore initial non-modéré) qui sont nettement supérieurs aux valeurs limites admissibles de l'OMS (53 dBA de jour et 45 dBA de nuit) à partir desquelles les effets extra-auditif du bruit de la circulation routière sur la santé peuvent se manifester. **Les objectifs de protection de la santé publique des pouvoirs publics doivent donc aller au-delà autant que possible du seul respect de la réglementation, notamment dans le cadre du projet global axe-mixte - Eco-cité.**

2. Impact du projet

Le BET Artélia a procédé à une simulation acoustique du bruit généré par le projet d'axe mixte seul à 1,5 m et 4m du sol et de son impact sonore sur les habitations actuelles à échéance 2027 et 2047, en tenant compte notamment de l'évolution à la hausse du trafic routier (étude trafic Artélia 2022 : trafic moyen journalier annuel de 56 000 à 69 000 véhicules/j à l'horizon 2027 et 62 000 à 74 000 véhicules/j à l'horizon 2047) et d'une vitesse de 50 km/h. Il a aussi modélisé le bruit généré par l'ensemble des futures routes (RN1, axe mixte, routes périphériques) à l'horizon 2027 et 2047.

Les résultats du BET sont les suivants :

- A l'horizon 2027 comme 2047, au niveau des habitations riveraines actuelles, la modélisation du bruit de l'axe mixte seul ne présente aucun dépassement des seuils réglementaires (60 dBA de jour et 55 dBA de nuit) y compris pour les 2 habitations les plus proches à environ 25 m de la nouvelle voie.
- A l'horizon 2027 comme 2047, dans le secteur de la future ZAC Cambaie-Oméga, la modélisation du bruit de l'axe mixte seul présente :
    - De jour, des niveaux sonores supérieurs au niveau réglementaire de 60 dBA peuvent être observés jusqu'à maximum 20 et 25 m de la nouvelle voirie à 1m50 du sol et 25 et 30 m à 4 m du sol,
    - De nuit, des niveaux sonores supérieurs au niveau réglementaire de 55 dBA peuvent être observés jusqu'à maximum 18 m de la nouvelle voirie à 1m50 et 4 m du sol.
- A l'horizon 2027 comme 2047, les bruits générés par l'ensemble des routes (RN1, axe mixte, routes périphériques) créent un environnement général sonore bruyant.
- La création de l'axe mixte et de l'éco-cité a des incidences sonores à la fois positive et négative sur le bruit des routes du secteur.

Ces résultats appellent les observations suivantes :

- L'axe mixte créera du bruit incompatible avec l'implantation d'habitations à sa proximité et de nature à générer des nuisances sonores pour les proches riverains (supérieurs aux seuils réglementaires requis à proximité des nouvelles routes), indépendamment de l'isolement acoustique des bâtiments.

Le projet de ZAC Phaonce a été pensé avec la réalisation de cet axe qui le traverse du Nord au Sud. La Région a pris des dispositions afin que cet axe soit compatible avec la réalisation d'un nouveau pôle urbain d'équipement de commerces et d'habitat. L'axe mixte en 2X2 voies sur la plaine de Cambaie est ainsi réalisé au droit de son prolongement en 2X1 voies de sorte à garantir une insertion compatible avec le projet de nouveau pôle urbain.

La Région prévoit par ailleurs sur le prolongement de l'axe mixe de réduire la vitesse de 70 km/h à 50 km/h, et 30km/h au droit du Pôle d'Echange Multimodal.

Des voies pour la mobilité douce de part et d'autre des voies VP éloignent les limites de lots de 9,5 m des voies circulés en VP.

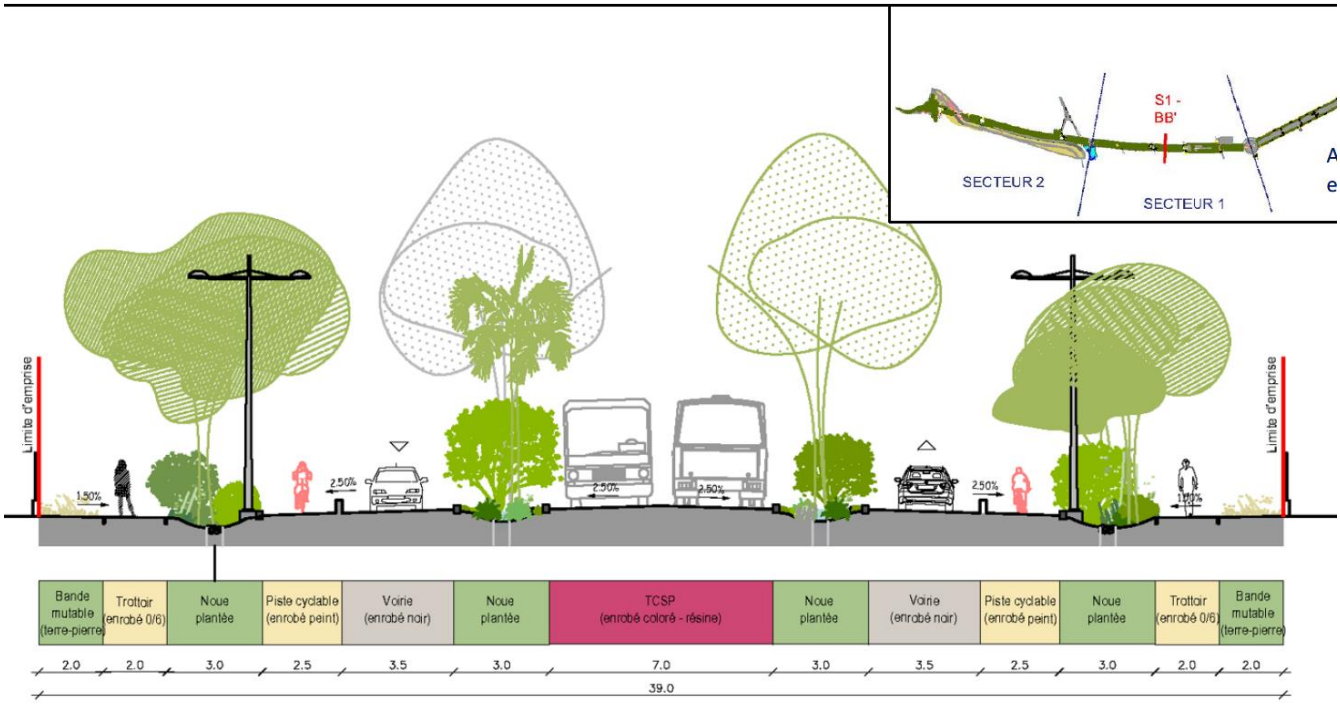


Illustration sur le profil au centre du secteur 1 de la distance de 9.5m entre les voies circulées par les automobiles et les limites des lots.

Le parti d'aménagement de la ZAC devra par ailleurs prendre en compte l'axe mixte : adaptation des formes urbaines, organisation des activités, organisation des logements, éloignement des bâtiments sensibles à la source...

- L'absence d'incidence sonore dépassant les seuils réglementaires pour les habitations actuelles mérite une confirmation en situation réelle compte tenu des incertitudes de la modélisation et de la proximité de l'axe mixte de ces habitations.

Des mesures après mise en service de l'Axe Mixte pourront être réalisées afin de s'assurer de valider les résultats obtenus par modélisation, et ainsi de s'assurer du respect des seuils réglementaire.

3. Synthèse bruit

L'environnement sonore actuel du secteur du projet est dégradé et bruyant en raison principalement du bruit de la RN1. Ce bruit dépasse dans de nombreux secteur les valeurs limites admissibles de l'OMS pour le bruit de la circulation routière (53 dBA de jour et 45 dBA de nuit).

L'évaluation de l'impact sonore de la création de l'axe mixte sur les habitations actuelles les plus proches du projet (environ 25 m) doit être consolidée et prise en compte en phase travaux et exploitation, si besoin à l'aide de mesures de réduction (panneaux de protection phonique, isolement acoustique en façade).

L'évaluation de l'impact sonore sur les habitations actuelles a été réalisé et ne fait état d'aucun dépassement de la réglementation en phase d'exploitation. Des mesures sont projetées en phase travaux pour limiter les impacts.

Un chapitre spécifique est dédié à cela dans le rapport d'étude.

Le projet de ZAC Cambaie-Oméga qui prévoit des habitations à 5 m de l'axe mixte créera des nouvelles situations d'exposition au bruit routier de la population et de nuisances sonores. La modélisation prévoit des situations de dépassement des seuils réglementaires du bruit routier jusqu'à 30 m de jour et 18 m de nuit. De plus, d'après les cartographies issues des modélisations, le respect des seuils sanitaires de l'OMS en ce qui concerne le bruit routier aura lieu à plus 50 m de l'axe mixte de jour à 1,5 m du sol et 60 m de jour à 4 m du sol ainsi qu'à 150 m de nuit. En incluant le bruit de l'ensemble des routes à l'horizon 2047 (RN1, axe mixte, routes périphériques), le respect des seuils sanitaire de l'OMS aurait lieu de jour qu'à environ 800 m de la RN1 et de nuit qu'à environ 1000 m de la RN1.

Le projet ne prévoit aucune mesure de réduction du bruit de l'axe mixte autre que la limitation de la vitesse à 50 km/h (enrobés spécifiques comme le préconise le BET) ni de mesure de protection de la population vis-à-vis du bruit (éloignement des habitations, panneaux de protection phonique pour le rez-de-chaussée, isolement acoustique des bâtiments...).

Les projets d'urbanisation autour de l'axe mixte vont créer des nouvelles situations d'exposition de la population au bruit. **Une modification de ces projets pour éloigner les habitations des axes routiers est nécessaire.**

Le projet prévoit des réductions de vitesses à 50 et 30km/h et a dessiné son profil de sorte que les voies pour la mobilité douce de part et d'autre des voies éloignent les limites de lots de 9,5 m des voies circulés en VP.

Dans le rapport d'étude, il est précisé que concernant les futurs logements de la ZAC Phaonce il convient d'intégrer dès maintenant des dispositions afin de réduire les nuisances sonores. Le parti d'aménagement de la ZAC devra effectivement prendre en compte l'axe mixte : adaptation des formes urbaines, organisation des activités, organisation des logements, éloignement des bâtiments sensibles à la source, etc.

Si les modélisations ont montré que les niveaux sonores de 60 dB(A) de jour et de 55 dB(A) de nuit pouvaient être observés respectivement jusqu'à 30 m et 18 m de la voirie, il s'agit de distances maximales... Dans certains secteurs, les niveaux sonores restent inférieurs à ces seuils à une plus proche distance de la voirie. »

6. Analyse de l'Office National des Forêts

Les parcelles cadastrales concernées par le projet sont les suivantes : BI 572 (partie), EX 464 (partie), AB 506 (partie), AB 567 (partie), AB 568 (partie), EX 463 (partie), BI 38 (partie), BI 567 (partie), BI 650 (partie), BI 569, BI 223 (partie), BI 224 (partie), BI 226, BI 306 (partie), BI 564 (partie), BI 565 (partie), BI 568 (partie), BI 570 (partie), EX 129 (partie), EX 273 (partie), EX 465 (partie), EX 489 (partie), AB 572 (partie), AB 573 (partie), AB 577 (partie) et AB 720 (partie). Ces parcelles sont classées en zone AU1st, en zone MI et en zone Naturelle (N) au titre du Plan Local d'Urbanisme en vigueur de la commune de Saint-Paul.

Pour rappel, le Code forestier (art. L.341-1) définit le défrichement comme étant une «opération volontaire ayant pour effet de détruire l'état boisé d'un terrain et de mettre fin à sa destination forestière ».

En effet, l'état boisé est caractérisé dans le sens ou sur l'emprise Sud du projet (secteur 2) il existe un cordon boisé (constitué de Tamarins, Bois Noirs, Cassi, Prune Malgache...) avec une ripisylve en partie dégradé, représentant plus de 10 % de la surface totale du projet, et qui est rattaché directement à l'emprise de la Réserve Naturelle Nationale de l'Étang Saint-Paul.

Cependant, il n'est pas possible de caractériser une destination forestière étant que :

- la très grande majorité de l'emprise du projet (notamment tout le secteur 1 et une partie du secteur 2) est constituée de végétation herbacée ou d'Espèces Exotiques Envahissantes comme des Chokas;
- et que le projet est situé en quasi-totalité sur des zones déjà anthropisées et n'ayant plus de vocation forestière ou même naturelle.

Par conséquent, le projet cité en objet n'est pas soumis à l'obtention d'une dérogation à l'interdiction générale de défricher applicable à la Réunion.

Cette remarque n’appelle pas de réponse

L'évacuation des eaux de la zone fortement inondable située au Sud du projet (zone qui a été complètement inondée en début d'année 2024 suite au passage du cyclone BELAL avec des problèmes d'évacuation des boues) ne doit pas avoir pour conséquence d'impacter la qualité de l'eau de la Réserve Naturelle Nationale de l'Étang Saint-Paul.

Les résultats du modèle hydraulique montrent une non-aggravation du risque inondation sur le périmètre du projet.

Compléments 2 Biodiversité du 4 mars 2025

Ces observations viennent en sus de la demande de compléments transmise par courrier en date du 28 novembre 2024 sur le volet biodiversité. Leur prise en compte reste toutefois facultative mais vivement recommandée.

Observations sur le volet biodiversité

1. Méthodologie
    a. Constats

L'intégralité des inventaires de terrain a été réalisée en 2021, en hiver austral pour la flore et en été austral pour la faune.

Certaines zones inscrites sur l'emprise directe du projet n'ont pas été prospectées.

Le périmètre de l'aire d'études rapprochée est réparti de manière disproportionnée : la partie sud, à proximité de la réserve naturelle de l'étang Saint-Paul, est très réduite tandis que la partie nord, très urbanisée est largement incluse dans le diagnostic.

    b. Recommandations

Réaliser une mise à jour des inventaires en été austral sur l'ensemble de l'emprise directe des travaux ainsi que sur une aire d'étude rapprochée correctement dimensionnée. Cette aire doit couvrir l'ensemble des impacts indirects du projet (bruit, poussière, écoulement des eaux...).

Des inventaires complémentaires ont été réalisés en avril 2025 sur 3 secteurs. Les inventaires ont été mis à jour dans le Volet Naturel de l'Etude d'Impact et le Dossier de Dérogation Espèces Protégées.

2. Diagnostic et impacts — Habitats
    a. Savanes herbacées, décrites dans le dossier comme « très probablement primaires » 1,24 + 2167 ha directement impactés par le projet.

L'arrêté ministériel du 17 septembre 2019 fixant la liste des habitats naturels pouvant faire l'objet d'un arrêté préfectoral de protection des habitats naturels (APHN) à La Réunion reconnaît la valeur patrimoniale des habitats savanaires.

Récemment, les projets d'aménagement qui altèrent ce type d'habitat ont fait l'objet d'un avis défavorable du CSRPN compte tenu à la fois du manque de prise en compte des connaissances récentes sur le milieu, de l'absence de mesure de compensation et de l'absence de la prise en compte des impacts cumulés sur ce type de milieu.

Pour consolider le dossier, il est recommandé au porteur de projet de compléter son dossier par les points suivants :

- L'approche des habitats est insuffisante. Les dernières publications scientifiques devraient être prises en compte :
- Une synthèse sur les végétations des savanes réalisée récemment a été présentée aux acteurs à Saint-Paul en 2022 : BRIFFAUD S. 2022- Vers une stratégie d'action pour la préservation des savanes et la gestion des espaces naturels du littoral sous le vent ;
- Une publication scientifique est partagée sur le site internet de la DEAL : BOULET V. 2022. La végétation des savanes de l'ouest de La Réunion- Volet 2 : les systèmes de savanes de l'ouest de La Réunion.

Pour mémoire, le non-versement de ces connaissances bibliographies au dossier de demande de dérogation avait motivé l'avis défavorable du CSRPN sur le projet de la ZI 4 à Saint Pierre.

Seuls 12.600m² de savanes considérées comme "sub-primaires" (habitats naturels) vont être impactés par le projet. Nous ne comprenons pas d'où vienne les chiffres 1.24ha et 2167 ha mentionnés plus haut. Les études sur les savanes de V. BOULLET et BRIFFAUD avaient d'ores-et-déjà été intégrées à la présente étude, bien que non mentionnées, notamment en ce qui concerne la définition de savanes "sub-primaires" au sein de l'éco-complexe de la Plaine Chabrier. Les précisions et références bibliographiques issues de ces études spécifiques ont été intégrées au dossier.

Une mesure de réduction MR08 visant à déplacer des horizons superficiels du sol et la mesure MR10 visant à limiter la propagation des espèces exotiques envahissantes ont notamment été proposées pour réduire l'impact sur les savanes herbacées et recréer des milieux savanaires secondaires favorables à une recolonisation par les espèces typiques de ce milieux (dont *Zornia gibbosa, Aristida setacea et Heteropogon contortus*). Biotope considère que cette mesure est suffisante puisque l'impact sera localisé sur des savanes "sub-primaires" relictuelles d'ores-et-déjà dégradées par les activités anthropiques (endiguement de la rivière des Galets, nivellement / terrassement de la Plaine Chabrier, exploitation de carrières) et soumises à une forte pression de colonisation par les Espèces Exotiques Envahissantes buissonnantes (*Lantana strigocamara, Leucaena*

leucocephala). En créant en parallèle des délaissés, des accotements et des noues, nous pouvons ainsi considérer l'impact résiduel comme étant faible. Nous proposerons cependant, dans le cadre des impacts cumulés sur les systèmes savanaires d'autres projets, d'étoffer la mesure MR10 "Limiter la propagation des espèces exotiques envahissantes" afin de la répercuter en phase travaux ET exploitation et de l'étendre sur les systèmes savanaires préservés à proximité de l'emprise du projet et sus des milieux savanaires reconstitués dans le cadre de la mesure MR08 (cf. ci-après).

Conformément à l'article R 122-5 / 4° (e), **l'étude d'impact doit présenter le cumul des incidences avec d'autres projets existants ou approuvés.** Sont compris, en outre, les projets qui, lors du dépôt du dossier de demande comprenant l'étude d'impact :

- ont fait l'objet d'une étude d'incidence environnementale au titre de l'article R. 181-14 et d'une consultation du public ;
- ont fait l'objet d'une évaluation environnementale au titre du présent code et pour lesquels un avis de l'autorité environnementale a été rendu public.

Aucune notion de distance géographique n'est précisée par le Code de l'environnement. Pour la biodiversité, le pragmatisme revient à prendre en compte des milieux qui présentent des caractéristiques similaires sur l'ensemble de l'île et non pas sur un rayon donné, tant la diversité des habitats peut être large sur une zone donnée.

Les projets ayant un impact sur le milieu savanaire correspondant sont les suivants :

- ZAC Renaissance III / ZAC Tamarins à Saint-Paul,
- Z14 à Saint-Pierre,
- Réhabilitation de l'ancienne décharge de Cambaie à Saint-Paul.

L'analyse propose d'évaluer le milieu savanaire comme présentant un enjeu moyen avant travaux. Cette analyse sera à revoir après prise en compte des publications scientifiques récentes.

Le milieu avant impact d'intérêt moyen étant déjà concerné par une colonisation en cours des EEE, l'impact après projet ne peut pas être faible sous prétexte qu'il y a des EEE.

D'autres mesures ERC pourraient être proposées pour atteindre l'objectif de zéro perte nette de biodiversité. **Lutter contre les EEE sur le long terme sur un milieu savanaire présentant les mêmes caractéristiques que le milieu détruit peut être une piste de compensation d'impact.**

La mesure MR10 "Limiter la propagation des espèces exotiques envahissantes" afin de la répercuter en phase travaux ET exploitation et de l'étendre sur les systèmes savanaires préservés à proximité de l'emprise du projet et sus des milieux savanaires reconstitués dans le cadre de la mesure MR08 (cf. ci-après).

b. Végétation marécageuse de basse altitude- 0,342 ha directement impactés Constat

Des travaux de recalibrage de la ravine La Plaine sont prévus. Ils sont de nature à occasionner un impact fort sur ce milieu à enjeu. Pour réduire cet impact, il est prévu la renaturation de la partie aval de la ravine La Plaine.

<u>Recommandations</u>

La proposition semble pertinente. Toutefois, il convient de préciser la superficie de la zone concernée par la renaturation pour comparaison avec la surface impactée. Une carte situant avec précision la zone concernée devrait également être ajoutée au dossier.

C'est l'ensemble de la Ravine de la Plaine qui fait l'objet du recalibrage, soit environ 4 hectares.

La ravine se compose de deux secteurs caractéristiques distincts :

- Le premier, situé près de l'Etang jusqu'à la bretelle de sortie de la RN1, constitue la zone humide, classée Ramsar ;
- Le second situé au-delà de la bretelle, constitue une zone sèche bétonnée.

Ces deux zones sont traitées de manière différenciée dans le cadre du projet de recalibrage.

Zone A – ZONE HUMIDE

L'objectif, dans cette zone à forts enjeux écologiques, est de mettre en place une démarche de renaturation permettant une résilience accrue de la zone humide et d'assurer une continuité écologique des ripisylves.

Le projet prévoit ainsi :

- La plantation des berges avec des jeunes plants ligneux adaptés à l'immersion dans l'eau ainsi que quelques sujets isolés dans le fond de ravine (*Heritiera littoralis, Talipariti tiliaceum, Thespesia populnea, Thespesia populneoides*).

- Le travail fin du lit de la ravine avec la création de légères dépressions humides favorisant la stagnation de l'eau, la translocation de *Phragmite Mauritianus*, et la venue du *Paspalum geminatum et/ou Urochloa mutica, Ludwigia octovalvis, Setaria geminatum, Typha domingensis*…). Le fond de la ravine sera ensemencé avec un premier couvert végétal de *Cynodon dactylon* afin de stabiliser le substrat du lit avant le développement des diverses graminées spontanées de milieu humide.

SECTEUR 2 – ZONE SECHE

Ce secteur hors RAMSAR, considéré comme sec porte moins d'enjeux. Le principe de traitement de lit en continuité de la zone 1 par un principe de dépression humide et d'un premier couvert de *Cynodon dactylon* est proposé.

Les berges amont (côté axe mixte) seront plantées d'essences forestières inspirées des essences de ripisylves et de la forêt semi sèche (*Terminalia bentzoe, Dodonaea viscosa var. angustifolia, Doratoxylon apetalum var. apetalum, Cossinia pinnata, Olea europaea subsp. Cuspidata, Ruizia cordata, Elaeodendron orientale, Calophyllum inophyllum, Kirganelia castica*…)

La récupération de banques de graines pour replantation dans le lit de la ravine pourra également être réalisée pour favoriser la renaturation en sus de la re végétalisation.

En termes de surfaces, il est prévu :

- 6300m² de massifs de jeunes plants sur berges secteur sec > Partie à l'Est

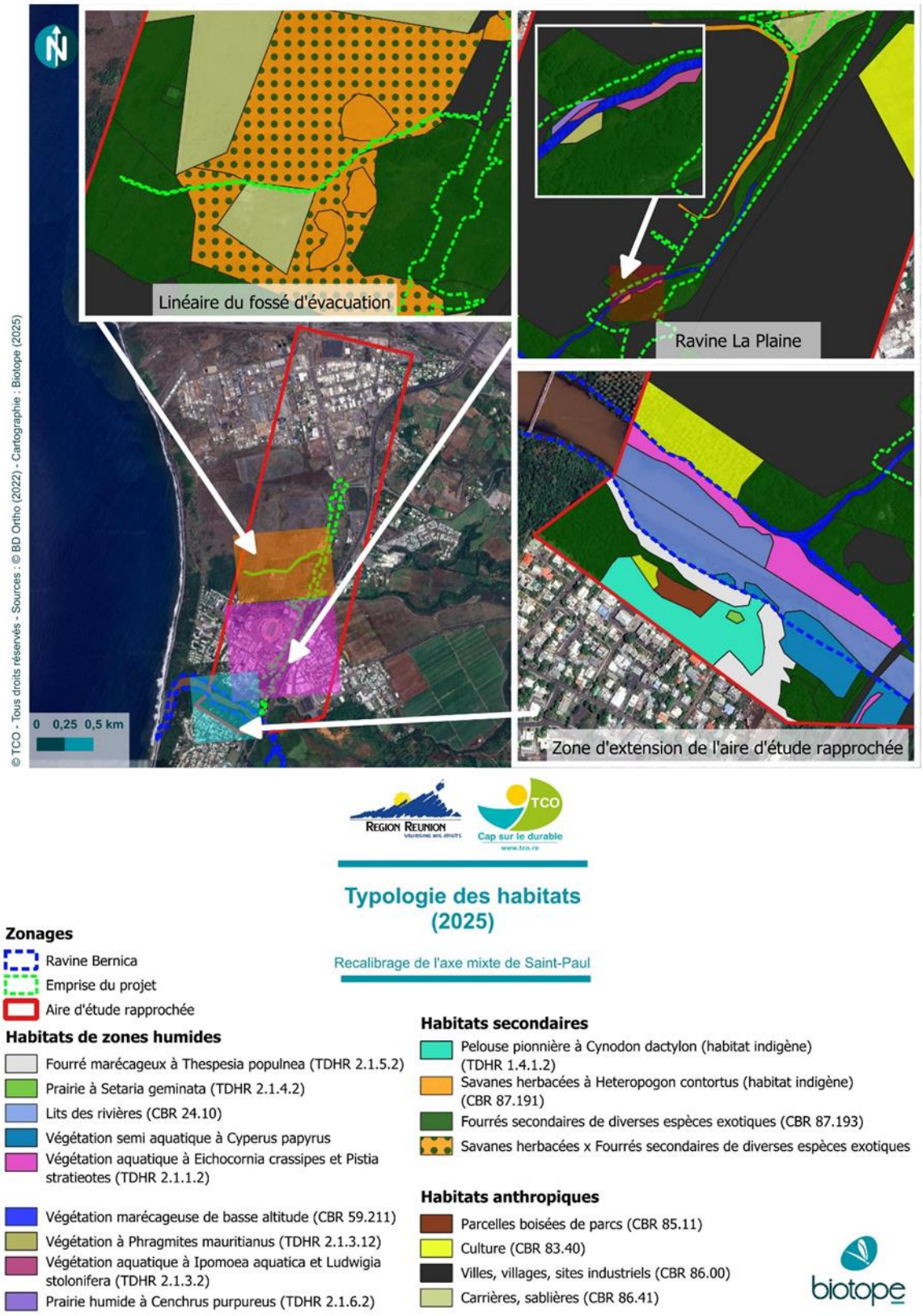
- 1500m² de massifs de jeunes plants sur berges secteur humide (Ramsar) > Partie à l'Ouest

- 600 m^2 de *Phragmites Mauritianus*

- Le semis de *Cynodon dactylon* et un modelage avec dépressions humides sur (9350m² pour la partie humide et 14160m² pour la partie sèche)

Un inventaire de la zone avant travaux devrait être réalisé pour comparaison après travaux et évaluer le succès des opérations.

Un inventaire complémentaire a été réalisé en avril 2025 dans la partie Sud de l'aire d'étude du projet (cf carte ci-après). Les éléments ont été intégrés dans la V2 du Volet Naturel de l'Etude d'Impact et la Demande de Dérogation Espèces Protégées (DDEP).



La mesure prévoit de planter des arbres, dont des espèces protégées inventoriées à proximité. Il est conseillé de prélever des graines des espèces protégées in-situ plutôt que d'utiliser des graines issues de pépinières **pour garantir une meilleure diversité génétique. Ce mode opératoire nécessite au préalable une dérogation espèce protégée.**

Le cerfa concernant la flore a été mis à jour.

En plus des actions de plantation prévues, il conviendrait de **prévoir des actions de luttes EEE** pour atteindre l'impact résiduel positif à long terme visé par le dossier. Une action sur 10 ans minimum serait requise.

Une mesure de suivi de la mesure compensatoire dédiée à de la lutte EEE a été ajoutée (S02) dans le Volet Naturel de l'Etude d'Impact et la Demande de Dérogation Espèces Protégées. La mesure MR10 a de plus été complétée afin d'étendre

son champ d'application en phase exploitation et sur l'ensemble des milieux savanaires préservés / renaturés dans l'emprise du projet.

Le milieu se situe en périphérie de la Réserve Naturelle de l'Etang de Saint-Paul (RNESP).

Le gestionnaire de la réserve devrait être consulté pour s'assurer que les mesures de réduction d'impact soient suffisantes pour garantir l'absence d'impact en réserve.

Si le projet n'a pas d'emprise sur la Réserve Naturelle, la préfecture a la faculté de demander un avis au gestionnaire de la Réserve.

La RNESP prévoit des actions de renaturation similaires à la MR07 prévue dans le dossier. Une mutualisation des moyens pourrait être envisagée pour gagner en efficacité.

Des échanges ont eu lieu lors de la conception du projet avec la RNNESP. Les emprises de la RNN et de la DRR n'étant pas superposées, et afin de respecter le principe de non-additionnalité des mesures compensatoires, il semble difficile d'imaginer une mutualisation des moyens d'entretien entre DRR et RNNESP. Le plan de gestion pour l'entretien des emprises projets et de la MC en phase exploitation devra toutefois être élaboré en partenariat avec la RNNESP.

3. Diagnostic et impacts — Flore
    a. Constats

7 espèces protégées ont été recensées sur l'aire d'étude rapprochée. D'après le dossier, ces espèces auraient été plantées et perdraient leur statut de protection. Il convient d'en apporter la démonstration. Certains éléments de l'argumentaire développé gagneraient à être précisés.

Le Porcher *(Thespesia populneoides*), espèce protégée en danger critique d'extinction : Il est usuel de la trouver à l'état naturel sur le milieu sur lequel le ou les individus ont été relevés.

La Région Réunion a déposé un dossier de demande dérogation espèce protégée en juillet 2023 pour son projet de sondages géotechniques du nouveau pont sur l'étang de Saint-Paul.

Le dossier précise :

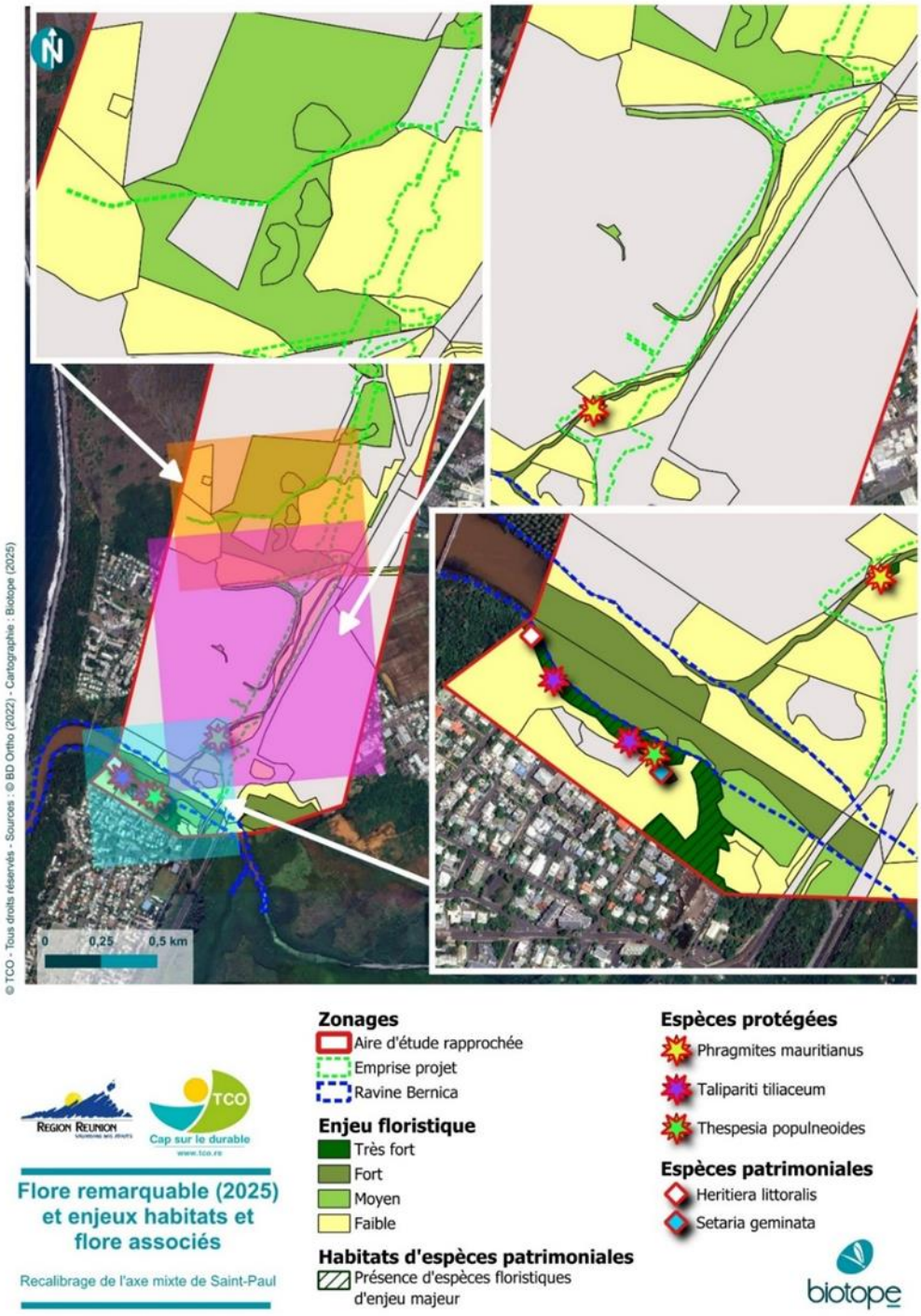
« Une espèce protégée a été relevée à proximité de la zone d'étude écologique :

- *Thespesia populneoides* (Roxb.) Kostel. (le Porche) /1..] L'individu étant d'origine spontanée (non domestique), celui-ci est soumis à la réglementation des espèces protégées. »

La présence de cette espèce a bien été confirmée lors des inventaires complémentaires réalisées en 2025 mais elle se situe bien en dehors des emprises du projet (cf carte ci-dessous). Aucun impact n'est prévu sur cet individu c'est la raison pour laquelle cette dernière n'est pas intégrée au dossier de dérogation espèce protégée. Son statut de protection a été rétablie dans le rapport VNEI.

Nous avons écrit dans le rapport initial que "souvent plantées dans le cadre d'aménagements urbains, l'origine spontanée ou non de ces données n'a pas été précisée (non observées lors de nos inventaires)." Nous avons mentionné que leur présence spontanée sur l'aire d'étude rapprochée était remise en question dû à l'absence d'habitats favorables.

Seul *Terminalia bentzoe* a fait l'objet d'une mention "espèce plantée".



Le Bois de Paille-en-queue *(Monarrhenus salicifolius),* espèce protégée en danger d'extinction :

Cette espèce évolue généralement sur des falaises. Cet habitat n'ayant pas été relevé dans l'état initial de l'environnement, il conviendrait de s'assurer de sa présence.

Suite aux inventaires complémentaires réalisé en avril 2025, cette espèce n'a pas été observée sur les zones inventoriées. Les inventaires complémentaires ont été intégrés dans la mise à jour du rapport. Compte tenu de son écologie, de sa rareté à l'échelle de l'île, de l'absence d'habitat favorables et du fait que cette espèce est très régulièrement plantée dans les massifs ornementaux, si sa présence devait être avérée, son caractère non- spontané ne fait aucun doute. Il est de plus à noter que la localisation des données SINP est sujette à précaution en fonction des protocoles d'inventaires et des sources.

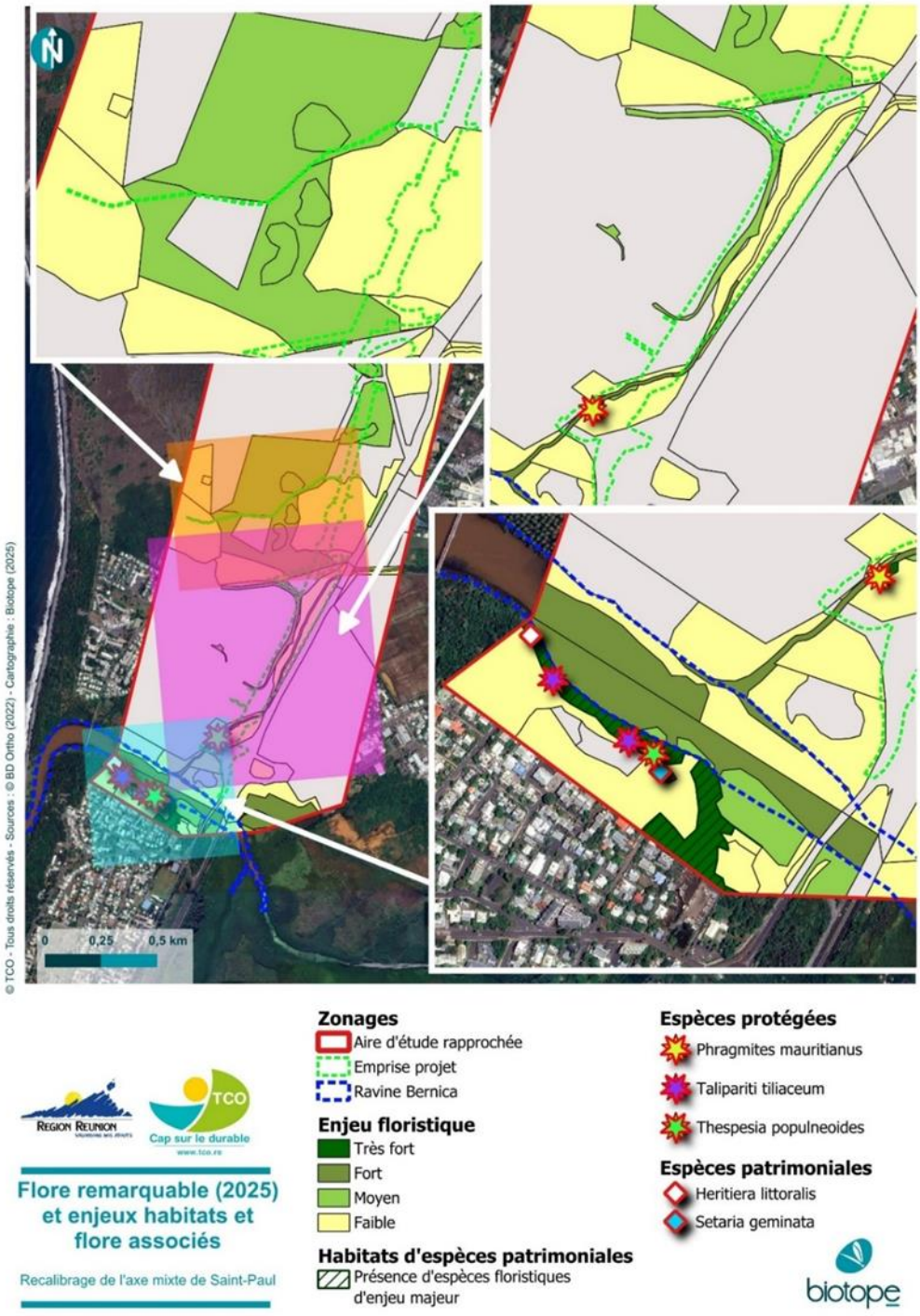
La Phragmite de Maurice *(Phragmites mauritianus),* espèce protégée en danger d'extinction :

Cette espèce se retrouve à l'état sauvage dans l'aire d'étude rapprochée du projet. Le site de la réserve de l'étang Saint-Paul, à proximité immédiate, constitue l'un des derniers habitats de l'espèce sur l'île de La Réunion.

Présence confirmée lors des inventaires complémentaires et intégrée dans l'évaluation des enjeux, impacts et mesures ERC de la V2 du rapport VNEI et DDPE.

Le Mova *(Talipariti tiliaceum = Hibiscus tiliaceus),* espèce protégée en danger d'extinction : L'espèce se retrouve à l'état sauvage sur la zone.

Lors des inventaires complémentaires réalisée en 2025, l'espèce a été observée dans l'aire d'étude rapprochée du projet, sur la berge de l'autre côté de la rive de la Réserve. Dans tous les cas cette dernière est bien en dehors des emprises du projet comme constaté sur la carte ci-dessous et aucun impact n'est prévue sur cet espèce.



b. Recommandations

Un inventaire de terrain récent devrait être mené pour confirmer la présence des espèces dans l'aire d'études rapprochée du projet.

Ce dernier a bien été réalisé en avril 2025.

Dans le cas où un ou plusieurs individus seraient inventoriés, le diagnostic devrait évaluer l'impact brut du projet en phase travaux et en phase exploitation sur chaque espèce et développer la séquence ERC le cas échéant.

Les impacts sur les espèces floristiques en aval de la Ravine la plaine ont bien été pris en considérations il s'agit dans le VNEI et la DDEP des effets suivants :

- Impact du recalibrage de la ravine La Plaine sur les habitats et la flore
- Impact de la remise en suspension de sédiments causée par les travaux de la Ravine la Plaine sur les espèces floristiques et habitats en aval

L'ensemble des espèces présents en aval ont été prises en compte et des mesures ER ont été proposées ou retravaillées pour réduire l'impact brut du projet.

La cartographie « Flore données bibliographiques recensée sur l'aire d'étude » présente trop d'informations ce qui la rend illisible. À titre d'exemple, l'espèce *Thespesia populneoides* qui apparaît en légende n'est pas visible sur la carte.

Deux cartographies, l'une de la flore protégée et l'autre de la flore à enjeux seraient probablement plus lisibles.

Un argumentaire relatif à la mise en culture de chaque individu des espèces protégées que l'on retrouve à l'état sauvage sur le milieu inventorié pourrait être apporté sans quoi le ou les individus conservent

Cf. ci-dessus.

ANNEXE 1 – Evaluation Socio-économique

Prolongement et réaménagement de l'axe mixte de Saint-Paul

Dossier d'enquête publique unique

EVALUATION SOCIO-ECONOMIQUE

4702681

Prolongement et réaménagement de l'axe mixte de Saint-Paul

Dossier d'enquête publique unique

Région Réunion

Evaluation Socio-Economique

VERSION	DESCRIPTION	ÉTABLI(E) PAR	APPROUVÉ(E) PAR	DATE
1	Première rédaction	Estelle Morcello		18/08/2025
2	Correction d'un tableau	Estelle Morcello		21/08/2025

Branche Réunion Océan Indien

121 boulevard Jean Jaurès - CS 31005 - 97404 SAINT-DENIS Cedex – TEL : : 02 62 90 96 00 . lareunion@arteliagroup.com

ARTELIA – Siège Social : 16 rue Simone VEIL – 93400 SAINT-OUEN-SUR-SEINE . France

Capital : 13 262 150 Euros . 444 523 526 RCS Bobigny . SIRET 444 523 526 00804 . APE 7112B
N° identification TVA : FR 40 444 523 526 . www.arteliagroup.com

SOMMAIRE

1 CONTENU DU DOCUMENT 4

2 CADRAGE GÉNÉRAL DE L'ÉVALUATION SOCIO-ÉCONOMIQUE 4

2.1 L'application des textes tutélaires en vigueur 4

2.2 Méthodologie et principes de l'évaluation socio-économique 4

2.2.1 Principes généraux : l'analyse monétarisée coûts-avantages 4

2.2.2 Les conditions économiques 5

2.2.3 Introduction à la notion d'actualisation 5

2.2.4 Période d'évaluation 6

2.2.5 Indicateurs synthétiques 6

2.2.6 Modalités d'application du coût d'opportunité des fonds publics (COFP) 7

3 LE SCÉNARIO MACRO-ÉCONOMIQUE DE RÉFÉRENCE 8

3.1 Scénario économique tendanciel 8

3.1.1 PIB 8

3.1.2 Population 8

3.1.3 Évolution du prix du pétrole 9

3.2 Scénario économique de court terme 9

4 L'OPTION DE RÉFÉRENCE 9

5 L'OPTION DE PROJET 10

6 EFFETS DU PROJET : MONÉTARISATION DES EFFETS SOCIO-ÉCONOMIQUES 10

6.1 Le périmètre géographique 10

6.2 Données de trafic 10

6.2.1 Les horizons pris en compte dans la modélisation de trafic 10

6.2.2 Evolution du trafic 10

6.2.3 Les coefficients de passage des données journalières à des données annuelles 10

6.2.3.1 Trafic 10
6.2.3.2 Offre TCUs 11
6.2.4 Inputs issus du modèle de trafic 11
6.3 Coûts d'investissement 11
6.4 Gains de temps des usagers 12
6.5 Recettes et coûts d'exploitation 13
6.5.1 Bus 13
6.5.2 Voiture particulière 13
6.5.3 Voirie pour les transports collectifs urbains 13
6.5.4 Véhicules particuliers 13
6.6 Externalités 14
6.6.1 Hypothèses de répartition par densité urbaine 14
6.6.2 Impacts pour les riverains 14
6.6.2.1 Nuisances sonores 14
6.6.2.2 Pollution atmosphérique 15
6.6.3 Impacts pour la collectivité 16
6.6.3.1 Effet de serre 16
6.6.3.2 Amélioration de la sécurité routière 16
6.7 Prise en compte des effets amont-aval 18
6.8 Résultat du BSE 18
6.8.1 Indicateurs de rentabilité socio-économique 18
6.8.2 Les tests de sensibilité 20
6.8.3 Synthèse 20

1 CONTENU DU DOCUMENT

Le code des transports, qui intègre la loi d'orientation sur les transports intérieurs du 30 décembre 1982, prévoit que « Les choix relatifs aux infrastructures, aux équipements et aux matériels de transport dont la réalisation repose, en totalité ou en partie, sur un financement public sont fondés sur l'efficacité économique et sociale de l'opération. Ils tiennent compte des besoins des usagers, des impératifs de sécurité et de protection de l'environnement, des objectifs de la politique d'aménagement du territoire, des nécessités de la défense, de l'évolution prévisible des flux de transport nationaux et internationaux, du coût financier et, plus généralement, des coûts économiques réels et des coûts sociaux, notamment de ceux résultant des atteintes à l'environnement. ».

L'évaluation socio-économique d'un projet d'infrastructure de transports est menée conformément aux articles L1511-2 et suivants et aux articles R1511-1 et suivants du code des transports, ainsi qu'à l'article 17 de la loi n°2012-1558 du 31 décembre 2012 relative à la programmation pluriannuelle des finances publiques et au décret n°2017-1705 du 18 décembre 2017 relatif à la procédure d'évaluation des investissements publics. Mais bien que sur le plan réglementaire, il ne soit exigé que le calcul d'« indicateurs performants » car le coût du projet est inférieur à 83 millions d'euros HT, et non un bilan socio-économique monétarisé, le maître d'ouvrage souhaite le calcul de ce bilan socio-économique afin de sécuriser juridiquement la procédure de demande de déclaration d'utilité publique du projet, conformément à ce qui est recommandé par la DEAL dans son avis du 28 novembre 2024 sur le dossier de demande d'autorisation environnementale.

Le présent document est donc la présentation de la méthodologie et des résultats de l'évaluation socio-économique monétarisée de l'axe mixte desservant l'Ecocité.

2 CADRAGE GENERAL DE L'EVALUATION SOCIO-ECONOMIQUE

2.1 L'APPLICATION DES TEXTES TUTELAIRES EN VIGUEUR

L'évaluation socio-économique est réalisée suivant une méthodologie conforme aux textes tutélaires en vigueur, qui définissent les principes et les principaux paramètres à appliquer :

- L'instruction du Gouvernement du 16 juin 2014 relative à l'évaluation des projets de transports, dite « Instruction Royal »,
- la note technique de la Direction Générale des Infrastructures, des Transports et de la Mer (DGITM) de décembre 2019,
- les fiches-outil de la DGITM de mai 2019,
- le rapport sur les coûts externes et tarification de déplacement du Commissariat Général du développement Durable (CGDD) décembre 2020.

2.2 METHODOLOGIE ET PRINCIPES DE L'EVALUATION SOCIO-ECONOMIQUE

2.2.1 Principes généraux : l'analyse monétarisée coûts-avantages

Le bilan socio-économique est une analyse monétarisée coûts-avantages, qui vise à fournir une estimation de l'effet agrégé du projet sur les composantes du bien-être collectif qui peuvent se traduire en valeur monétaire. Elle prend en compte l'ensemble des coûts et des avantages marchands (i.e. faisant l'objet d'échanges monétaires entre acteurs) et non-marchands monétisables (gains de temps, impact sur la

pollution atmosphérique, etc.). Elle est alimentée par l'analyse des effets et débouche sur des indicateurs socio-économiques normalisés.

Le bilan socio-économique consiste ainsi à comparer les séries chronologiques des flux d'avantages et coûts annuels sur la période allant jusqu'à 2140 (avec un point intermédiaire en 2070), actualisés et exprimés en euros constants, d'un certain nombre d'éléments :

- Les investissements et les coûts inhérents à la mise en service du projet (et son entretien sur la durée de l'évaluation),
- Les variations de temps pour les usagers,
- L'impact sur les coûts d'exploitation des véhicules (transports collectifs, VP)
- Les externalités (impact sur les gaz à effet de serre, la sécurité, la réduction des nuisances sonores, etc.) liées au changement d'itinéraire ou au report modal,
- etc.

2.2.2 Les conditions économiques

Le calcul des composants est effectué en euros constants. L'année de référence adoptée pour exprimer les valeurs monétaires est l'année 2024, car c'est la dernière année pour laquelle les séries chronologiques INSEE (PIB, inflation, indice Travaux Publics, etc.) sont complètes. Cela signifie que, quelle soit la valeur monétarisée à l'année N, elle doit être exprimée avec la même unité monétaire pour être comparable.

Dans les calculs de rentabilité, les grandeurs monétaires sont exprimées en euros constants de l'année 2024 (en abrégé : euros$_{2024}$ ou €$_{2024}$).

2.2.3 Introduction à la notion d'actualisation

L'actualisation est une opération mathématique qui permet de comparer des valeurs économiques qui s'échelonnent dans le temps. Elle consiste à ramener la valeur future ou passée d'un bien à une valeur actuelle.

Elle repose sur deux éléments essentiels :

- L'appréciation des flux monétaires (échéancier des dépenses et recettes passées, immédiates et futures).
- Le taux d'actualisation, qui est un taux de substitution entre le passé ou le futur et le présent ; il traduit par sa valeur une préférence plus ou moins forte pour le présent.

Le groupe de travail de France Stratégie sur la révision du taux d'actualisation[1] préconise la formule suivante : taux d'actualisation =2 + 1,2 * Bêta, avec un bêta à moduler en fonction du type d'investissement. Mais en l'absence de la publication par France Stratégie des résultats du groupe de travail sur les bêta sectoriels, la DGITM recommande de prendre bêta = 1. Par conséquent, le taux d'actualisation retenu est 3,2% annuel sur toute la durée d'évaluation. La figure ci-dessous représente la valeur actualisée d'un euro, selon ce taux de 3,2%.

[1] https://www.strategie.gouv.fr/sites/strategie.gouv.fr/files/atoms/files/fs-guide-evaluation-i-taux_dactualisation-23novembre-final.pdf

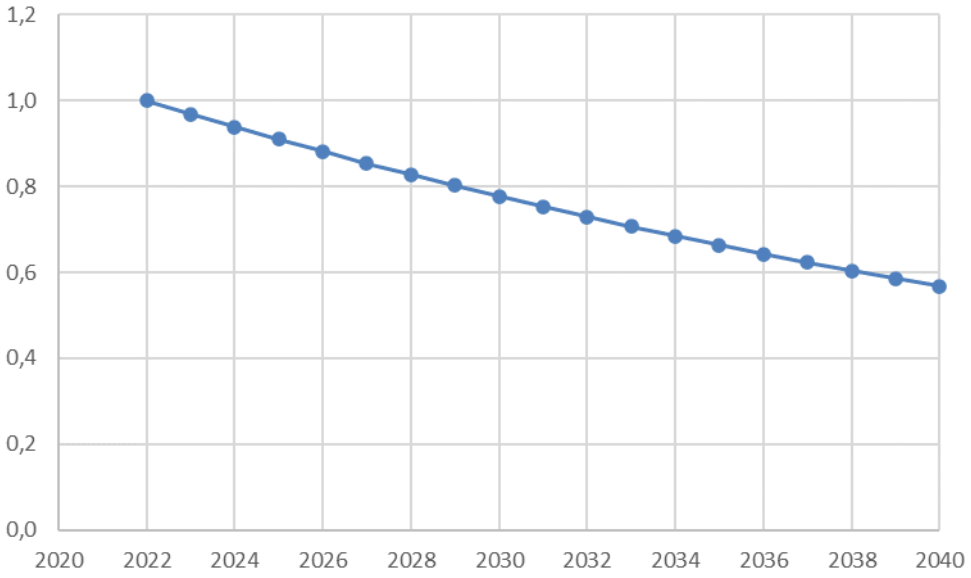


Figure 1 : Evolution de la valeur actualisée de 1 euro, sur la base d'un taux d'actualisation de 3,2%

2.2.4 Période d'évaluation

Conformément aux documents de référence, la période à considérer pour l'évaluation du projet se compose de quatre étapes successives :

- 2023-2025 : études ;
- 2026 – 2026 : période de réalisation du projet ;
- 2027 – 2070 : période du projet au cours de laquelle sont élaborées les prévisions de trafics, corrélées aux perspectives offre/demande, et au cours de laquelle on compare les effets économiques que l'option de projet produit par rapport à l'option de référence. La phase 1 est mise en service en 2027 et la phase 2 en 2029
- 2071 – 2140 : période au cours de laquelle sont stabilisés les avantages « Projet – Référence », exceptés ceux relatifs à l'émission des GES (Gaz à effet de Serre) par les véhicules particuliers dont le calcul d'actualisation est ainsi neutralisé. Ces avantages « Projet moins Référence » sur cette période permettent d'établir ce qui est nommée la « valeur résiduelle », à ajouter aux valeurs des deux périodes précédentes.

2.2.5 Indicateurs synthétiques

Les résultats du calcul socioéconomique se focalisent sur les indicateurs socioéconomiques principaux suivants :

- Valeur actualisée nette socio-économique (VAN-SE) ;
- Valeur actualisée nette socio-économique (VAN-SE) par euro investi ;
- Taux de rentabilité interne (TRI).

La valeur actualisée nette socio-économique (VAN-SE) est la somme, sans doubles comptes, des variations (entre l'option référence et l'option projet) des effets monétarisés actualisés de toutes natures induits par le projet. Les différents composants de la VAN-SE sont calculés jusqu'à l'horizon dit d'évaluation, fixé égal à l'année 2070. Ces composants sont actualisés à année T, dite « année d'actualisation ». Au-delà de 2070, la VAN-SE tient compte de la valeur résiduelle de l'investissement actualisée à la même année T. Cette valeur résiduelle actualisée correspond à la somme actualisée, à l'année T d'actualisation, des avantages nets

procurés par le projet à la collectivité, sur 70 ans, entre 2071 et 2140. La valeur résiduelle est calculée en stabilisant les valeurs de référence, sauf celle du carbone pour laquelle une croissance annuelle de la valeur unitaire égale au taux d'actualisation est retenue.

La VAN-SE s'écrit plus précisément :

$$VAN-SE = -\frac{\Delta I_{t_0}}{(1+a)^{t_0-T}} + \sum_{t=t_0+1}^{2070} \frac{\Delta A_t - \Delta E_t}{(1+a)^{t-T}} + \underbrace{\sum_{t=2071}^{2140} \frac{\Delta A_t - \Delta E_t}{(1+a)^{t-T}}}_{\text{Valeur résiduelle actualisée}}$$

Avec :

- T : année d'actualisation
- to : année précédant la mise en service du projet
- a : taux d'actualisation
- ΔIt, ΔEt, ΔAt représentent respectivement les variations à l'année t, entre l'option projet et l'option référence, des coûts d'investissement, des coûts et des avantages.

Par convention, l'année d'actualisation est l'année précédant la mise en service, soit 2026, c'est-à-dire que l'on ramène la valeur future ou passée des différentes valeurs monétarisées à la valeur de l'année 2026 pour pouvoir être comparées.

Un projet est considéré comme rentable du point de vue de la collectivité si la VAN-SE est positive.

La valeur actualisée nette socio-économique par euro investi est le rapport entre la VAN-SE et le montant actualisé de l'investissement. Cet indicateur vise à exprimer l'effet de levier de l'investissement sur l'économie.

Par ailleurs, la valeur actualisée nette par euro public dépensé est le rapport entre la VAN-SE et le coût actualisé net pour les finances publiques du projet sur l'horizon d'évaluation considéré.

Le taux de rentabilité interne du projet (TRI) est défini comme le taux d'actualisation spécifique qui annule la VAN-SE. C'est donc la solution r de l'équation suivante :

$$\sum_{i=T_0}^{N} \frac{ensemble\ des\ coûts\ et\ avantages\ de\ l'année\ i}{(1+r)^i} = 0$$

Un projet est considéré comme rentable du point de vue de la Collectivité si le TRI est supérieur au taux d'actualisation.

2.2.6 Modalités d'application du coût d'opportunité des fonds publics (COFP)

Aux dépenses publiques, il convient d'appliquer un coût d'opportunité des fonds publics (COFP). Le COFP traduit les distorsions économiques causées par les prélèvements fiscaux pour assurer le financement public du projet. L'instruction « Royal » fixe le COFP à 1,2.

La part des coûts d'investissement (infrastructure et matériel roulant) étant considérée financée par des fonds publics uniquement, on majore ces coûts de 20%.

Il en va de même pour l'entretien de la voirie routière.

Concernant les coûts d'exploitation des transports collectifs urbains, on supposera que le COFP s'applique aux dépenses d'exploitation non couvertes par la vente de titres de transport.

3 LE SCENARIO MACRO-ECONOMIQUE DE REFERENCE

3.1 SCENARIO ECONOMIQUE TENDANCIEL

Le cadrage économique est cohérent avec la Stratégie Nationale Bas Carbone (SNBC) 2019. Le scénario macro-économique retenu est appelé scénario AMS (avec mesures supplémentaires), scénario principal de la SNBC, dont les hypothèses permettent d'atteindre l'objectif politique d'une neutralité carbone à l'horizon 2050, et de diminuer les consommations d'énergie de manière importante et durable via l'efficacité énergétique ou des comportements plus sobres. Ce scénario est présenté dans la fiche-outil de la DGITM « scénario de référence » de mai 2019.

La fiche-outil de 2019 s'appuie sur les projections Omphale de l'INSEE (2016) et pour le PIB, sur le rapport 2018 du COR - conseil d'orientation des retraites (rapport fournissant, entre autres éléments, une évolution du PIB sur le long terme), le COR s'appuyant lui-même sur les projections Omphale de 2016. Mais les sources utilisées dans la fiche-outil de 2019 ont publié des projections plus récentes : l'INSEE a mis à jour les projections de population issues du OMPHALE en 2021, et le COR a également modifié son scénario macro-économique en conséquence (mise à jour annuelle).

3.1.1 PIB

Le scénario tendanciel est le scénario de référence proposé par le Conseil d'Orientation des Retraites dans son rapport de juin 2024, pour la France entière.

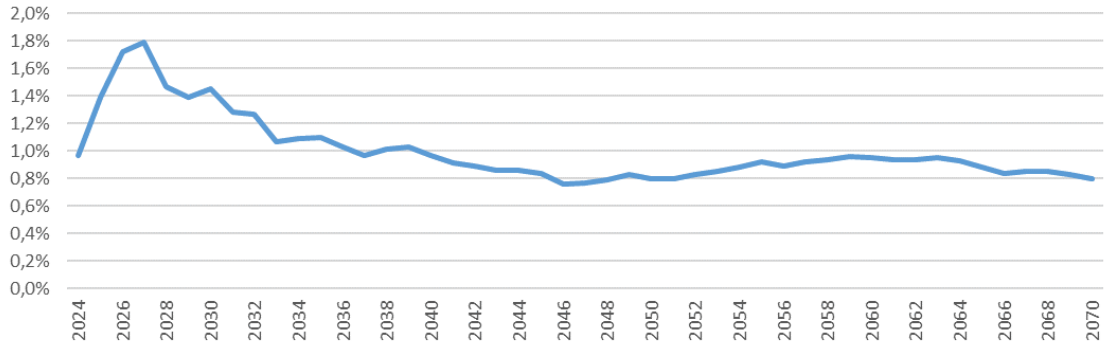


Figure 2 : Evolution du PIB (volume) entre 2024 et 2070 dans le scénario de référence du COR de juin 2024

3.1.2 Population

Pour la population, il n'a pas été possible d'utiliser les projections OMPHALE 2021 de l'INSEE pour la région de la Réunion, car nous ne disposons pas de projection du PIB récente qui soit spécifique au territoire.

Par conséquent, le scénario tendanciel est le scénario de référence proposé par le Conseil d'Orientation des Retraites dans son rapport de juin 2024, pour la France entière.

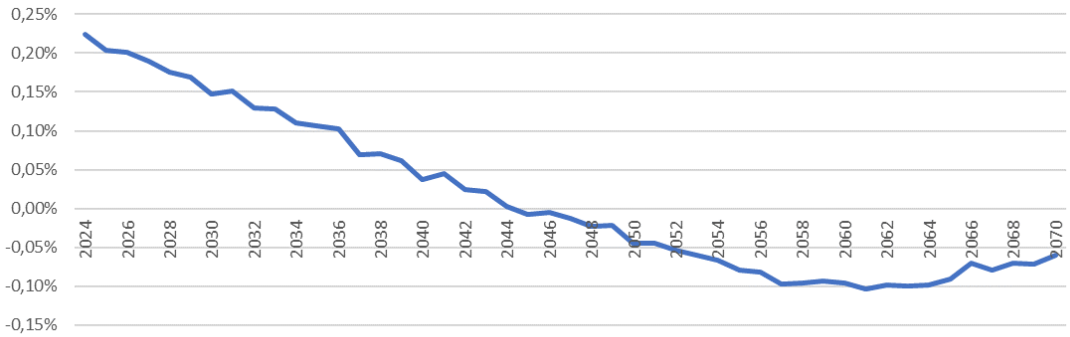


Figure 3 : Evolution de la POP) entre 2024 et 2070 dans le scénario central du modèle OMPHALE 2022 de l'INSEE

3.1.3 Évolution du prix du pétrole

La fiche-outil de 2019 s'appuie sur l'Agence internationale de l'Énergie (AIE) pour l'évolution des prix du pétrole.

Ce scénario suppose que le secteur des transports réussit à faire sa transition écologique et qu'il y ait ainsi zéro émission de gaz à effet de serre dans le secteur des transports terrestres à partir de 2050. Il joue sur les évolutions des prix des carburants, de la structure du parc (matériel roulant) et de ses émissions, etc.

3.2 SCENARIO ECONOMIQUE DE COURT TERME

Même si le scénario COR 2024 prend en compte le court terme (les conséquences économiques de la pandémie de 2020 et de la guerre en Ukraine), il nous apparait préférable de tenir compte des prévisions de court terme que la Banque de France publie trimestriellement, plus récentes. Elles tiennent notamment compte de l'impact de la politique nord-américaine en matière de droits de douane.

2019*	2020*	2021*	2022*	2023*	2024*	2025	2026	2027
2,03%	-7,44%	6,88%	2,57%	1,10%	1,10%	0,70%	1,20%	1,30%

* : PIB observé

Tableau 1 - Evolution du PIB : observé sur 2019-2022, prévision sur 2023-2026 (Source : Banque de France, mars 2025)

4 L'OPTION DE REFERENCE

L'option de référence intègre toutes les évolutions du territoire (socio-économique, réseau, etc.) qui n'ont pas de lien direct avec le projet, aux différents horizons étudiés. La principale évolution est donc la construction de la ZAC Cambaie. Ainsi, par différence avec les résultats obtenus avec les scénarios projet, elle permet d'isoler et de quantifier les effets du projet seul.

Cette option de référence est celle prise en compte dans le modèle de trafic.

5 L'OPTION DE PROJET

Le projet évalué est l'axe mixte, décomposé en deux secteurs :

- Le secteur 1, au nord, sera mis en service en 2027,
- Le secteur 2, au sud, sera mis en service en 2029.

6 EFFETS DU PROJET : MONETARISATION DES EFFETS SOCIO-ECONOMIQUES

6.1 LE PERIMETRE GEOGRAPHIQUE

Le périmètre géographique du projet est défini comme étant celui du modèle de trafic.

6.2 DONNEES DE TRAFIC

6.2.1 Les horizons pris en compte dans la modélisation de trafic

Les trafics issus du modèle sont fournis pour l'horizon 2025 (secteur 1), 2035 (secteurs 1+2) et 2045 (secteurs 1+2), alors que les horizons requis sont 2027 et 2029 (et 2045 sera utilisé à l'identique). La croissance des trafics, indépendamment des phases du projet et des modes, est obtenue de la façon suivante :

- 2027 (secteur 1) : calcul du tcam TOUS TRAFICS entre 2025 et 2035 (soit +0,45%), puis application de ce tcam aux projections 2025 (secteur 1) pour obtenir les projections de trafics à l'horizon 2027,
- 2029 (secteurs 1-2) : rétropolation des projections 2035 (secteurs 1-2) à l'année 2027 en utilisant le tcam TOUS TRAFICS 2025-2035.

6.2.2 Evolution du trafic

La fiche-outil 2019 préconise des évolutions différenciées pour les trafics VP et TCUs. Néanmoins ces évolutions sont basées sur les projections OMPHALE de l'INSEE qui ont été établies en 2016 ; les nouvelles projections OMPHALE établies en 2021 sont moins dynamiques. Par conséquent, de façon prudente, il a été décidé :

- de se placer dans un cadre méthodologique conforme aux projections OMPHALE 2021,
- de supposer que les trafics, quel que soit le mode, évolue de la même façon que la croissance de la population.

6.2.3 Les coefficients de passage des données journalières à des données annuelles

6.2.3.1 Trafic

Les données de trafic sont fournies par année.

6.2.3.2 Offre TCUs

Le coefficient de passage du nombre de jours offre TC à l'année est estimée à 365 jours (source Région).

6.2.4 Inputs issus du modèle de trafic

Le tableau ci-dessous indique les différentiels annuels entre les options de Référence et de Projet, pour l'offre de bus (plus réduite en raison d'un itinéraire plus court), des gains de temps et enfin de la réduction des VP sur le réseau.

	2027	2029	2045
Offre bus-km	0	-27 083	-27 083
Heures	236 819	282 461	210 566
VP-km	-137 789	-262 600	-244 329

Tableau 2 – Variation d'offre et de demande, et gains de temps

6.3 COUTS D'INVESTISSEMENT

Le coût d'investissement d'infrastructures de chacun des scénario projet est présenté ci-dessous. La durée de vie de chaque poste d'investissement est utilisée pour le calcul des coûts de renouvellement de l'infrastructure.

	Libellé CEREMA	Estimation CE nov22	Estimation CE2024	Durée de vie (ans)
1	Etudes d'avant projet/projet et études	1 009 215	1 029 629,21	1 000
2	Maîtrise d'ouvrage	500 000	510 113,90	1 000
3	Maîtrise d'œuvre de travaux	444 100	453 083,17	1 000
4	Acquisitions foncières et libération des emprises	7 060 000	7 202 808,33	1 000
5	Déviation de réseaux	2 145 220	2 188 613,10	80
6	Travaux préparatoires	2 609 420	2 662 202,85	1 000
7	Ouvrages d'art	12 345 960	12 595 691,71	80
8	Plate-forme	4 852 271	4 950 421,30	50
9	Voie spécifique des systèmes ferrés et guidés		-	
10	Revêtement du site propre (plate-forme)	2 534 400	2 585 665,36	20
11	Voirie (hors site propre) et espaces publics	17 227 019	17 575 483,43	20
12	Equipements urbains	278 454	284 086,51	30
13	Signalisation	1 652 079	1 685 496,94	20
14	Stations	371 404	378 916,69	50
15	Alimentation en énergie de traction		-	
16	Courants faibles et PCC	467 500	476 956,50	15
17	Dépôt		-	
18	Matériel roulant		-	
19	Opérations induites (yc P+R)		-	
	TOTAL BUDGET	**53 497 041,1**	**54 579 168,99**	

Tableau 3 - Coûts d'investissement des projets par poste et durée de vie d'investissement, HT

Les montants d'investissements sont actualisés à 2024 en prenant en compte l'indice TP01.

6.4 GAINS DE TEMPS DES USAGERS

Pour valoriser dans le bilan les termes des coûts généralisés qui sont des temps ou qui sont assimilables à des temps, on applique une valeur du temps (exprimée en euros par heure). La valorisation des gains de temps est basée sur les valeurs tutélaires fournies par la DGITM. L'étude sera réalisée avec une valeur du temps unique pour tous les individus (pas de différenciation suivant la catégorie socioprofessionnelle).

Il est retenu la valeur tutélaire de la DGITM pour le milieu urbain tous modes, sans détail de motif, soit 8,4 euros par heure en euros 2015 et aux conditions économiques de 2015. Cette valeur est indexée sur l'évolution du PIB par habitant avec une élasticité de 0,7, soit une valeur du temps de 10,518 euros par heure en euros 2024 et aux conditions économiques de 2024.

6.5 RECETTES ET COUTS D'EXPLOITATION

Les valeurs considérées pour les coûts d'exploitation par véhicule-km commercial sont des valeurs « économiques », c'est-à-dire hors taxes, hors amortissements, hors frais généraux et de structure, selon les principes définis par le Cerema pour le calcul socio-économique.

6.5.1 Bus

Le coût d'exploitation d'un bus est de 4 euros/km aux conditions économiques 2015, soit la moyenne du coût de production d'un bus-km standard proposée par le CEREMA (2021)[2], ou encore 4,75 euros2024/bus-km.

Les coûts d'exploitation sont considérés comme invariants selon les recommandations de la DGITM (fiche-outil sur les coûts d'entretien). Conformément aux recommandations du rapport du CEREMA de 2021, on procèdera au test d'une évolution des coûts kilométriques de production de +1,3% par an (en euros constants), qui est le taux moyen observé entre 2002 et 2014 sur des réseaux de transports publics d'agglomérations de plus de 100 000 habitants.

Par ailleurs, le nouveau trafic TC généré va apporter de nouvelles recettes voyageurs pour l'exploitant. Cette recette unitaire est de 0,99 €24 HT/voyage (source Région).

6.5.2 Voiture particulière

Les coûts d'utilisation de la VP sont fournis par les fiches-outil de la DGITM et se décomposent en :

- Un coût des dépenses énergétiques de carburant VP, soit 0,032€$_{2015}$/VP-km aux conditions économiques de 2015 (valeur tutélaire de la DGITM), ou encore 0,0443 €2024/véh-km en 2024 ;
- Un coût d'utilisation proprement dit, soit 0,12€$_{2015}$/VP-km aux conditions économiques de 2015 (valeur tutélaire de la DGITM), ou encore 0,1585 €2024/véh-km en 2024.

Les dépenses énergétiques évoluent de +1,8% par an entre 2015 et 2030, puis -5,5% par an entre 2030 et 2050 et enfin -0,6% entre 2050 et 2070.

Le coût d'usage du véhicule évolue de +1% par an entre 2015 et 2050, et est stable ensuite.

6.5.3 Voirie pour les transports collectifs urbains

Le coût d'usage de la voirie varie selon le matériel roulant concerné. Les valeurs sont celles issues du rapport du Commissariat Général du développement Durable sur les coûts externes et tarification de déplacement de décembre 2020.

Il est de 0,040 €$_{2015}$/véh-km en 2015, soit 0,0475 €$_{2024}$/véh-km en 2024. Elle est considérée comme stable dans le temps.

6.5.4 Véhicules particuliers

La réduction de la circulation routière liée au report modal se traduit par une réduction des coûts d'entretien de la voirie. Le coût d'usage de la voirie est issu du rapport du Commissariat Général du développement

[2] CEREMA (2021) : Recommandations pour l'évaluation socio-économique des projets de transport collectif sous maîtrise d'ouvrage locale. Hypothèse validée par la Région.

Durable sur les coûts externes et tarification de déplacement de décembre 2020. Il est de 0,00726 €$_{2015}$/véh-km en 2015, soit 0,0086 €$_{2024}$/véh-km en 2024. Elle est considérée comme stable dans le temps.

6.6 EXTERNALITES

6.6.1 Hypothèses de répartition par densité urbaine

Les hypothèses de répartition par densité urbaine sont nécessaires pour estimer les gains environnementaux.

	Fourchette de densité (hab/km²)	%
% urbain très dense	> 4500	0%
% urbain dense	1500 – 4500	0%
% urbain	450 – 1500	0%
% urbain diffus ou semi-urbain	37 – 450	100%
% interurbain	< 37	0%

Tableau 4 : Hypothèse de répartition par densité urbaine

Les hypothèses de répartition par type de voirie sont les suivantes :

	%
% voirie communale	50%
% voirie nationale ou départementale	50%
% autoroute	0%

Tableau 5 : Hypothèse de répartition par type de voirie

6.6.2 Impacts pour les riverains

6.6.2.1 Nuisances sonores

Autobus

En l'absence de données précises, et conformément à ce que préconise le CGDD dans le rapport de 2021, on supposera que le bruit des bus est le même que celui des PL, qui sont déclinées par milieu, quelle que soit la motorisation.

	€2015/véh-km en 2015	2024/véh-km en 2024
Urbain diffus – voirie communale	0,0108	0,0140
Urbain diffus – voirie nationale/départementale	0,0015	0,0019

Tableau 6 - Coûts marginaux PL-km (et bus-km) bruit selon la densité urbaine et le type de voirie (Source : fiche-outil DGITM, 2019)

La valeur unitaire considérée pour l'estimation est de 0,080 €$_{2024}$/véh-km en 2024 pour un bus. Cette valeur évolue dans le temps au même rythme que le PIB.

Véhicules particuliers

L'impact des nuisances sonores sur les riverains dépend du trafic mais également de la densité de population sur les territoires concernés par le projet.

	€2015/véh-km en 2015	2024/véh-km en 2024
Urbain diffus – voirie communale	0,00108	0,00140
Urbain diffus – voirie nationale	0,0021	0,0003

Tableau 7 - Coûts marginaux VP-km bruit selon la densité urbaine et le type de voirie (Source : fiche-outil DGITM, 2019)

La valeur unitaire considérée pour l'estimation est de 0,0008 €$_{2024}$/véh-km en 2024. Cette valeur évolue dans le temps au même rythme que le PIB.

6.6.2.2 Pollution atmosphérique

Autobus

Le tableau suivant indique les valeurs tutélaires prescrites par la DGITM pour les bus.

	Euros 2015/véh-km en 2015	Euros 2024/véh-km en 2024
Urbain diffus	0,045	0,0367

Tableau 8 - Coûts liés à la pollution atmosphérique pour un bus par densité urbaine (Source : fiche-outil DGITM, 2019)

Sur le long terme, cette valeur évolue dans le temps au même rythme que le PIB et selon l'évolution de la composition du parc automobile (selon les différentes motorisations). Mais la fiche-outil de 2019 ne proposant une évolution que pour le parc des véhicules particuliers et celui des PL (et rien pour les bus), on propose de retenir la même évolution que pour les PL.

Véhicules particuliers

Le tableau suivant indique les valeurs tutélaires recommandées, selon le milieu :

	Coût VP-km en €$_{2015}$/véh-km en 2015	Coût VP-km en €$_{2024}$/véh-km en 2024
Urbain diffus	0,011	0,009

Tableau 9 - Coûts VP-km pollution atmosphérique selon la densité urbaine (Source :fiche-outil DGITM, 2019)

Cette valeur évolue dans le temps au même rythme que le PIB et selon l'évolution du parc automobile retenue dans la fiche-outil de 2019.

6.6.3 Impacts pour la collectivité

6.6.3.1 Effet de serre

La source est les fiches-outil DGITM de 2019.

Autobus

Le coût du kg de CO2, soit 53 €$_{2015}$ la tonne de CO2 en 2018, 246 €2015 en 2030 et 491 €$_{2015}$ en 2040. Au-delà de 2040, le coût du carbone augmente au rythme de 4,5% par an pour atteindre 763 €$_{2015}$ en 2050 et 1184 €$_{2015}$ en 2060. Cette valeur reste constante à 1184 €$_{2015}$ au-delà de 2060.

On considère que le matériel roulant, actuellement en motorisation thermique, le restera (source Région). Le coût des émissions de gaz à effet de serre est donc de 0,0424€$_{2015}$/véh-km en 2015 selon le rapport CGDD 2020, soit 0,155€$_{2024}$/véh-km en 2024, compte tenu de l'évolution 2015-2070 des émissions de CO2 du matériel roulant avec une motorisation thermique proposée dans les fiches-outil DGITM 2019.

Après 2024, l'évolution des émissions de GES des autobus s'appuie également sur l'évolution 2015-2070 des émissions de CO2 du matériel roulant avec une motorisation thermique proposée dans les fiches-outil DGITM 2019.

Véhicules particuliers

Le coût environnemental de l'effet de serre s'appuie sur :

- Le facteur d'émission de GES par les véhicules-km (les émissions de CO2 des véhicules évoluant au cours du temps selon s'ils sont diesel ou essence, et avec la proportion des motorisations entre diesel et essence), soit 0,1572 kg/véh-km en 2015 (0,094 kg/véh-km en 2030 et 0 en 2050) ;
- Le coût du kg de CO2, soit 53 €2015 la tonne de CO2 en 2018, 246 €$_{2015}$ en 2030 et 491 €$_{2015}$ en 2040. Au-delà de 2040, le coût du carbone augmente au rythme de 4,5% par an pour atteindre 763 €$_{2015}$ en 2050 et 1184 €$_{2015}$ en 2060. Cette valeur reste constante à 1184 €$_{2015}$ au-delà de 2060.

La valeur unitaire considérée pour l'estimation est de 0,0157 €$_{2024}$/VP-km en 2024.

6.6.3.2 Amélioration de la sécurité routière

Les différentes valeurs tutélaires prescrites par la DGTIM sont indiquées dans le tableau ci-dessous. Ces valeurs évoluent comme le PIB par tête. En outre, il est supposé que l'accidentologie devrait s'améliorer, avec une réduction de 50% de 2020 à 2030, conformément aux recommandations de la DGITM.

Catégorie	Euros 2015 en 2015	Euros 2024 en 2024
Dégâts matériels	5 170	6 611
Tués	3 200 000	4 091640
Blessé hospitalisé	400 000	511 455
Blessé léger	16 000	20 458

Tableau 10 - Valeurs tutélaires pour les dommages liés à l'insécurité des transports (valeur de la vie humaine) (Source : DGITM, 2019)

Autobus

La valeur unitaire considérée pour l'estimation est de 0,0364 €$_{2024}$/véh-km en 2024.

Elle s'appuie à la fois sur les différentes valeurs tutélaires prescrites par la DGTIM d'une part, et les statistiques d'accidentologie d'autre part. Le calcul a été estimé par le CGDD dans son rapport de décembre 2020.

Ces valeurs évoluent comme le PIB par tête.

	€2015/véh-km en 2015	2024/véh-km en 2024
Urbain diffus – voirie communale	0,0340	0,0435
Urbain diffus – voirie nationale	0,0230	0,0094

Tableau 11 - Coûts liés à la sécurité routière des autobus selon le milieu, euro/véh.km (Source : CGDD 2020)

Véhicules particuliers

La valeur unitaire considérée pour l'estimation est de 0,0198 €$_{2024}$/véh-km en 2024.

Elle s'appuie à la fois sur les différentes valeurs tutélaires prescrites par la DGTIM d'une part, et les statistiques d'accidentologie. Le calcul a été estimé par le CGDD dans son rapport de décembre 2020.

Ces valeurs évoluent comme le PIB par tête. En outre, il est supposé que l'accidentologie devrait s'améliorer, avec une réduction de 50% de 2020 à 2030, conformément à la fiche-outil sur les valeurs recommandées.

	€2015/véh-km en 2015	2024/véh-km en 2024
Urbain diffus – voirie communale	0,0180	0,0230
Urbain diffus – voirie nationale	0,0130	0,0166

Tableau 12 - Coûts liés à la sécurité routière des VP selon le milieu (Source : CGDD 2020)

6.7 PRISE EN COMPTE DES EFFETS AMONT-AVAL

Les « effets amont-aval » désignent un ensemble d'externalités environnementales spécifiques, apparaissant en amont et en aval du projet :

- Les effets concernant les externalités liées à la production d'énergie (carburant, électricité) et à sa distribution (« du puits au réservoir »), énergie qui sera utilisée par les différents véhicules concernés par le projet ;
- À la production des véhicules, leur maintenance et retrait ;
- À la construction, maintenance et fin de vie de l'infrastructure.

Ces nouveaux effets sont fonction des véhicules-kilomètres parcourus par les différents modes. La valeur des effets amont-aval prise en compte dans le cas du projet est synthétisée dans le tableau ci-dessous.

Ces valeurs évoluent dans le temps selon le PIB.

	€2015/véh-km en 2015	€2024/véh-km en 2024
Bus urbains	0,0310	0,0402
Véhicule particulier	0,0100	0,0130

Tableau 13 - Coûts amont-aval (fiche-outil DGITM 2019)

6.8 RESULTAT DU BSE

6.8.1 Indicateurs de rentabilité socio-économique

L'évaluation monétarisée conduit à :

- Un taux de rentabilité interne de 3,4%,
- Une VAN-SE positive de 2,62 millions d'Euros en €2024,
- Une VAN par euro investi de 0,03 M€24.

La VAN étant positive, le projet est considéré comme rentable socio-économiquement. Le détail par poste est indiqué ci-dessous.

M euros 2024	VAN
Exploitation TCUs	3,6
Gains de temps	65,3
Économie utilisation VP	1,3
Sécurité	0,1
Environnement	0,2
Amont-aval	0,1
Total avantages	**70,6**
Investissement	-60,9
Renouvellement-gros entretien	-20,0
Total Investissements - GER	**-80,8**
Valeur résiduelle	**12,9**
VAN	2,6

Tableau 14- Valeur actualisée nette, ventilée par poste (conditions économiques 2024)

Les principaux avantages sont les gains de temps. A noter également l'impact positif de la réduction des kilométrages de bus (à offre fréquence/desserte identique). Les autres postes (hors investissements) sont également positifs, pour des ordres de grandeur beaucoup plus réduits.

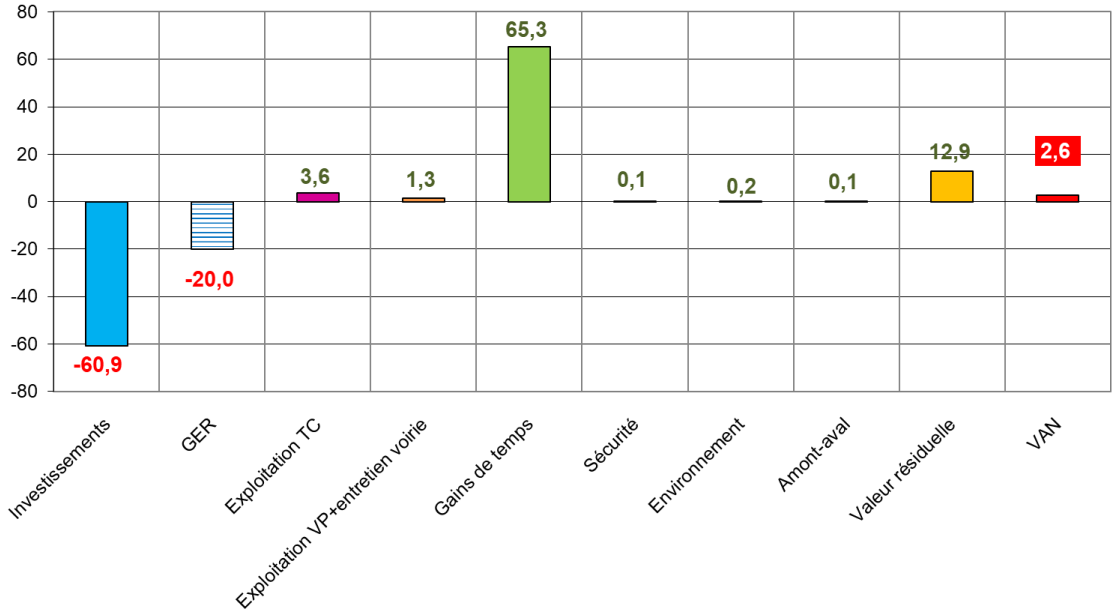


Figure 4 - Valeur actualisée nette, ventilée par poste (millions euros, conditions économiques 2024)

Les flux économiques relatifs au différentiel entre les Options Projet et Référence sont illustrés dans le diagramme suivant, en valeurs actualisées.

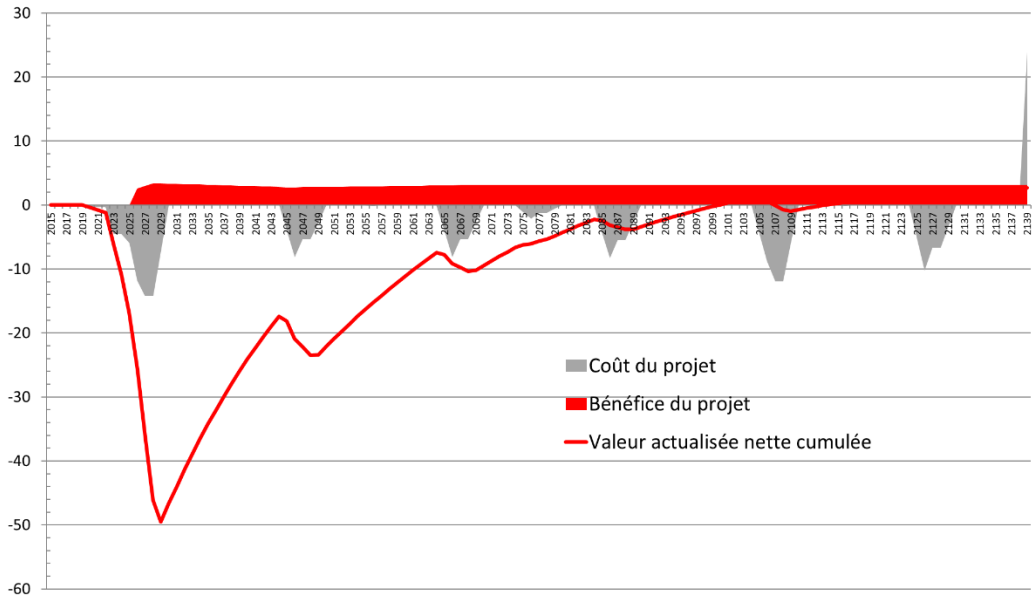


Figure 5 - Evolution des coûts et bénéfices du projet (millions euros 2024)

6.8.2 Les tests de sensibilité

Les analyses de sensibilité permettent d'intégrer dans l'évaluation des risques non systémiques, qui ne dépendent pas de la croissance macroéconomique. Ces risques peuvent résulter de l'emploi de données insuffisamment fiables. Les variations testées sont les suivantes :

- Niveau d'investissement : +20%,
- Gain de temps : -20%,
- Une croissance du coût d'exploitation du bus (suivant la recommandation du CEREMA).

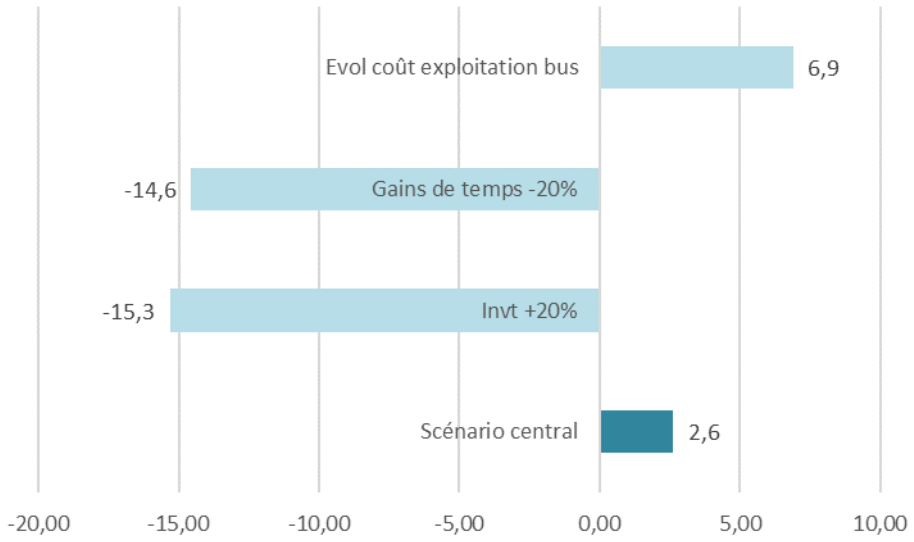


Figure 6 : Tests de sensibilité (millions euros, conditions économiques 2024)

Les tests sur l'investissement et les gains de temps montrent la sensibilité du projet à ces deux items.

6.8.3 Synthèse

Le calcul du bilan socio-économique indique la rentabilité socio-économique : le projet présente donc un intérêt pour la collectivité, néanmoins avec des tests de sensibilité qui montrent une certaine fragilité de cette rentabilité. Cependant, il faut rappeler que le calcul de la valeur actualisée nette ne prend en compte que les items dont la monétarisation est possible. Un certain nombre de contributions de ce projet à l'intérêt collectif ne peuvent donc être valorisés, bien qu'importants.

En effet, le projet d'axe mixte, véritable boulevard urbain, est incontournable pour le développement de la ZAC Cambaie, projet majeur de développement de la région Ouest de la Réunion. Il permettra :

- La résilience du réseau routier et désenclavement du quartier Jacquot, dont le seul accès actuel est un radier submersible,
- Le renforcement de la continuité cyclable sur la zone de Cambaie,
- La création d'une liaison douce entre les quartiers Jacquot et Savannah,
- La suppression d'un radier et de l'axe routier sur un site classé Ramsar,
- La renaturation de la ravine la Plaine,

- La réduction du risque d'inondation du secteur Jacquot par le recalibrage de la ravine La Plaine, permettant l'évacuation d'une crue d'une période de retour de 100 ans.

ANNEXE 2 – Analyse juridique sur la réglementation de la Réserve Naturelle Nationale - article 9 du décret 2008- du 2 janvier 2008

Paris, le 28 janvier 2025

DS AVOCATS
PARIS
LYON
BORDEAUX
LILLE
RENNES
BRUXELLES
BARCELONE
MADRID
PEKIN
SHANGHAI
HO CHI MINH VILLE
SINGAPOUR

GROUPE DS
MILAN
STUTTGART
CASABLANCA
DAKAR
BUENOS AIRES
LIMA
MONTEVIDEO
SANTIAGO
QUÉBEC
MONTREAL
VANCOUVER
OTTAWA-GATINEAU
CALGARY

Monsieur Matthias BRENIER

Par courriel uniquement : matthias.brenier@arteliagroup.com

N/Réf : ARTELIA / PROJET AXE MIXTE (recalibrage ravine)

020250124 – DSU/LCE/SALEG

Objet *: Note d'analyse – Champ d'application de l'article 9 du décret n° 2008-4 du 2 janvier 2008 portant création de la réserve naturelle nationale de l'étang de Saint-Paul*

Cher Monsieur,

Nous revenons vers vous dans le cadre du dossier cité en objet.

Nous vous prions de bien vouloir trouver, en pièce jointe au présent courrier, la note relative au champ d'application de l'article 9 du décret n° 2008-4 du 2 janvier 2008 portant création de la Réserve Naturelle Nationale de l'étang de Saint-Paul.

Nous vous en souhaitons bonne réception et restons à votre disposition pour toutes suites que vous souhaiterez donner à ce dossier.

Nous vous prions de croire, Cher Monsieur, à l'assurance de notre considération la meilleure.

Salomé LE GOFF
Avocate à la Cour

Laura CECCARELLI-LE GUEN
Avocate associée

Note d'analyse

Synthèse

L'objet de la présente Note est d'examiner si les travaux envisagés seraient susceptibles d'entrer dans le champ d'application de l'article 9 du décret n° 2008-4 du 2 janvier 2008 portant création de la réserve naturelle nationale de l'étang de Saint-Paul, aux termes duquel « Les travaux publics ou privés modifiant l'état ou l'aspect de la réserve sont interdits ».

Dès lors que le classement d'une réserve naturelle nationale est notamment susceptible de s'accompagner de prescriptions de nature à modifier l'état ou l'utilisation antérieure des lieux, déterminant ainsi un préjudice direct, matériel et certain à l'égard des propriétaires et titulaires de droits réels, la définition du périmètre de la réserve doit être particulièrement précise et justifiée par l'intérêt des milieux et espèces présents sur les parcelles proposées au classement.

Si certains terrains adjacents peuvent y être inclus, au titre de zones dites d'extension et tampons, afin de préserver les continuums écologiques favorables à la préservation des espèces, le juge s'assure que la délimitation de la réserve n'excède pas la surface nécessaire à la conservation des espèces.

Les espaces situés en périphérie de la réserve, présentant un intérêt écologique moins important mais assurant la transition entre le milieu exceptionnel et l'espace non protégé, peuvent faire l'objet de périmètres de protection permettant de réguler les activités extérieures ayant un impact sur la réserve. Néanmoins, leur création est également soumise à la justification de leur intérêt pour la préservation des milieux en présence.

La procédure de création de chacun de ces outils de conservation et le contrôle opéré par le juge quant à la justification de leur intérêt pour la conservation de la biodiversité permet d'affirmer que ***ces protections n'ont vocation à déployer leurs effets qu'à l'intérieur des limites strictement définies par décret. Toute restriction ou obligation imposée au-delà de ces périmètres serait par suite dépourvue de base légale.***

Les travaux envisagés, situés en dehors du périmètre de la Réserve Naturelle Nationale de l'Étang de Saint Paul, et n'étant pas concernés par un quelconque périmètre de protection, ne sont donc pas susceptibles d'être considérés comme modifiant l'état ou l'aspect de la réserve, et ne sont, par conséquent, pas soumis à autorisation préalable au titre de l'article L. 332-9 du code de l'environnement.

***

Créées pour répondre aux enjeux de protection des éléments remarquables de la biodiversité et de la géodiversité recensés par l'inventaire national du patrimoine naturel[1], les réserves naturelles sont des espaces naturels protégés par décret simple ou décret en Conseil d'État, du fait de l'existence soit d'un « *intérêt national* », soit de la « *mise en œuvre d'une réglementation communautaire ou d'une obligation résultant d'une convention internationale* »[2]. Leur régime est défini aux articles L. 332-1 et suivants et R. 332-1 et suivants du code de l'environnement.

Aux termes du I de l'article L. 332-1 précité, lorsque la conservation « *du milieu naturel présente une importance particulière ou qu'il convient de les soustraire à toute intervention artificielle susceptible de les dégrader* », des parties du territoire peuvent être classées en réserve naturelle. Le II de ce même article énonce les éléments à prendre en considération pour procéder à ce classement, à savoir :

- la préservation d'espèces animales ou végétales et d'habitats en voie de disparition sur tout ou partie du territoire national ou présentant des qualités remarquables ;
- la reconstitution de populations animales ou végétales ou de leurs habitats ;
- la conservation des jardins botaniques et arboretums constituant des réserves d'espèces végétales en voie de disparition, rares ou remarquables ;
- la préservation de biotopes et de formations géologiques, géomorphologiques ou spéléologiques remarquables ;
- la préservation ou la constitution d'étapes sur les grandes voies de migration de la faune sauvage ;
- les études scientifiques ou techniques indispensables au développement des connaissances humaines ;
- la préservation des sites présentant un intérêt particulier pour l'étude de l'évolution de la vie et des premières activités humaines.

Dès lors que le classement est notamment susceptible de s'accompagner de prescriptions de nature à modifier l'état ou l'utilisation antérieure des lieux, déterminant ainsi un préjudice direct, matériel et certain à l'égard des propriétaires et titulaires de droits réels[3], **l'une des étapes les plus délicates de l'élaboration du projet de décret de classement réside en la délimitation précise du périmètre de la réserve**.

La circulaire du 30 septembre 2010 relative aux procédures de classement et de gestion des réserves naturelles nationales, assortie d'une annexe constituant un « *Guide des procédures de création et de gestion des réserves naturelles nationales* », précise ainsi que :

> « *la liste des parcelles énumérées dans le projet de décret et sa concordance avec, d'une part, la délimitation du périmètre du projet de réserve naturelle sur les plans cadastraux et, d'autre part, l'état parcellaire (liste des propriétaires) seront notamment vérifiées avec la plus grande attention* ».

[1] Circulaire du 13 mars 2006 relative à la mise en œuvre du décret n° 2005-491 du 18 mai 2005 relatif aux réserves naturelles. Procédure de création et de gestion des réserves naturelles nationales et des réserves naturelles régionales (NOR : DEVN0650036C) (BO min. écologie n° 8, 30 avril 2006)
[2] Article L. 332-2 du code de l'environnement
[3] Article L. 332-5 du code de l'environnement

Elle recommande à ce titre d'inclure dans le périmètre de la réserve des parcelles entières, ou, si des parties de parcelles doivent être incluses, de choisir, dans la mesure du possible, des limites facilement identifiables (chemins, routes forestières ou encore ruisseau). Doivent être également mentionnées toutes les emprises non cadastrées que l'on souhaite intégrer dans le périmètre et qui apparaissent sur la cartographie annexée.

Le dossier soumis aux consultations et à l'enquête publique comprend donc notamment, outre les pièces exigées au titre de l'article R. 123-8 du code de l'environnement :

- une note indiquant l'objet, les motifs, l'étendue de l'opération et, le cas échéant, la durée du classement ;
- une étude scientifique faisant apparaître l'intérêt de l'opération ;
- la liste des communes intéressées ainsi qu'un plan de délimitation, à une échelle suffisante, du territoire à classer ;
- les plans cadastraux et états parcellaires correspondants[4].

Au vu des préjudices que pourrait provoquer la création de la réserve aux propriétaires de terrains inclus dans son périmètre, et des titulaires de droits réels ou de leurs ayants droit, le juge exerce un contrôle normal tant sur la décision de classer un territoire en réserve naturelle[5], que sur la délimitation du périmètre de cette réserve[6].

Il vérifie ainsi que « *la richesse de la faune, son caractère diversifié (…) présentent un intérêt qui justifie légalement le classement de ce secteur comme réserve naturelle* »[7], la conciliation des intérêts en présence[8], la proportionnalité des contraintes et limitations assortissant le classement au regard de la fragilité et de la richesse écologique des biotopes concernés[9], s'assurant que la délimitation de la réserve n'excède pas la surface nécessaire à la conservation des espèces[10].

Il admet toutefois que le classement s'étende à des terrains adjacents à ceux justifiant le classement, lorsque ceux-ci concourent néanmoins à la protection du site par leur localisation, en application de la théorie joliment dénommée de l'« *écrin et des joyaux* »[11], selon l'expression employée par le président Genevois dans ses conclusions sur la décision du 2 octobre 1981, *Société agricole foncière solognote*.

Peuvent ainsi être inclus au sein du périmètre de la réserve destinée à protéger quatre mares temporaires, un ruisseau et les prairies humides qui les entourent, ainsi que les bassins versants de ces zones, une parcelle alimentant dans sa quasi-totalité, en eaux de ruissellement, ledit ruisseau et les terrains alentour ainsi que des terrains n'appartenant pas aux bassins versants des mares et du ruisseau précités mais situés en périphérie immédiate de ces bassins versants[12].

---

[4] Article R. 332-30 du code de l'environnement
[5] CE, 14 novembre 1979, n° 07104, Mentionné aux tables du recueil Lebon
[6] CE, 26 novembre 2010, *Société Groupe Pizzorno Environnement et autres*, n° 331078, 331079 et 331092, Mentionné dans les tables du recueil Lebon
[7] CE, 30 décembre 1996, Assoc. des usagers du val d'Allier, n° 158791, Inédit au recueil Lebon
[8] CE, 17 novembre 1999, n° 196531, Inédit au recueil Lebon
[9] CE, 26 novembre 2008, n°305872, Inédit au recueil Lebon
[10] CE, 2 octobre 1981, *Société agricole foncière solognote*, n° 20835, Publié au recueil Lebon
[11] Consacrée par CE, 13 mars 1970, *Mme Benoist d'Anthenay*, n°75820, Publié au recueil Lebon
[12] CE, 24 février 2003, n°230263, Inédit au recueil Lebon

De même, est justifié le choix d'inclure dans le projet de classement des parcelles potentiellement susceptibles, eu égard notamment à leur caractéristiques morphologiques ou floristiques, de contenir des sites sensibles[13].

Plus récemment, le Conseil d'Etat est venu préciser qu'en vertu de l'article L. 332-1 du code de l'environnement, « *peuvent être classées en réserve naturelle nationale les parties du territoire au sein desquelles la conservation des espèces et du milieu naturel revêt une importance écologique ou scientifique particulière ou qu'il convient de soustraire à toute intervention artificielle susceptible de les dégrader,* ***ainsi que les zones qui contribuent directement à la sauvegarde de ces parties du territoire, en particulier lorsqu'elles en constituent, d'un point de vue écologique, une extension nécessaire ou qu'elles jouent un rôle de transition entre la zone la plus riche en biodiversité et le reste du territoire*** » [14] . Ainsi que le soulignait Olivier Fuchs dans ses conclusions sous cette même décision, « *les biologistes de la conservation ont en effet mis en évidence les liens qui existent entre les cœurs ou zones nodales, les plus riches en biodiversité, et les zones dites d'extension et tampons, qui constituent des secteurs intermédiaires entre le cœur et le reste du territoire et qui créent, en lien avec d'autres zones, des continuums écologiques favorables à la préservation des espèces* ».

À l'inverse, l'inclusion au sein du périmètre de la Réserve Naturelle Nationale de parcelles ou de zones qui ne présentent pas un intérêt écologique, scientifique ou patrimonial avéré et qui ne contribuent pas directement à la protection du site ne saurait être justifiée. En effet, l'extension abusive du périmètre de la réserve à des espaces n'ayant pas de lien tangible avec les objectifs de conservation serait susceptible de constituer une atteinte disproportionnée aux droits des propriétaires et usagers, risquant ainsi de fragiliser le décret de classement. Les limites géographiques de la réserve doivent ainsi être strictement adaptées aux éléments qu'elles visent à préserver, dans un souci de conciliation des impératifs de conservation avec les droits et intérêts des acteurs locaux.

Les espaces situés en périphérie de la réserve, constituant des zones de transition entre le milieu exceptionnel et l'espace non protégé, mais dont l'intérêt écologique n'est pas suffisant pour en permettre le classement, peuvent quant à eux faire l'objet de périmètres de protection, institués en application des articles L. 332-16 et suivants du code de l'environnement. Ces zones tampons, bien qu'elles ne présentent pas intrinsèquement un intérêt patrimonial remarquable, peuvent contribuer à la résilience écologique de la réserve en favorisant la connectivité des habitats. L'évaluation scientifique préalable à la délimitation du périmètre doit alors clairement démontrer cette contribution pour justifier leur intégration au sein de ces périmètres.

En effet, ainsi que le précise la circulaire du 30 septembre 2010 précitée, ces périmètres ont pour objectif « *d'améliorer les échanges écologiques entre la réserve naturelle et sa périphérie (par exemple, un bassin versant peut utilement être intégré dans un périmètre de protection pour préserver une tourbière ou un marais situé en aval et inclus dans une réserve naturelle). De ce fait, ils peuvent assurer ou améliorer la fonctionnalité de l'espace classé en réserve naturelle* ».

[13] CE, 16 mai 2018, n°412480, Inédit au recueil Lebon
[14] CE, 3 juin 2020, n° 414018, Mentionné dans les tables du recueil Lebon

Ils peuvent être créés à l'initiative, ou avec l'accord des collectivités concernées[15], après enquête publique :

> « *I.-Font l'objet d'une enquête publique soumise aux prescriptions du présent chapitre préalablement à leur autorisation, leur approbation ou leur adoption :*
>
> *(…)*
>
> *3° Les projets de création d'un parc national, d'un parc naturel marin, les projets de charte d'un parc national ou d'un parc naturel régional, les projets d'inscription ou de classement de sites et les projets de classement en réserve naturelle et de détermination de leur périmètre de protection mentionnés au livre III du présent code ; (…)* »[16].

Le dossier soumis à l'enquête publique comprend l'ensemble des pièces et avis prévus à l'article R. 123-8 du code de l'environnement ainsi qu'un plan de délimitation du périmètre de protection, et une étude scientifique faisant apparaître l'intérêt de l'opération, conformément à l'article R. 332-30 du même code[17].

A l'intérieur des périmètres de protection, des prescriptions peuvent soumettre à un régime particulier ou interdire toute action susceptible d'altérer le caractère ou de porter atteinte à l'état ou l'aspect de la réserve naturelle[18]. Ces prescriptions, ciblées sur des activités précises pouvant avoir une incidence sur la réserve naturelle concernée, doivent tendre à une gestion du milieu compatible avec la préservation des caractères propres à la réserve naturelle[19].

Le périmètre de protection est obligatoire pour régir des activités situées à l'extérieur de la délimitation de la réserve.

Le décret portant création d'une réserve naturelle ne peut en effet prévoir aucune réglementation à l'extérieur du périmètre défini sans recourir à l'institution d'un périmètre de protection :

> « *Considérant qu'il ressort des articles L. 242-3 et L. 242-9 du code rural que les dispositions qu'ils prévoient et le régime particulier qu'ils créent* ***s'appliquent aux seuls territoires situés à l'intérieur d'une réserve naturelle*** *; que les articles L. 242-15 à L. 242-18 du code rural fixent, quant à eux, les conditions spécifiques dans lesquelles peuvent être réglementés les abords des réserves naturelles, par la création de périmètres de protection ou de zones de protection ;* ***que la création de ces zones ou périmètres de protection est dans tous les cas soumise à enquête publique et à l'avis ou à l'accord des conseils municipaux concernés*** *;* ***qu'il suit de là que des sujétions ne peuvent être imposées en dehors du périmètre de la réserve que dans les conditions et selon les procédures prévues aux articles L. 242-15 à L. 242-18 du code rural*** »[20].

[15] Article L. 332-16 du code de l'environnement : « *Ces périmètres sont créés après enquête publique réalisée conformément au chapitre III du titre II du livre Ier du présent code sur proposition ou après accord des conseils municipaux* ».
[16] Article L. 123-2 du code de l'environnement
[17] Article R. 332-47 du code de l'environnement
[18] Article L. 332-17 du code de l'environnement
[19] Circulaire du 30 septembre 2010 relative aux procédures de classement et de gestion des réserves naturelles nationales (NOR : DEVL1019313C) (BO min. Ecologie n°2010/24, 10 janvier 2011)
[20] CE, 21 mars 2001, n° 197925, Publié au recueil Lebon

Si la jurisprudence ne paraît pas, en l'état de nos recherches, avoir eu beaucoup d'occasions de prononcer l'annulation d'obligations ou de restrictions qui auraient eu vocation à être mises en œuvre à l'extérieur tant du périmètre de la réserve que d'un éventuel périmètre de protection, il ressort néanmoins de la procédure de création de chacun de ces outils de conservation, impliquant la tenue d'une enquête publique, la justification de l'étendue de l'opération, et l'accord des collectivités concernées, mais également de leurs conséquences, que ces protections ne peuvent produire d'effets qu'à l'intérieur des limites strictement définies par décret. Toute restriction ou obligation imposée au-delà de ces périmètres serait par suite dépourvue de base légale.

***

Au cas d'espèce, l'étang de Saint-Paul a été classé Réserve Naturelle Nationale par le décret n° 2008-4 du 2 janvier 2008, couvrant une superficie totale de 447 hectares.

Le périmètre de la réserve est divisé en deux zones :

- Zone A : Zone centrale de protection intégrale de 249 hectares, constituée par la partie marécageuse qui présente la plus forte biodiversité spécifique ;
- Zone B : Zone de protection modérée de 198 hectares, à dominante agricole, qui entoure la zone la plus fortement protégée.

Carte 1 : Vue d'ensemble de la RNNESP et ses zones règlementaires – Source Régie RNNESP

Plan de gestion de la Réserve Naturelle Nationale Etang de Saint-Paul 2023-2032, p. 20

Les parcelles comprises au sein du périmètre de la Réserve Naturelle nationale sont expressément désignées par le décret n° 2008-4 du 2 janvier 2008 :

Zone A

Commune de Saint-Paul :
Section BD : parcelles n°s 1, 2 pp, 3 pp ;
Section BK : parcelles n°s 2 pp, 10, 31, 32, 60, 68, 70 ;
Section BL : parcelles n°s 1, 2, 4, 11 pp, 12 à 15, 17, 19, 21 pp, 22 à 27, 29 pp, 30, 31 pp, 32 ;
Section BM : parcelles n°s 5 pp, 6 pp, 7 pp, 8 pp, 9 pp, 10 pp ;
Section BN : parcelles n°s 519 pp, 520 pp, 522 pp, 523 pp, 524 pp, 970 pp, 972 pp, 974 pp.
La superficie de la zone A est d'environ 249 ha.

Zone B

Commune de Saint-Paul :
Section BD : parcelles n°s 2 pp, 3 pp, 4, 5, 7, 8, 24, 25 ;
Section BI : parcelles n°s 1 pp, 45, 47, 86, 220 pp ;
Section BK : parcelles n°s 14, 27, 29, 30, 34, 56, 61, 62 pp, 63, 64 pp, 65, 66, 69, 79, 84 ;
Section BL : parcelles n°s 11 pp, 21 pp, 29 pp, 31 pp, 36, 37 ;
Section BM : parcelles n°s 1, 2, 3, 5 pp, 6 pp, 7 pp, 8 pp, 9 pp, 10 pp, 11, 12, 13 ;
Section BN : parcelles n°s 293, 294 ;
Section BS : parcelles n°s 63, 114, 115, 184, 186 ;
Section BT : parcelles n°s 18, 20, 22 pp, 30, 31, 32, 33, 56, 59, 85 pp, 87, 89, 91, 93, 99, 101, 103, 104, 107, 116, 117, 118, 120, 122, 127, 129, 131 ;
Section BW : parcelles n°s 141, 144, 146.
La superficie de la zone B est d'environ 198 ha.
La superficie totale de la réserve est d'environ 447 ha.
La totalité de l'emprise de l'ouvrage de basculement des eaux est exclue du périmètre de la réserve.
Le périmètre de la réserve et la délimitation des zones A et B sont définis sur le plan cadastral au 1/20 000, pièce annexée au présent décret ; ce plan peut être consulté à la préfecture de la Réunion.

L'étang de Saint-Paul a également été désigné comme zone humide d'importance internationale au titre de la Convention de Ramsar, reconnaissant son caractère exceptionnel et les efforts de conservation entrepris.

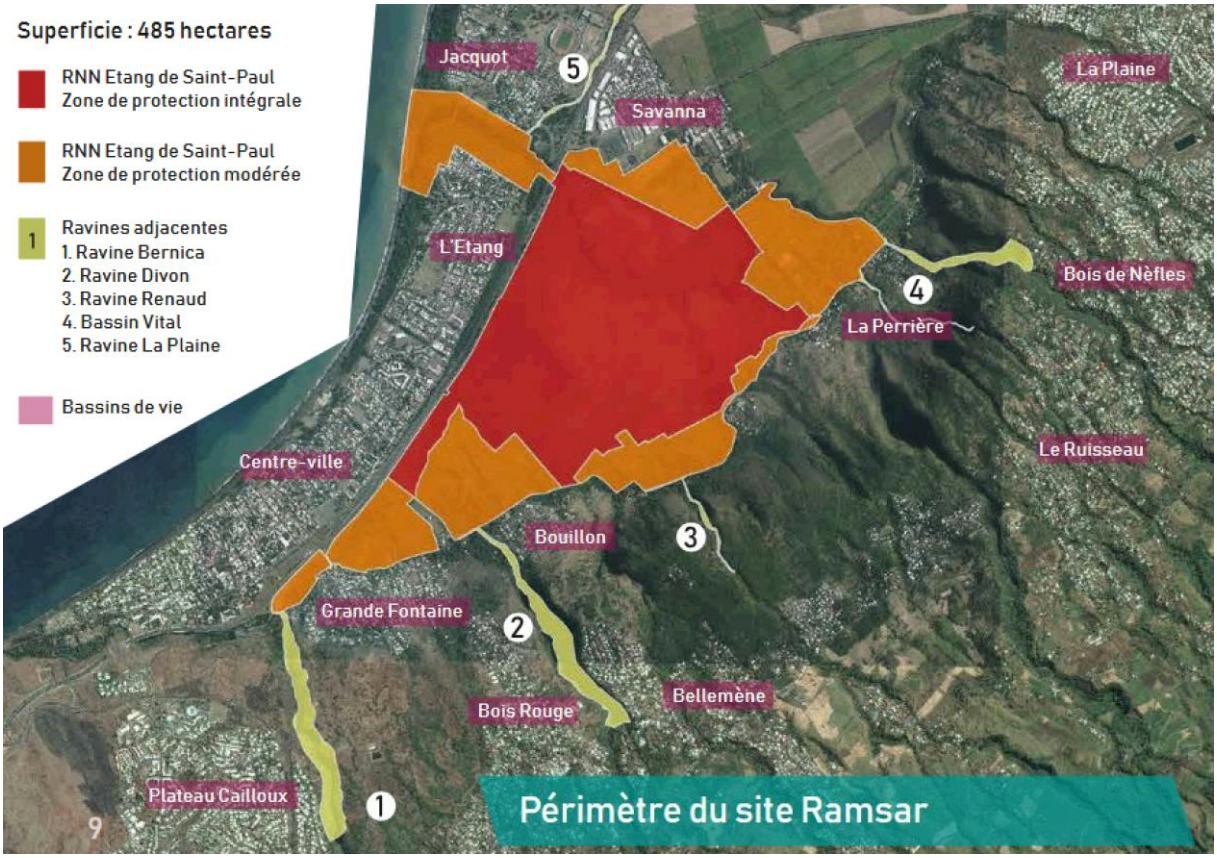
Si, ainsi que l'indique le plan de gestion de la Réserve Naturelle Nationale pour la période 2022/2031, la désignation d'un site Ramsar implique une reconnaissance internationale via la labellisation du site désigné, l'engagement de maintenir ou de restaurer les caractéristiques écologiques du site et la mise en œuvre d'un plan de gestion et de suivi du site, une telle labellisation n'a pas de conséquence juridique.

Les sites Ramsar concernent en effet généralement des espaces déjà couverts, en totalité ou en partie, par un instrument de protection :

> « *A cet effet et dans un souci d'efficacité et de cohérence, on recherchera à inscrire en priorité au titre de la convention de Ramsar des zones dont l'essentiel est déjà protégé ou géré et qui disposent d'un gestionnaire, de mesures de gestion - protection, d'une charte ou d'un plan de gestion. On visera en particulier :*
>
> - *les sites ou regroupement de sites Natura 2000, «humides» qui sont fonctionnels d'un point de vue écologique et qui disposent d'un document d'objectif,*
> - *les sites du Conservatoire de l'espace littoral et des rivages lacustres,*
> - *les aires marines protégées,*
> - *les réserves naturelles,*
> - *les parcs nationaux,*
> - *les parcs naturels régionaux,*
> - *les zones soumises à contrainte environnementale et notamment les zones humides d'intérêt environnemental particulier,*
> - *les arrêtés de protection de biotopes,*
> - *les réserves biologiques intégrales ou dirigées,*

- *les sites classés* »[21].

La zone humide concernée par cette labellisation couvre un périmètre total de 485 hectares allant de l'embouchure de l'Etang de Saint-Paul aux ravines de la planèze du Grand Bénare :



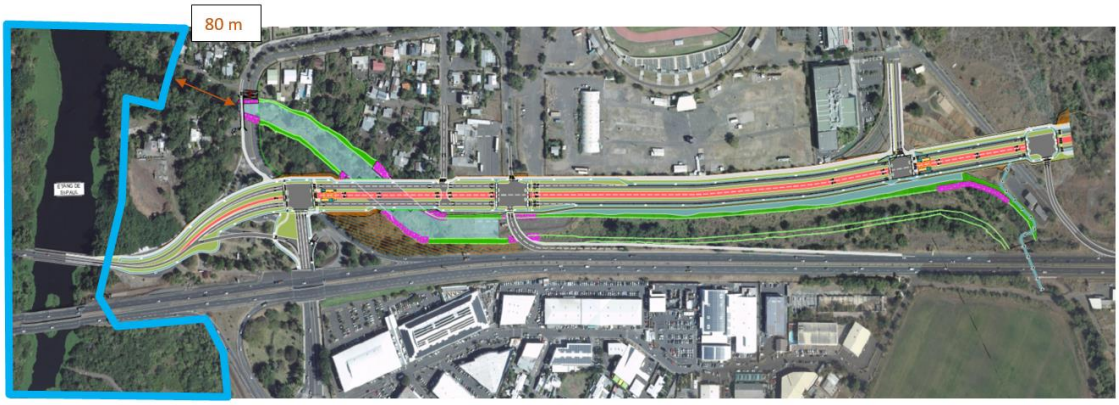
Comité de l'eau et de la biodiversité

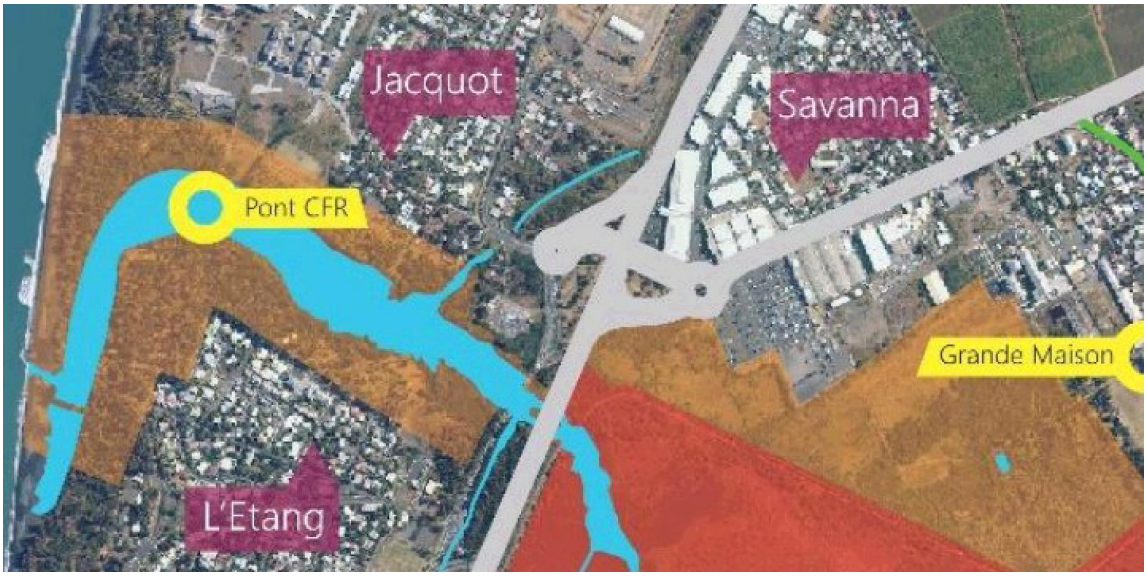
Dans ce périmètre sont compris :

- la Réserve Naturelle Nationale Étang de Saint-Paul dans son intégralité, soit une superficie de 447 hectares ;
- les ravines Bernica, Divon, Renaud, classées en Zones Naturelles d'Intérêt Écologique Faunistique et Floristique (ZNIEFF) ;
- Le Bassin Vital et la Ravine La Plaine.

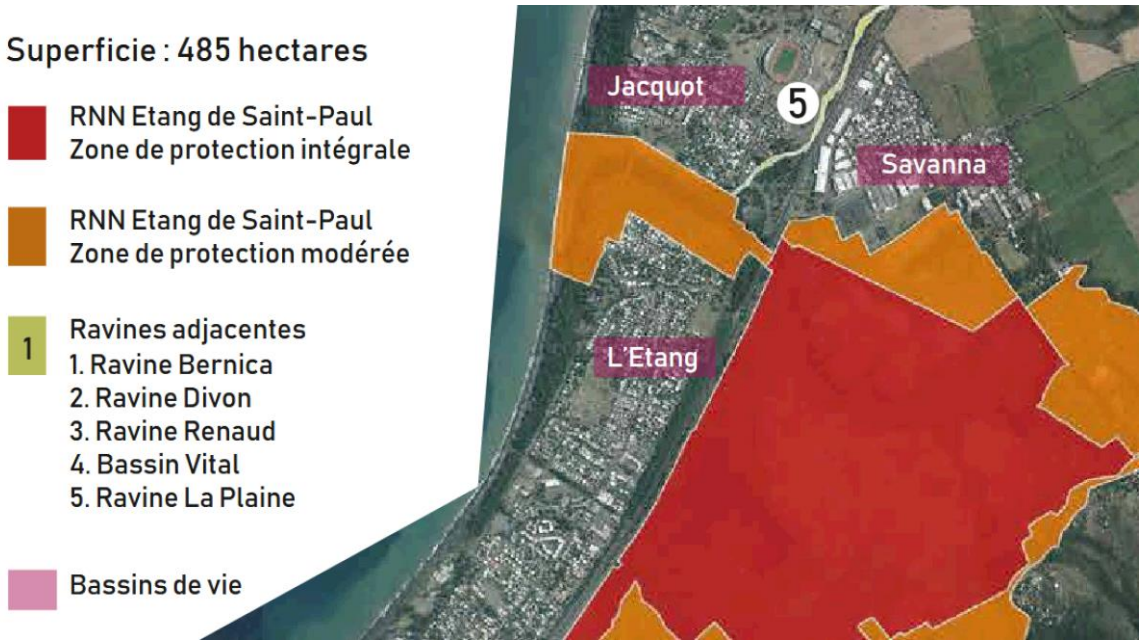
Selon les indications que vous nous avez transmises, les travaux ont vocation à intervenir au Nord du périmètre de la Réserve, et ne sont pas inclus dans son périmètre, qui n'est complété par aucun périmètre de protection :

[21] Circulaire du 24 décembre 2009 mise en œuvre de la convention internationale de Ramsar sur les zones humides et notamment processus d'inscription de zones humides au titre de cette convention





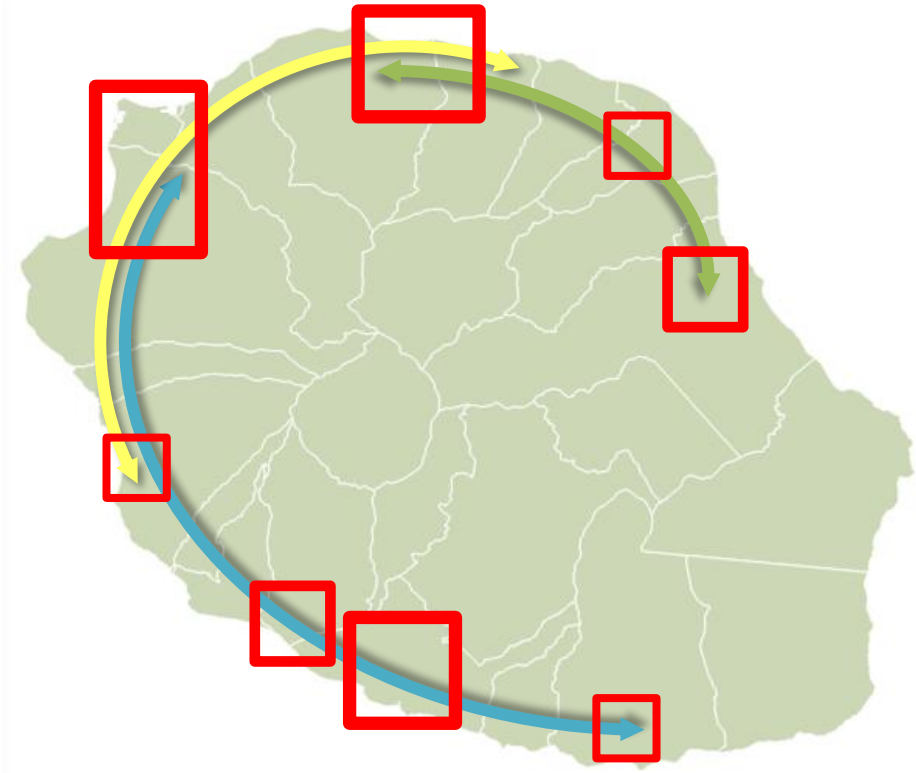
Plan de gestion de la Réserve Naturelle Nationale Etang de Saint-Paul 2023-2032, p. 20



Comité de l'eau et de la biodiversité

Bien que la ravine objet du recalibrage bénéficie du label Ramsar, attestant de son importance en tant que zone humide d'intérêt international, elle ne fait pas partie du périmètre de la Réserve Naturelle Nationale. Or, la réglementation applicable à une réserve naturelle est strictement circonscrite à son périmètre légalement défini et ne peut s'étendre au-delà, sauf en cas de création d'un périmètre de protection spécifique, ce qui ne semble pas être le cas en l'espèce. Par conséquent, les prescriptions et protections attachées au statut de réserve naturelle ne sauraient s'appliquer en dehors de ses limites géographiques. Les travaux envisagés ne sont donc pas susceptibles d'être considérés comme modifiant l'état ou l'aspect de la réserve, et ne sont, par conséquent, pas soumis à autorisation préalable au titre de l'article L. 332-9 du code de l'environnement.

ANNEXE 3 – Mise à jour de l'étude de modélisation de trafic de l'axe mixte



Etudes de faisabilité et stratégie de développement du RRTG

MISE A JOUR DE L'ETUDE DE MODELISATION DE L'AXE MIXTE DE L'ECOCITE

DATE : 14/04/2025 **REF :** 4702700_01_AVT_06_TEC_Mise à jour de l'étude de modélisation de l'Axe Mixte de l'Ecocité

4702700_01_AVT_06_TEC_Mise à jour de l'étude de modélisation de l'Axe Mixte de l'Ecocité					
V0	Diffusion initiale	Alix LEVRAULT	David BEGAUD	Antoine RAYNAUD	18/07/2025
Révision	**Statut / Commentaires**	**Établi par**	**Contrôlé par**	**Validé par**	**Date**

SOMMAIRE

1. PREAMBULE 3

2. HYPOTHESES ET DONNEES UTILISEES 3

2.1. PERIMETRE D'ETUDE 3

2.2. HORIZONS ET PERIODES D'ANALYSE 4
2.2.1. Horizons d'analyse 4
2.2.2. Périodes d'analyse 4

2.3. DESCRIPTION DU MODELE REGIONAL 4
2.3.1. Le zonage 4
2.3.2. Le réseau routier 5
2.3.3. Le réseau de transport en commun 6
2.3.4. Les données territoriales 8
2.3.5. Les données de comptages 8
2.3.5.1. LOCALISATION DES POSTES 8
2.3.5.2. RESULTATS DES POSTES DE COMPTAGES AUTOMATIQUES 9
2.3.5.3. RESULTATS DES POSTES DE COMPTAGES DIRECTIONNELS 10

3. MODELISATION DE LA SITUATION ACTUELLE 12

3.1. CALAGE DU MODELE 12
3.1.1. Coefficient de corrélation 12
3.1.2. GEH 13

3.2. RESULTATS DE LA SITUATION ACTUELLE 15
3.2.1. Répartition modale 15
3.2.2. Résultats sur le réseau routier 16
3.2.3. Analyse des grands itinéraires routiers 17

4. MODELISATION DES SITUATIONS FUTURES 19

4.1. HYPOTHESES PROSPECTIVES 19
4.1.1. Evolutions sociodémographiques 19
4.1.2. Projets urbains 20
4.1.3. Projets de transports en commun 21
4.1.3.1. BHNS OUEST 21
4.1.3.2. RRTG 21

4.2. CODAGE DU SCENARIO 22
4.2.1.1. REFERENCE « FIL DE L'EAU » 23
4.2.1.2. SCENARIO PROJET 23

4.3. ANALYSE COMPARATIVE DES INDICATEURS 24
4.3.1. Partage modal 24
4.3.2. Structure des déplacements tous modes à l'horizon 2045 25
4.3.3. Impacts routiers 27
4.3.3.1. INDICATEURS GENERAUX 27

4.4. RESULTATS A L'HORIZON 2025 29
4.4.1. Heure de pointe du matin 29
4.4.2. Heure de pointe du soir 31
4.4.3. Synthèse 32

4.5. RESULTATS A L'HORIZON 2035 33
4.5.1. Heure de pointe du matin 33
4.5.2. Heure de pointe du soir 35
4.5.3. Synthèse 36

4.6. RESULTATS A L'HORIZON 2045 37
4.6.1. Heure de pointe du matin 37
4.6.2. Heure de pointe du soir 39
4.6.3. Synthèse 40
4.6.4. Typologie du trafic 41

4.7. TESTS AVEC OU SANS FRANCHISSEMENTS A L'HORIZON 2045 43
4.7.1. Franchissement PSO 43

4.7.1.1. SYNTHESE 43
4.7.2. Franchissement Savanna 44
4.7.2.1. SYNTHESE 44
4.7.3. Franchissement PSO et Savanna 45
4.7.3.1. SYNTHESE 45

5. SYNTHESE 5-46

1. PREAMBULE

La mission doit permettre de mettre à jour l'étude de modélisation de l'Axe Mixte de l'Ecocité en recalant le périmètre avec de nouvelles données de comptage et en intégrant la création de la 2x3 voies sur la RN1 entre Savanah et Cambaie. Cet impact sera analysé à l'aide du modèle régional de déplacements de la Réunion.

2. HYPOTHESES ET DONNEES UTILISEES

Les modélisations sont effectuées en s'appuyant sur le modèle régional. Ce modèle multimodal à 4 étapes a été établi en 2017 par le bureau CITEC et s'appuie sur des données socio-économiques et de mobilité de 2016 (Enquête Déplacement Grand Territoire).

Il a ensuite été mis à jour en 2021, lors de la création de l'horizon 2045, en se basant sur les prévisions de l'INSEE.

La nouvelle mise à jour présentée dans ce rapport intègre des données de comptages réalisées la semaine du 19 mai 2025.

2.1. PERIMETRE D'ETUDE

Le périmètre global d'étude est le territoire du TCO. Cependant, les analyses et les modélisations seront fournies sur le périmètre de l'Axe mixte.

Fig. 1. Périmètre d'étude

2.2. HORIZONS ET PERIODES D'ANALYSE

2.2.1. Horizons d'analyse

Les horizons envisagés sont ceux intégrés au modèle régional :

- Un horizon moyen terme : 2025 ;
- Un horizon moyen terme : 2035 ;
- Un horizon long terme : 2045.

Nous ne prévoyons pas de refonte des hypothèses structurantes de chaque horizon (socio-économie, projet urbain et projet de transport) à l'exception des points mentionnés en préambule.

2.2.2. Périodes d'analyse

Les périodes incluses dans le modèle et les modes associés sont les suivants :

Période	Calculs d'indicateurs	Affectation
HPM	VP, PL, TC, MaP, Vélo	VP, PL, TC
HPS	VP, PL, TC, MaP, Vélo	VP, PL, TC
JOUR	VP, PL, TC, MaP, Vélo	TC

Pour cette étude, nous proposons de fournir uniquement les résultats VP en HPM et HPS, l'affectation des TC n'étant a priori pas utile pour répondre à la problématique posée.

2.3. DESCRIPTION DU MODELE REGIONAL

2.3.1. Le zonage

Le modèle régional est constitué de 423 zones à l'échelle de l'île. Ces zones seront regroupées en 14 macrozones permettant des analyses géographiques regroupées.

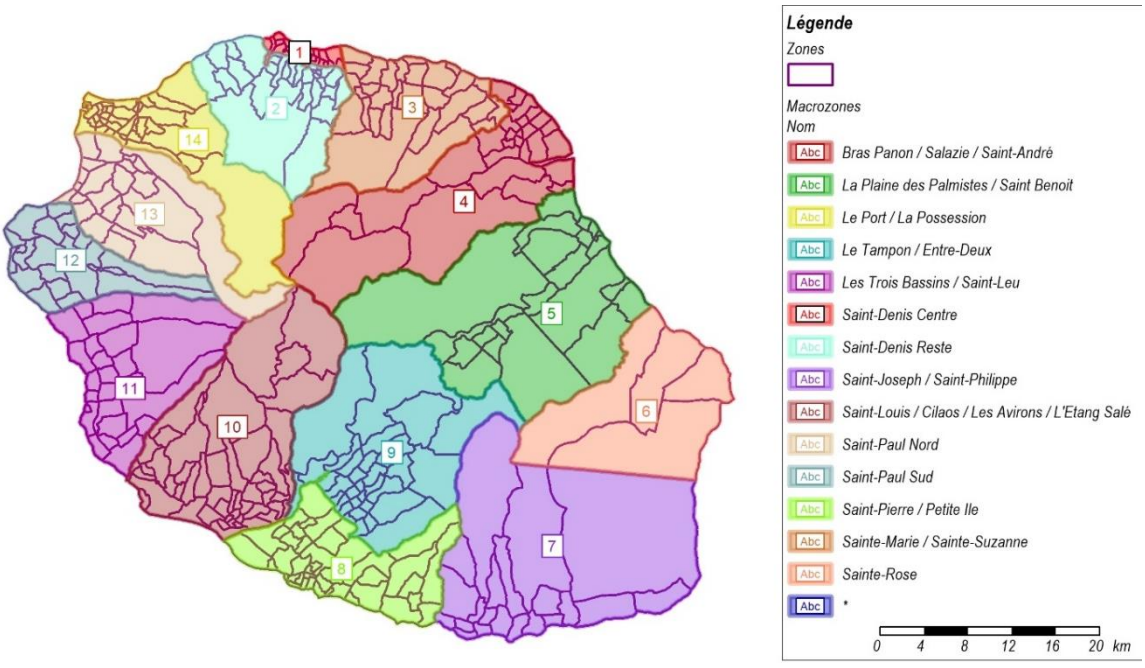


Fig. 2. Découpage de l'Ile en macrozones

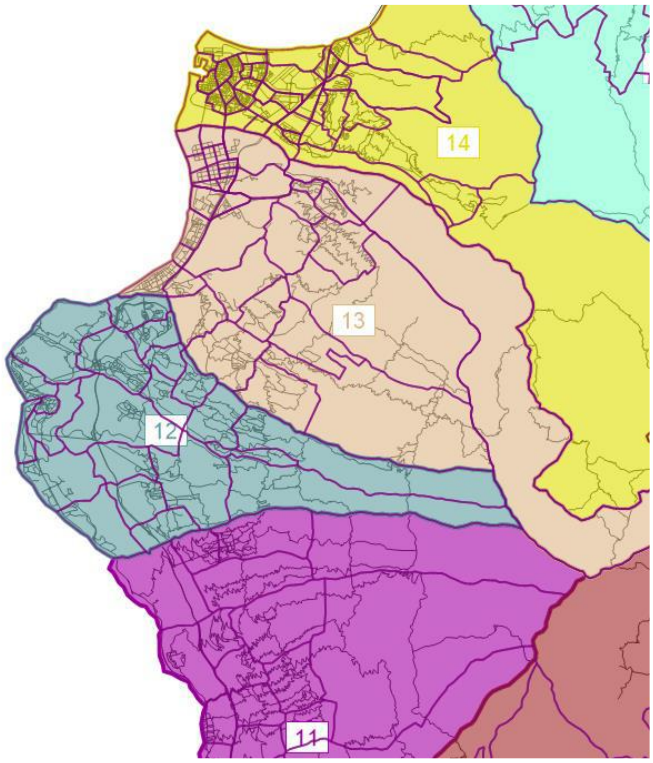


Fig. 3. Zonage sur le secteur d'étude

Sur le secteur de Saint-Paul Nord, on compte 40 zones qui offrent un niveau de détail suffisant pour nos analyses.

2.3.2. Le réseau routier

Le réseau routier est composé de :

- 8200 km de voies ;
- 32 types de tronçons.

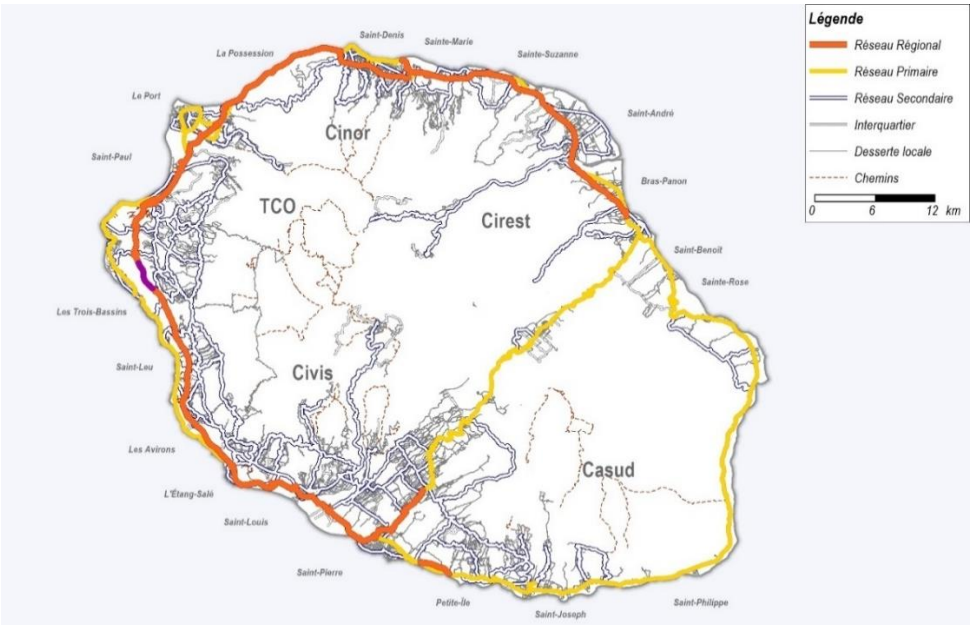


Fig. 4. Hiérarchie du réseau routier en situation actuelle telle que codée dans le modèle régional à l'échelle de l'île

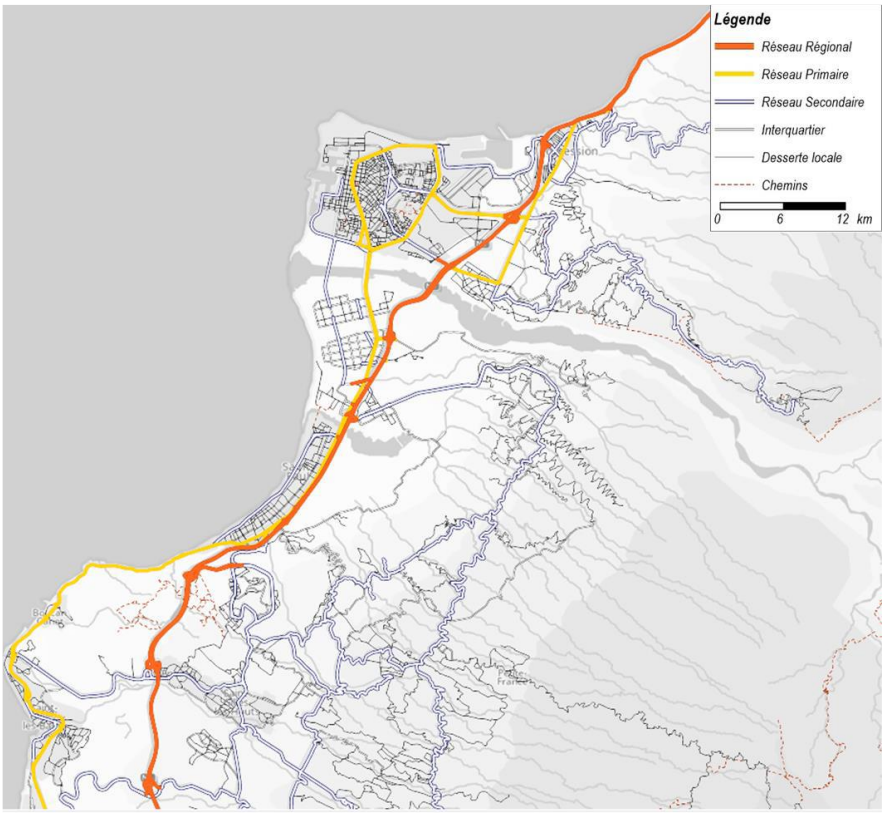


Fig. 5. Hiérarchie du réseau routier en situation actuelle telle que codée dans le modèle régional sur le périmètre d'étude

2.3.3. Le réseau de transport en commun

L'ensemble des lignes des réseaux de transport en commun est codé dans le modèle régional et regroupé par exploitant (AOT). Si les lignes sont toutes représentées, un travail de simplification du nombre de points d'arrêts a été réalisé. En effet, le zonage ne peut pas être suffisamment fin pour rendre pertinent la conservation de tous les arrêts TC. Un nombre suffisant de points d'arrêts a été conservé pour garantir un niveau de finesse de l'analyse en lien avec la finesse du zonage. En résumé, le réseau TC est composé :

- De près de 1000 points d'arrêts conservés ;
- De 279 lignes TC modélisées, répartis par exploitants :

EPCI (AOT)	Réseau TC	Nombre de lignes	Kilométrage modélisé (véh.km)
CINOR	Citalis	69	1123
CIREST	Estival	40	828
TCO	Kar'ouest	63	1961
CIVIS	Alternéo	53	1163
CASUD	Carsud	37	970
CD974	Car Jaune	17	1867
Total		**279**	**7912**

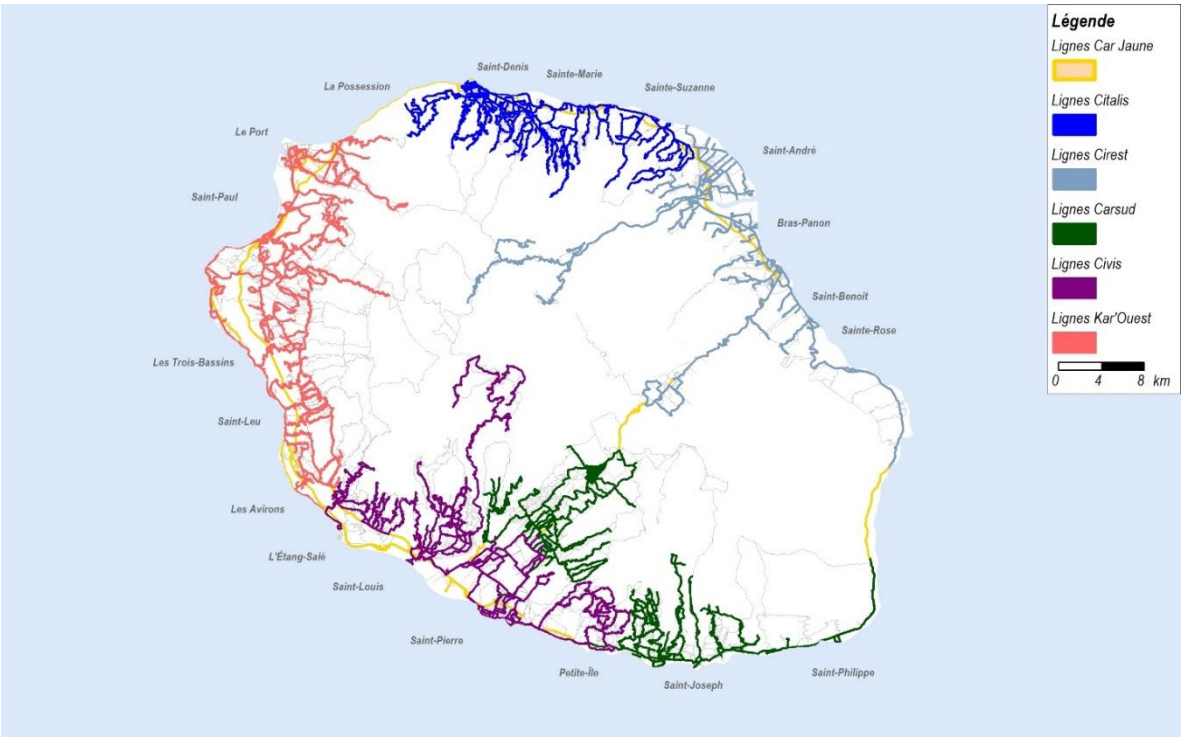


Fig. 6. Les réseaux de transports en commun à l'échelle de l'île

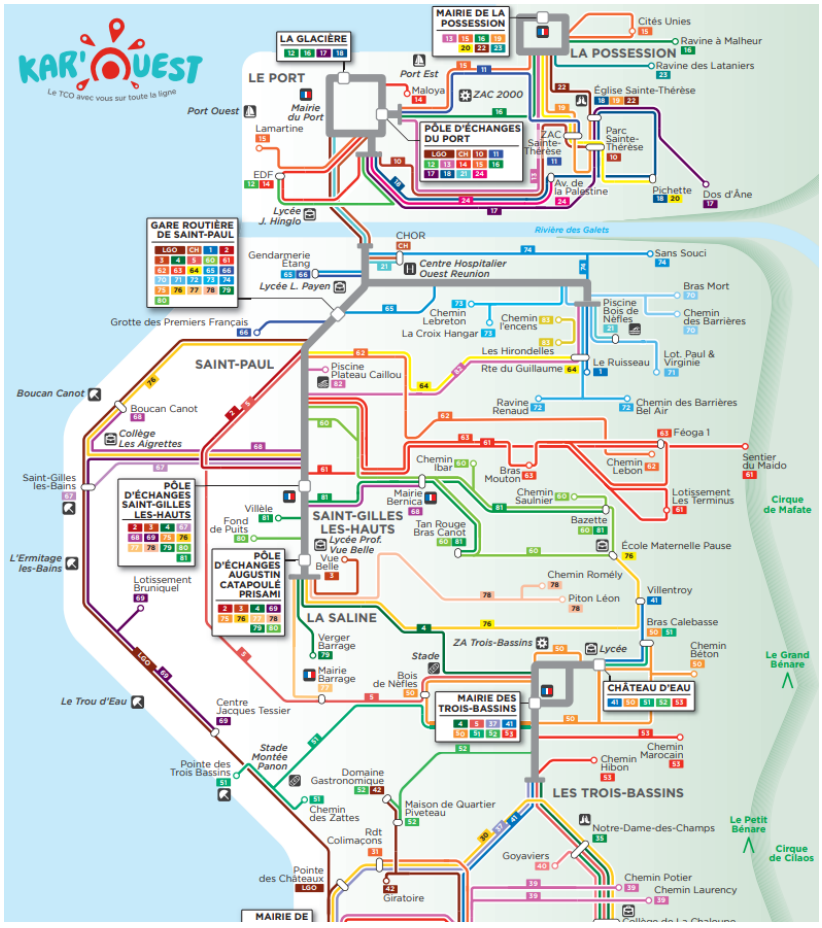


Fig. 7. Le réseau Kar'Ouest

Fig. 8. Le réseau car Jaune sur le secteur d'étude

La description fine du réseau TC est nécessaire pour notre analyse routière, afin de retranscrire une concurrence modale entre VP et TC via l'étape de choix modal du modèle.

La fréquentation du projet routier étudié ici tient donc compte du réseau TC actuel et de son évolution.

2.3.4. Les données territoriales

Le modèle régional est alimenté par des données socioéconomiques régionales sur lesquelles se fonde la génération des déplacements. Ces données sont issues de l'INSEE et sont redressées en volume pour être cohérentes avec les données de l'EDGT.

Elles alimentent les zones fines du modèle suivants plusieurs attributs : Population par classe d'individus, emplois, effectifs scolaires, commerces, loisirs, santé. Elles sont également extrapolées aux différents horizons d'analyses à partir de tendances d'évolution fournies par l'INSEE.

2.3.5. Les données de comptages

2.3.5.1. LOCALISATION DES POSTES

Dans le cadre de cette mission, un campagne de comptages a été réalisée sur la semaine du lundi 19 au dimanche 25 mai 2025. Nous indiquons que pendant cette campagne des travaux sur la RN1 au nord de Cambaie ont pu avoir un impact sur le comptage P1.

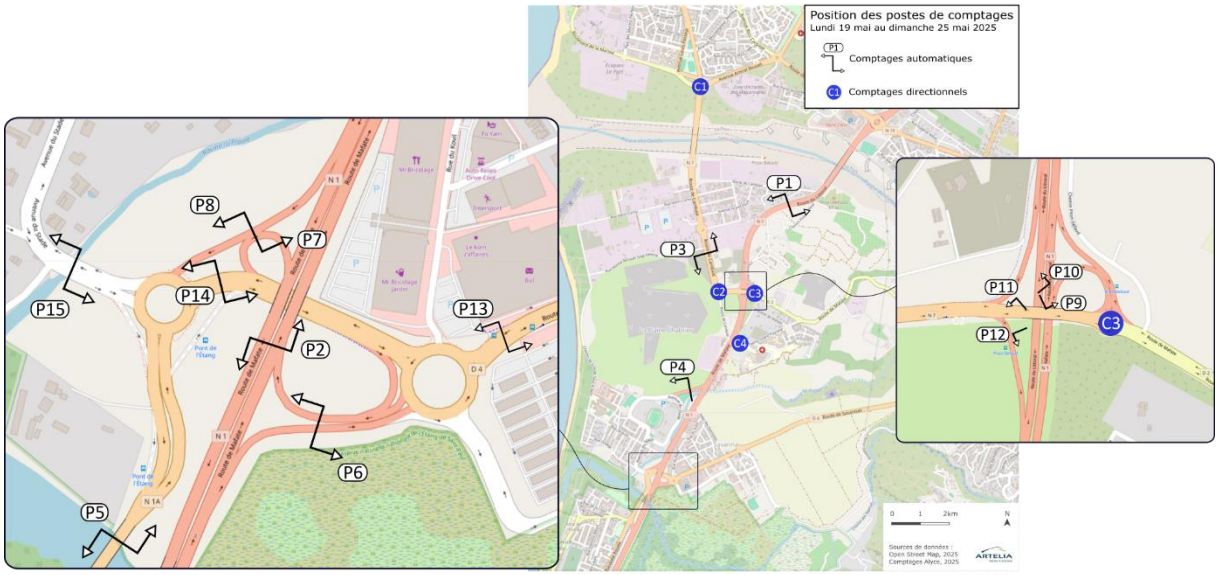


Fig. 9. Localisation des postes de comptages

2.3.5.2. RESULTATS DES POSTES DE COMPTAGES AUTOMATIQUES

Sur les cartes ci-dessous, les résultats des comptages sont indiqués selon leur heure de pointe : l'heure de pointe du matin prise est de 7h à 8h et celle du soir de 16h à 17h pour rester fidèle aux paramètres du modèle de trafic.

Concernant le poste de comptage P3, les faibles trafics ne correspondent pas à la RN7 mais aux contre-allées Route de Cambaie. Les trafics de la RN7 sont indiqués grâce aux comptages directionnels des postes C1 et C2.

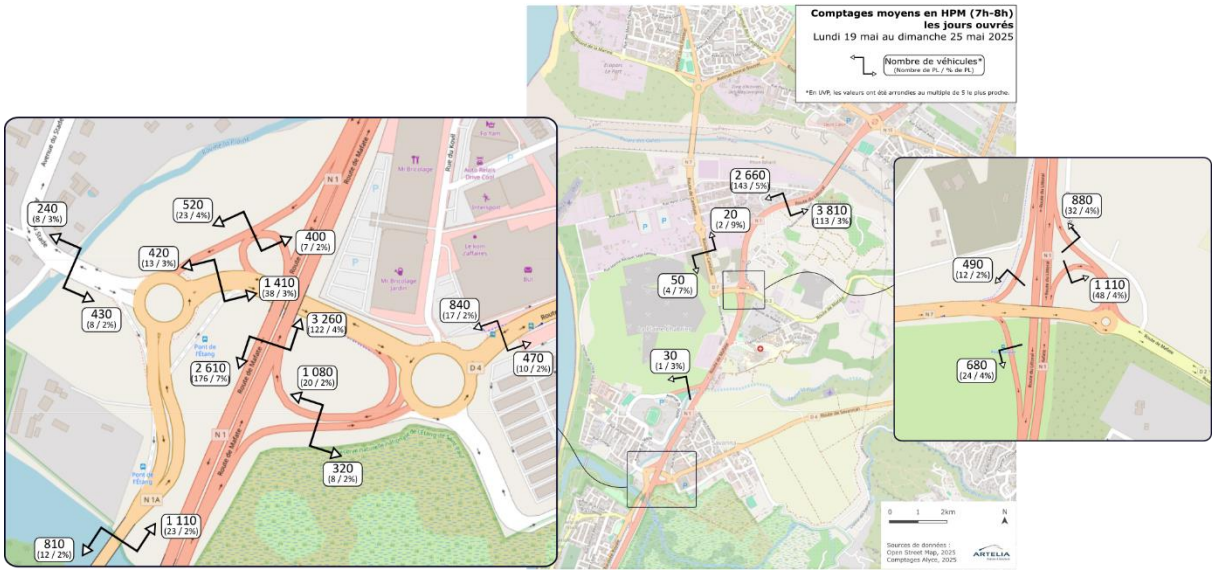


Fig. 10. Comptages en heure de pointe du matin

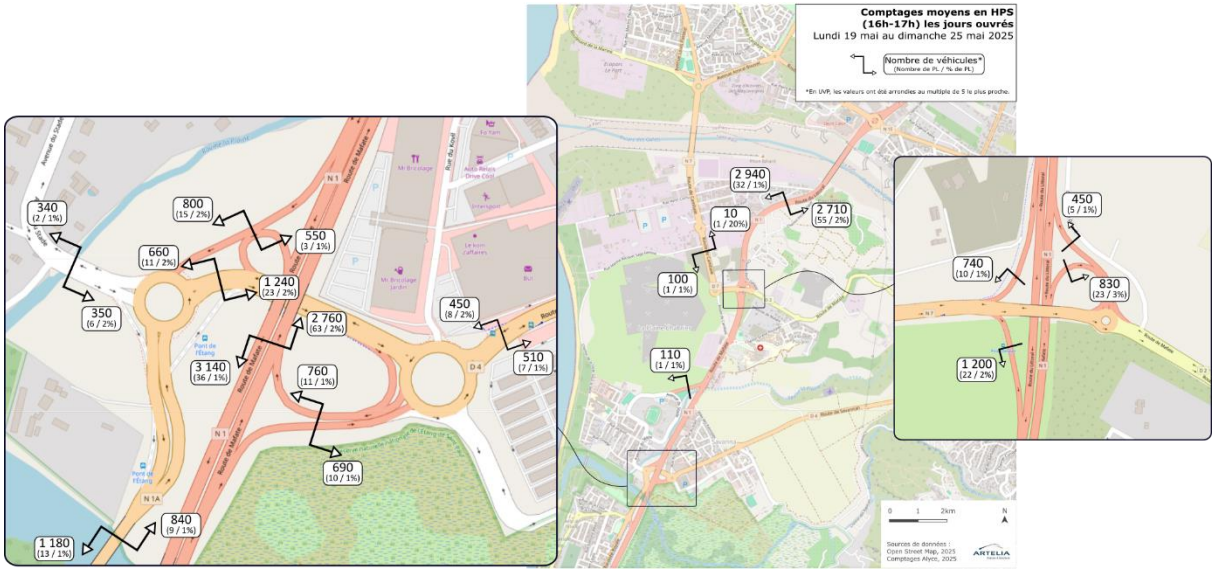
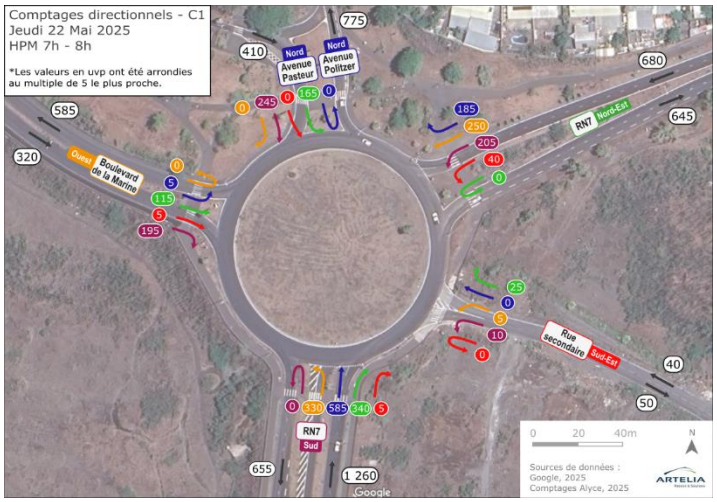
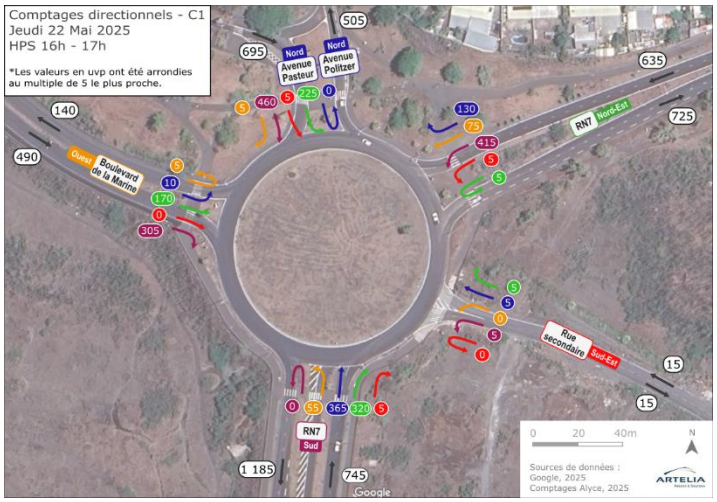


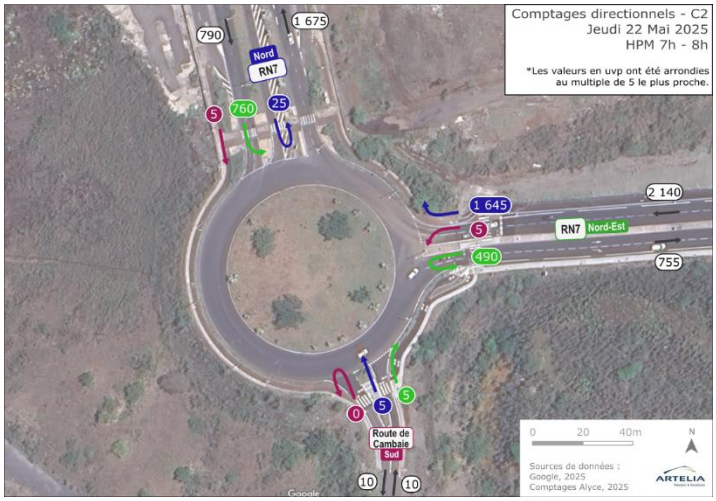
Fig. 11. Comptages en heure de pointe du soir

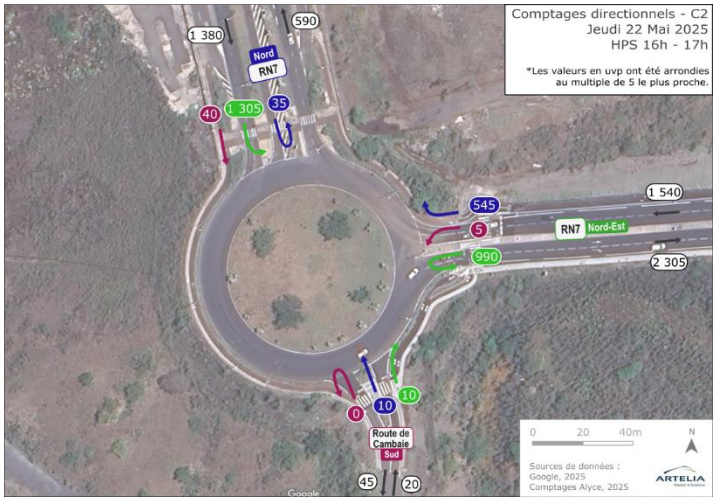
2.3.5.3. RESULTATS DES POSTES DE COMPTAGES DIRECTIONNELS

Les comptages directionnels ont été réalisés sur la journée du jeudi 22 mai 2025 aux deux périodes de pointe de 6h30 à 8h30 et de 16h à 18h. Les heures de pointe conservées sont comprises entre 7h et 8h le matin et entre 16h et 17h le soir.

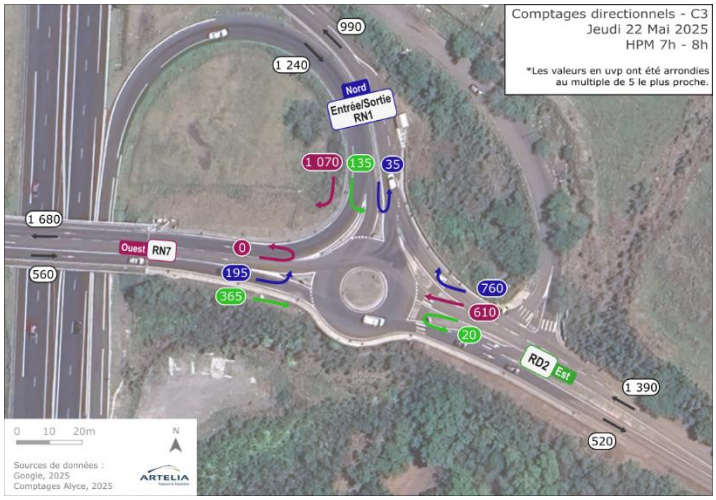
	Heure de pointe du matin	Heure de pointe du soir
C1		

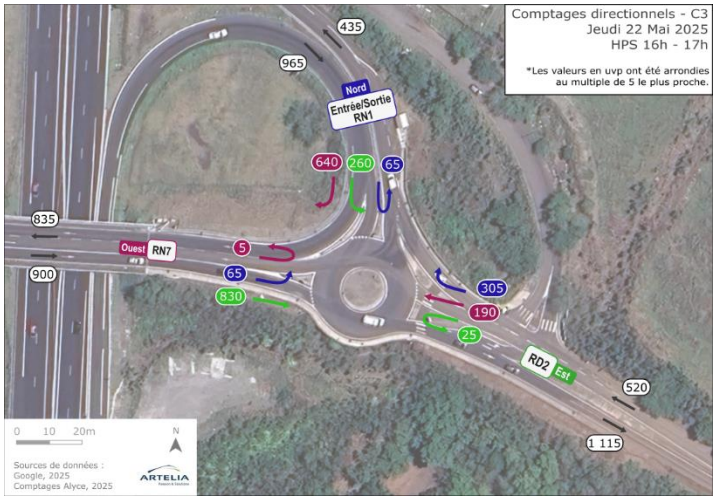
C2



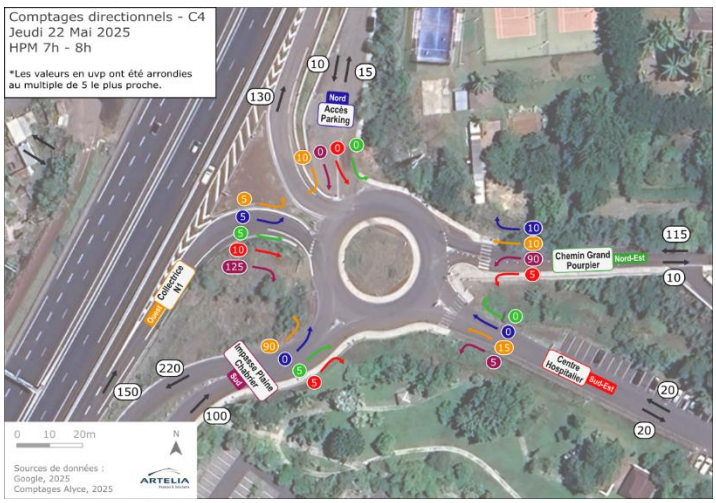


C3





C4



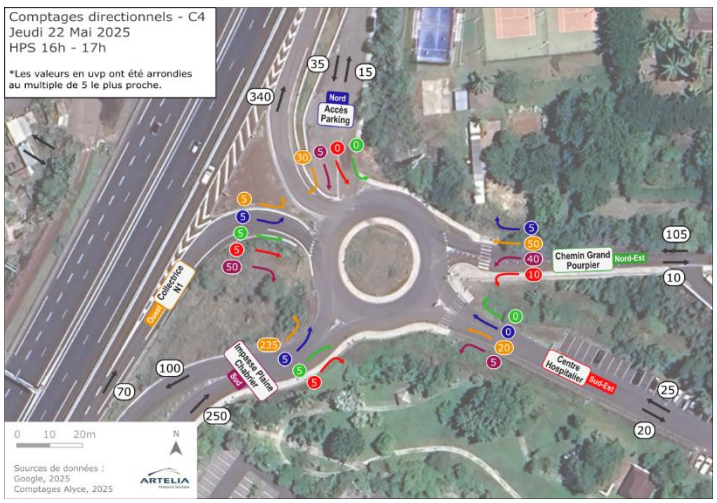


Fig. 12. Comptages directionnels aux carrefours aux heures de pointe

3. MODELISATION DE LA SITUATION ACTUELLE

3.1. CALAGE DU MODELE

Le modèle a été recalé plus finement (à l'étape d'affectation) sur le périmètre d'étude à partir des données suivantes :

a. Plan de circulation du centre-ville et des axes concernés par le corridor du projet, typologie et hiérarchie des voiries, services de cartographies en lignes (Open Street Map, Google Maps, Géoportail) afin de vérifier et/ou affiner le codage du réseau routier.

b. Les comptages réalisés par Alyce sur le mois de mai 2025 en modifiant les matrices VP par la création de matrices additives de calage. L'objectif est de gommer les écarts avec les données observées pour chacun des modes : les valeurs de trafics modélisées doivent se rapprocher le plus possible des valeurs de comptages recensées en différents points du secteur étudié. Les écarts entre valeurs modélisées et de comptages sont quantifiés à travers deux indicateurs, présentés plus loin : le R^2 et le GEH. Il s'agit d'un calage sur les volumes de trafic observés.

c. Vérification du temps de parcours grâce aux données TomTom.

Afin de prendre en compte les impacts des travaux sur la RN1 et les phénomènes de saturation de l'axe, nous effectuons une vérification du recalage selon les temps de parcours des véhicules. Cette approche de calage par temps de parcours s'appuie sur une modification des débits qui, on le verra dans les indicateurs, ne peuvent plus être parfaitement corrélés aux observations. Le principe est que les débits observés ne reflètent pas la demande totale car le régime de saturation de l'axe est atteint. On ne comptabilise que les véhicules qui parviennent à s'écouler et non la demande totale qui se retrouve dans la remontée de file. Il est alors faux de vouloir caler sur les débits observés.

Les données de temps de parcours utilisées sont des données GPS fournies par TomTom.

Depuis 2008, l'entreprise TomTom collecte anonymement les données issues des GPS des conducteurs. Ces données FCD (« Floating Car Data ») offrent des données de localisation, de vitesse, de congestion… Parmi les utilisations possibles de ces données, l'outil de statistiques de trafic permet d'analyser et de comprendre les comportements de conduite sur des tronçons routiers.

En comparant ces données GPS avec les outils présents dans le modèle, le débit en volumes de véhicules pourrait être modifié afin de faire correspondre les temps de parcours dans le modèle à ceux observés grâce aux données GPS.

A la comparaison des vitesses observées et modélisées, il est apparu que :

- les vitesses modélisées sont plutôt proches de celles observées le matin lorsque le débit observé est correctement restitué ;
- les vitesses modélisées sont trop élevées le soir dans le sens Nord vers Sud ce qui nous impose d'augmenter le débit au-delà des valeurs observées pour restituer correctement les vitesses et donc la saturation observée.

Ce travail de calage a permis d'obtenir les résultats suivants :

3.1.1. Coefficient de corrélation

Il varie entre 0 et 1. Si R^2 vaut 1, le modèle est parfaitement calé et s'il vaut 0, le modèle n'est pas calé. **On admet que le modèle est calé si $R^2 > 0,95$.**

Les graphiques ci-dessous présentent les coefficients de corrélation obtenus suite à l'étape de calage du trafic routier, pour les heures de pointes du matin et du soir.

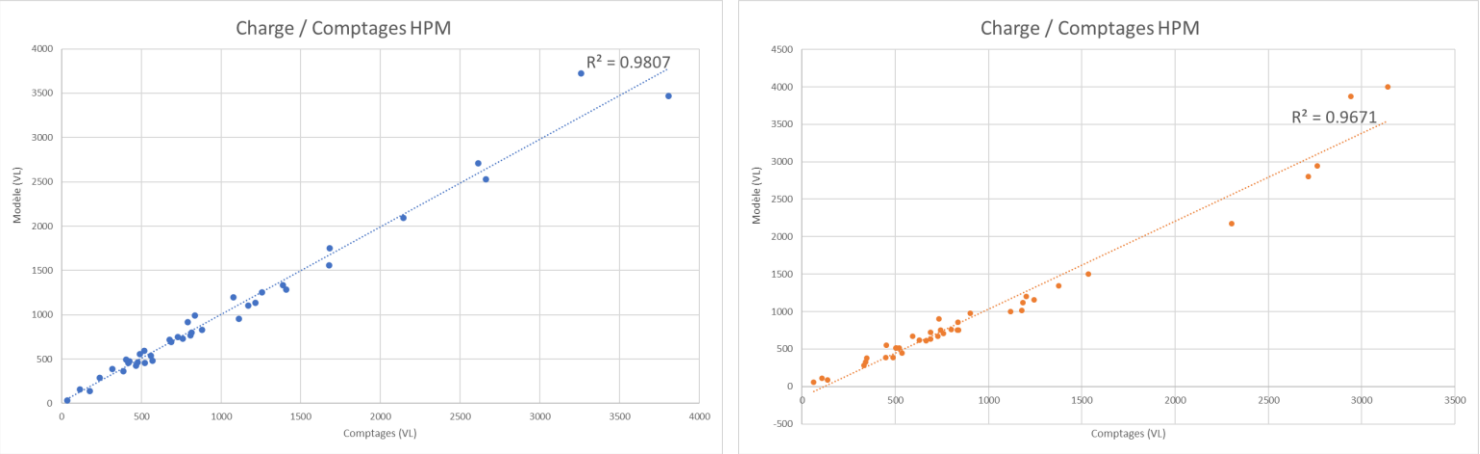


Fig. 13. Coefficients de corrélation entre charge modélisée et comptages à l'Heure de Pointe du Matin (à gauche) et à l'Heure de Pointe du Soir (à droite)

Nous avons obtenu dans les deux cas des coefficients de corrélation supérieurs à 0,95, ce qui indique une très bonne corrélation globale sur les points ciblés entre trafics comptés et modélisés et donc un calage satisfaisant en volume d'après ce critère.

3.1.2. GEH

Le GEH est un indicateur de comparaison des volumes de trafics modélisés et mesurés. Il s'interprète de la manière suivante :

- **GEH ≤ 5** : Bonne corrélation entre trafics modélisés et observés.
- **5 < GEH ≤ 10** : Corrélation acceptable entre trafics modélisés et observés.
- **GEH > 10** : Mauvaise corrélation entre les trafics modélisés et les trafics observés.

L'objectif communément admis est d'atteindre 85% des GEH inférieurs à 5 sur les comptages ciblés.

Les résultats sont les suivants, pour chaque tronçon où un comptage est recensé.

En heures de pointe, plus de 90% des points de comptages ont un GEH inférieur à 5.

Heure de pointe du matin

	GEH	
	Nombre de valeurs	Répartition (%)
> 0	37	95%
> 5	2	5%
> 10	0	0%
TOTAL	20	100%

Heure de pointe du soir

	GEH	
	Nombre de valeurs	Répartition (%)
> 0	36	92,5%
> 5	1	2,5%
> 10	2	5%
TOTAL	20	100%

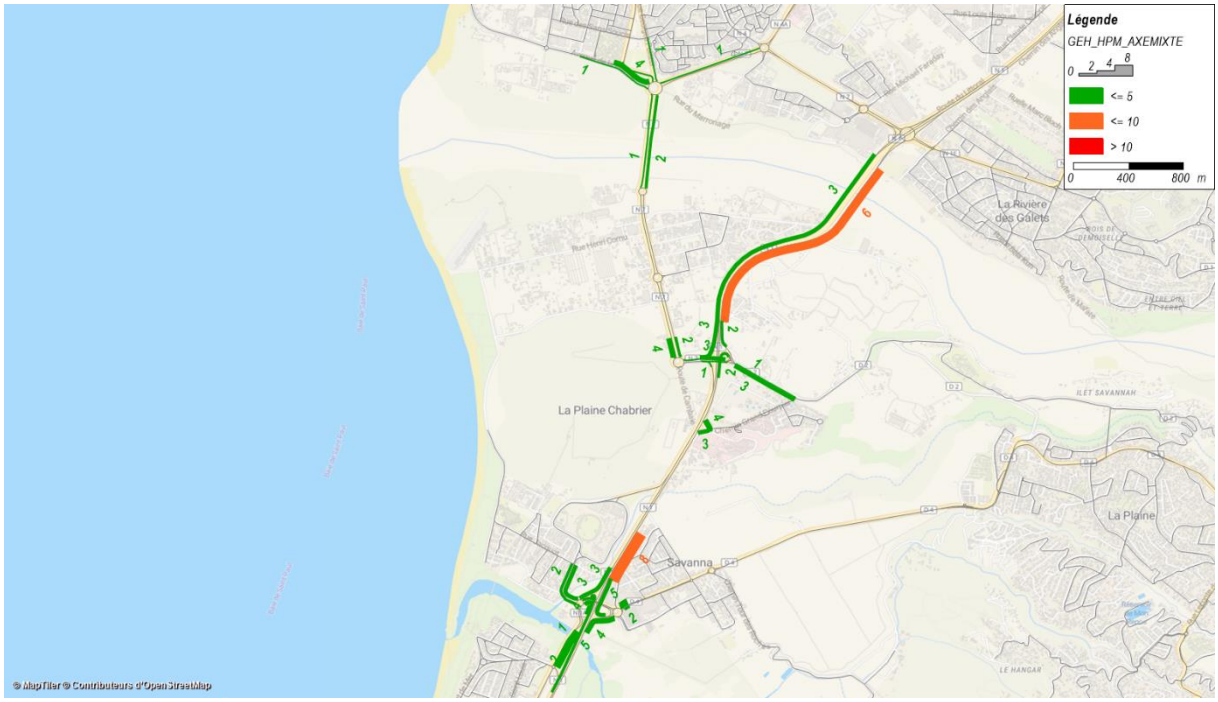


Fig. 14. Carte de GEH après calage à l'Heure de Pointe du Matin

Fig. 15. Carte de GEH après calage à l'Heure de Pointe du Soir

D'un point de vue général, l'amélioration des GEH est significative puisque l'on élimine pour l'HPM et l'HPS, la totalité **des valeurs supérieures à 10**, dites « mal calées ».

Remarque : Les GEH supérieurs à 5 à l'heure de pointe du soir s'expliquent par la volonté de retranscrire une situation correspondant à la situation actuelle en ne se basant pas uniquement sur les débits mais également sur les temps de parcours sur la RN1 et la présence de travaux pendant la période de comptages. Le calage en temps de parcours a amené à dégrader le calage en débit car les deux ne sont pas compatibles.

3.2. RESULTATS DE LA SITUATION ACTUELLE

3.2.1. Répartition modale

La répartition modale en situation actuelle est la suivante :

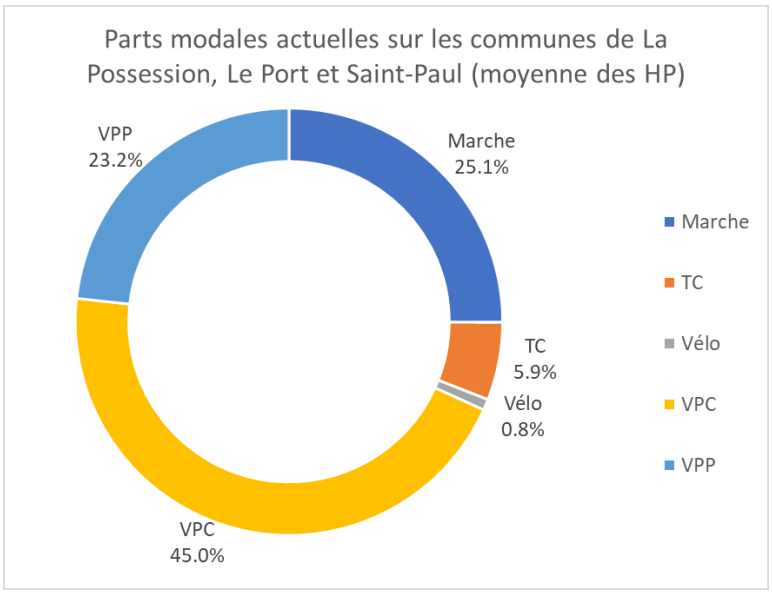


Fig. 16. Parts modales actuelles aux heures de pointe sur le secteur d'étude

Il s'agit de la part modale moyennée sur les **heures de pointe du matin et du soir**.

La voiture est le mode le plus utilisé avec 68,2% (somme de VPP et VPC) contre seulement 5,9% d'utilisation des transports en commun sur le secteur étudié (limité aux communes de St Paul, Le Port et La Possession).

Nota : VPP = Véhicule Personnel Passager / VPC = Véhicule Personnel Conducteur

3.2.2. Résultats sur le réseau routier

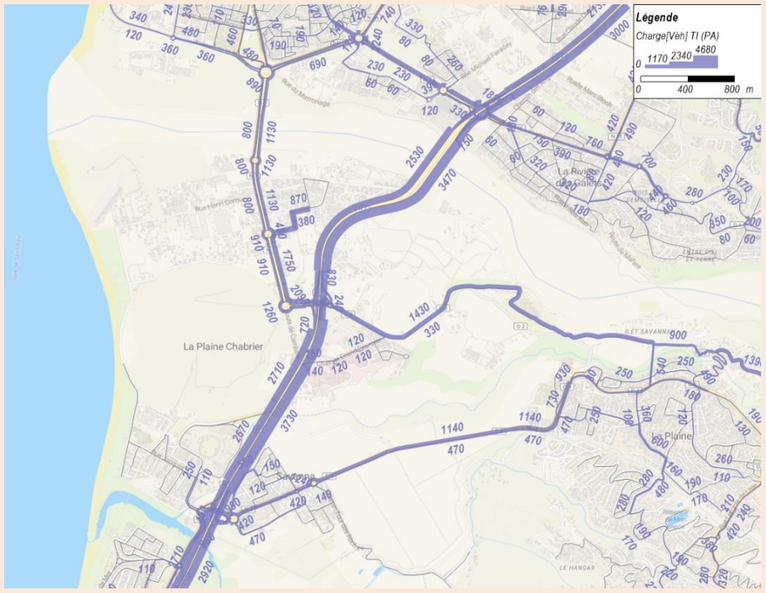
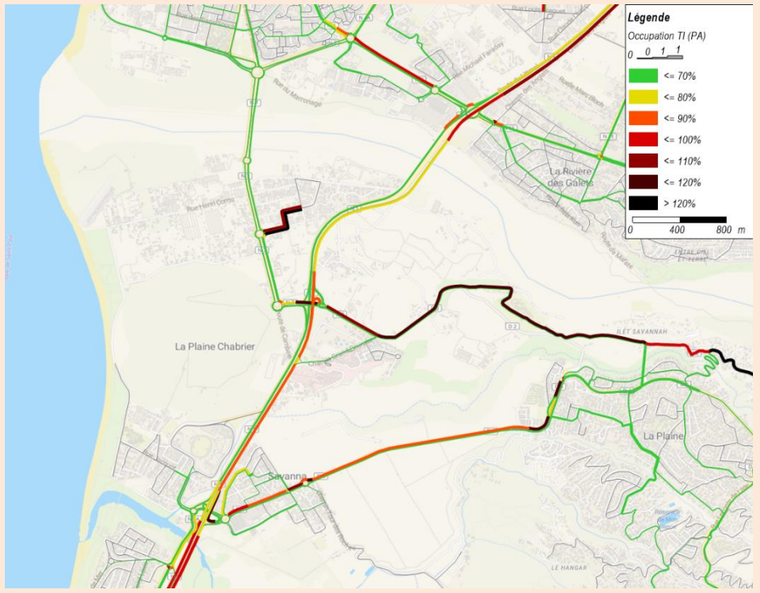
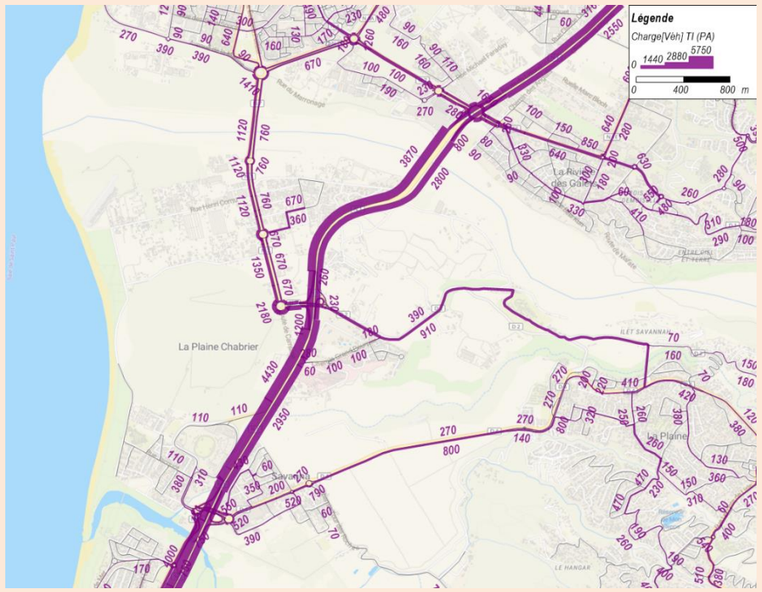
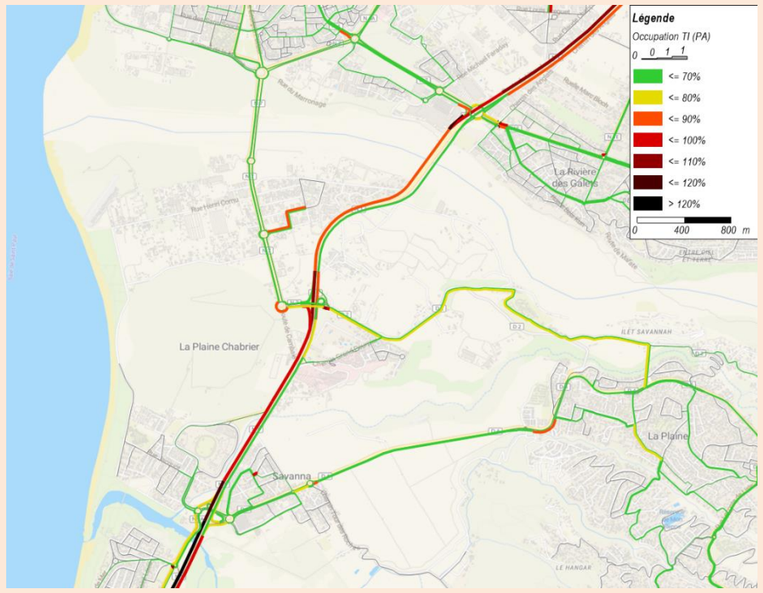
	Charge	Occupation	
Heure de pointe du matin			La RN1 est l'axe le plus chargé du secteur d'étude. En heure de pointe du matin, l'axe compte environ 2 700 véhicules depuis le nord et jusqu'à 3 700 depuis le sud. Sur l'Axe Mixte, 900 véhicules se rendent vers la RN1 tandis que 1 700 véhicules se rendent vers Le Port. Le principal point de saturation se trouve sur les axes depuis les hauts vers la N1.
Heure de pointe du soir			Comme à l'heure de pointe du matin, la RN1 est l'axe le plus chargé du secteur d'étude avec jusqu'à 4 400 véhicules par heure dans le sens nord-sud le soir. Dans le sens inverse, jusqu'à 3 000 véhicules remontent vers le nord. Sur l'Axe Mixte, plus de 1 300 véhicules se rendent vers la RN1 tandis que 700 véhicules se dirigent vers Le Port. Le principal point de saturation se trouve sur la RN1 au niveau de Savanna.

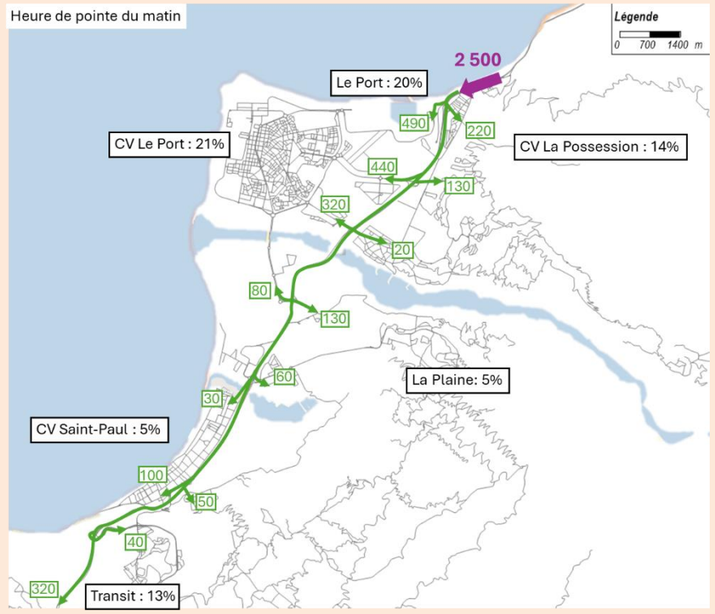
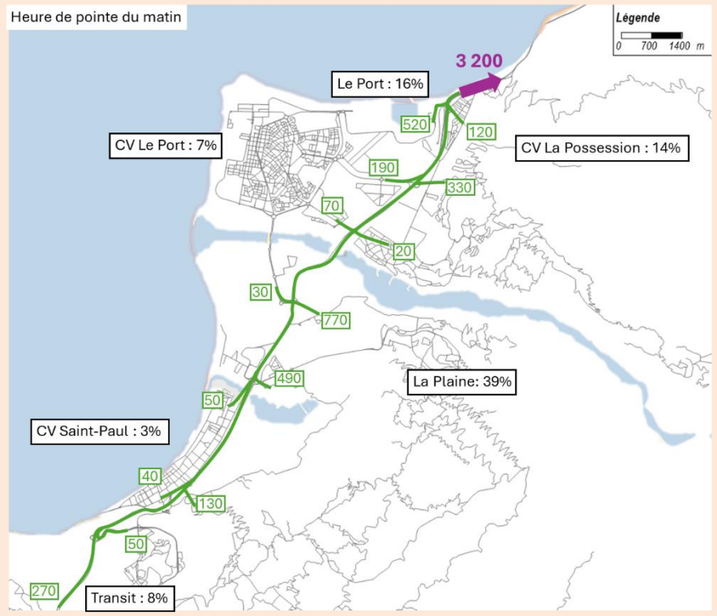
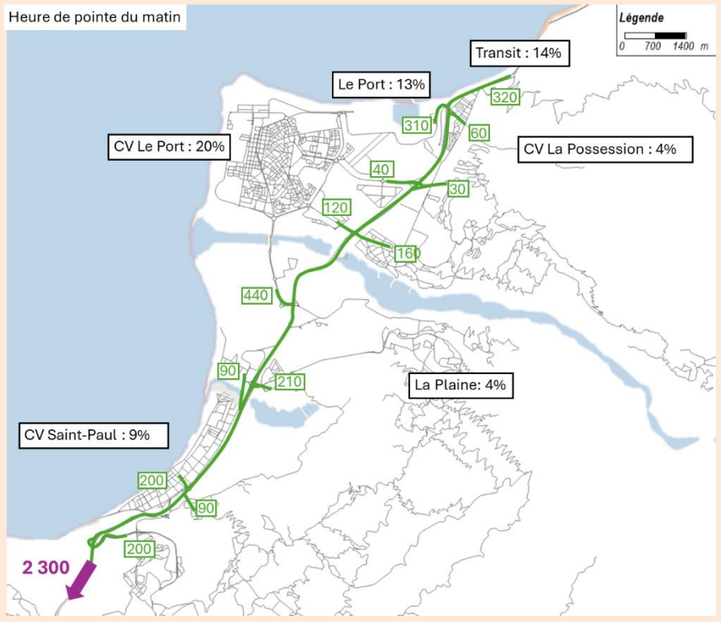
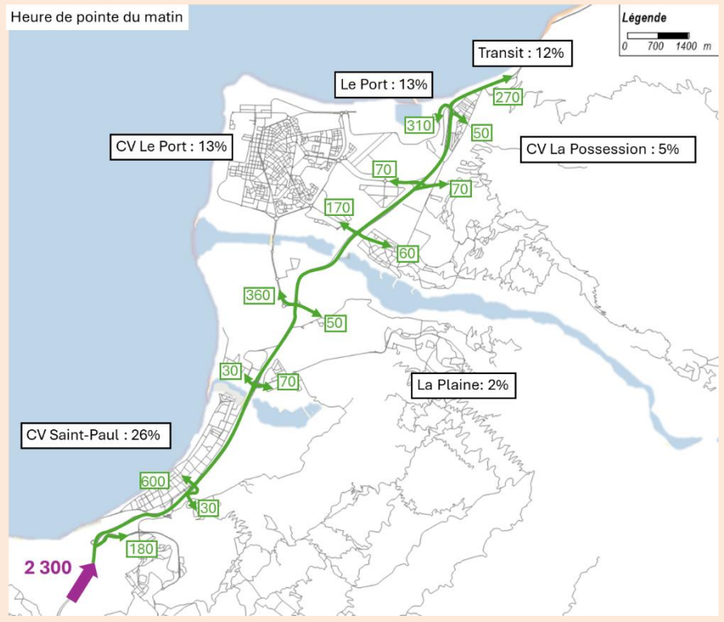
Fig. 17. Carte de la charge et de l'occupation aux heures de pointe du matin et du soir – Situation actuelle

Le taux d'occupation est un indicateur délicat à interpréter. Il est calculé comme le rapport entre la charge supportée par le tronçon et sa capacité. Ainsi, plus il est proche de 100%, plus le tronçon sera saturé. A partir de 85% des ralentissements apparaissent et au-delà de 100%, le tronçon ne parvient plus en théorie à écouler toute la demande et de fortes congestions en découlent.

Si cet indicateur permet d'identifier des points de blocage sur le réseau, il ne cartographie pas directement la congestion puisqu'il ne reflète pas les remontées de file d'attente. Un tronçon présentant un faible taux d'occupation peut être congestionné s'il se situe en amont d'un tronçon congestionné.

3.2.3. Analyse des grands itinéraires routiers

La représentation d'arborescences de trafic en entrée/sortie du secteur d'étude nous permet d'analyser la répartition des flux au sein du territoire. En effet, ces arborescences fournissent l'ensemble des origines-destinations passant par un point précis du réseau (ici la RN1). Une arborescence représente les trajets (de l'origine à la destination) de tous les véhicules passant par un tronçon précis du réseau. Elle permet d'analyser la typologie des flux (local/transit), les reports d'itinéraires ou les phénomènes de diffusion ou de concentration du trafic.

		Vers le sud	Vers le nord	
Heure de pointe du matin	Depuis le nord			Depuis le nord vers le sud, on distingue deux flux : • Un flux se dirigeant vers les communes principalement Le Port (41%) et la Possession (14%), • Un flux minoritaire de transit d'environ 320 véhicules qui poursuit sur la RN1 (13%). Vers le nord, les flux proviennent à 39% de La Plaine dans les hauts de Saint-Paul. Seul 8% des véhicules traversent le périmètre d'étude du sud vers le nord.
	Depuis le sud			Depuis le sud vers le sud, les flux sont répartis depuis le périmètre d'étude et proviennent de diverses localisations : le centre-ville du Port à 20%, le Grand Port Maritime à 13%, du nord de la Possession à 14%. Vers le nord, les trafics se dirigent principalement vers le centre-ville de Saint-Paul à 26%, celui du Port à 13% comme pour le Grand Port Maritime et 12% vers Saint-Denis.

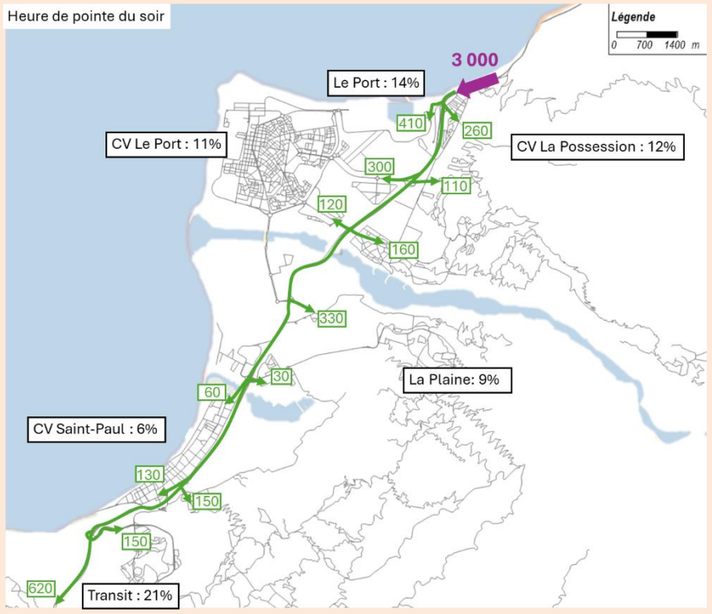
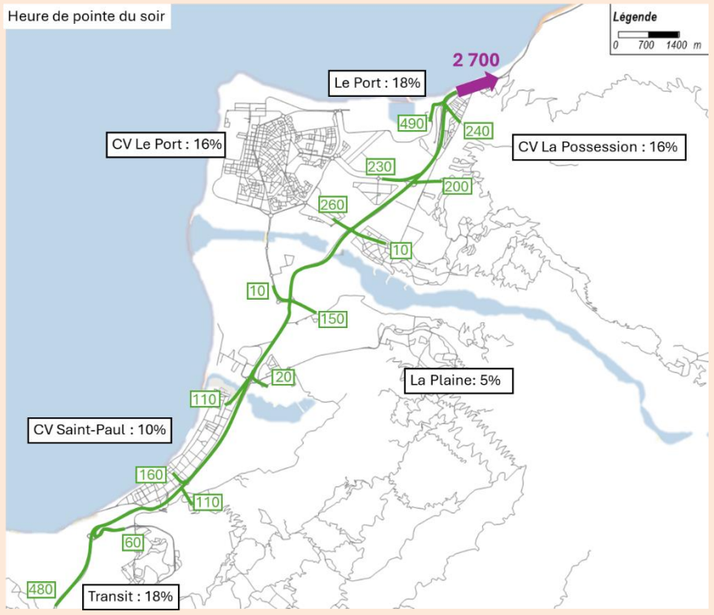
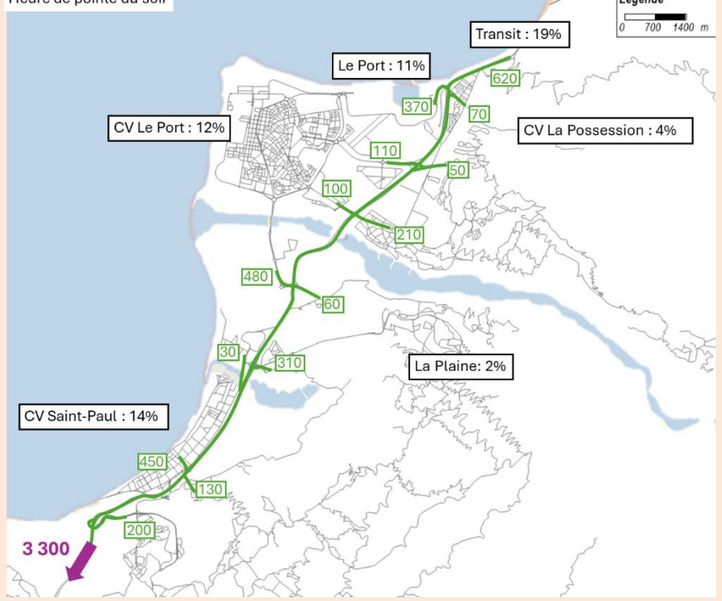
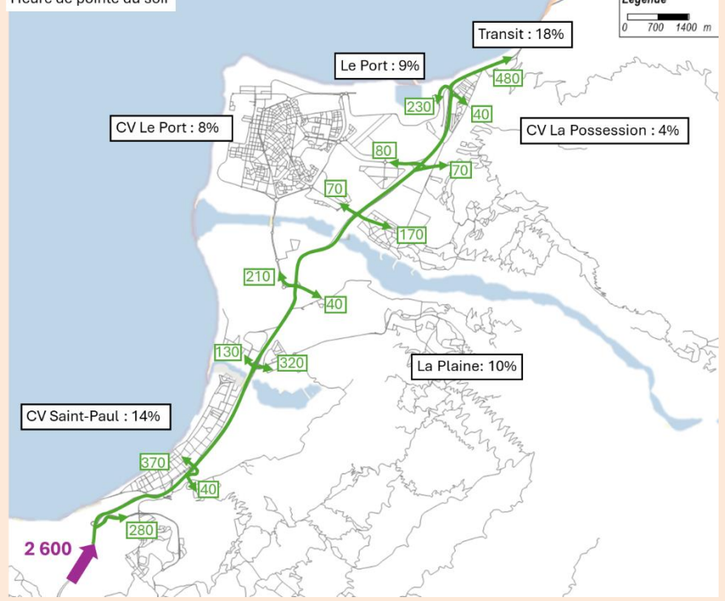
Heure de pointe du soir	Depuis le nord			Depuis le nord vers le sud, les trafics sont répartis depuis le périmètre d'étude et proviennent de diverses localisations : le Grand Port Maritime à 14%, la Possession à 12%, le centre-ville du Port à 11%. 21% des trafics sont en transit depuis le nord vers le sud de Saint-Paul. Vers le nord, les flux proviennent à 18% du sud de Saint-Paul et du Grand Port Maritime et 16% de la Possession et du centre-ville du Port.
	Depuis le sud			Depuis le sud vers le sud, les flux viennent à 19% de Saint-Denis vers le sud de Saint-Paul en transit par l'axe, 14% du centre-ville de Saint-Paul, 12% du centre-ville du Port et 11% du Grand Port Maritime. Vers le nord, les trafics se dirigent principalement vers Saint-Denis à 18%, centre-ville de Saint-Paul à 14% et La Plaine à 10%.

Fig. 18. Cartes d'arborescence aux heures de pointe du matin et du soir – Situation actuelle

4. MODELISATION DES SITUATIONS FUTURES

4.1. HYPOTHESES PROSPECTIVES

Les hypothèses prospectives décrites dans ce paragraphe correspondent aux éléments clés constituant les scénarios testés aux deux horizons prospectifs. Elles peuvent être de nature socioéconomique (hypothèse d'évolution tendancielle de la population, prise en compte de projets urbains majeurs…) ou des projets d'infrastructure de transport (routier ou transport en commun).

4.1.1. Evolutions sociodémographiques

Pour la définition des horizons 2035 et 2045, une hypothèse d'évolution tendancielle dite « au fil de l'eau » est retenue. Le principe de cette hypothèse est de proposer un taux de croissance unique appliqué à une microrégion ou à une commune, sans prendre en compte spécifiquement l'impact de projets urbains à l'échelle très locale. Cette hypothèse reprend les propositions d'évolution de population et d'emplois fournis par l'INSEE (scénario intermédiaire) aux horizons précités.

Ces évolutions sont ensuite appliquées à l'échelle communale puis par IRIS selon la répartition préexistante dans le modèle régional, afin de conserver le calage sur l'enquête ménage déplacement inclus dans le modèle.

Les tableaux ci-dessous donnent la population et les emplois pris en compte aux horizons projet :

	2016		2025		2035		2045	
	POPULATION	EMPLOI	POPULATION	EMPLOI	POPULATION	EMPLOI	POPULATION	EMPLOI
CIREST	122707	33752	134375	33676	144435	33676	151346	35301
CINOR	192173	94561	217169	100859	236890	100859	248456	108355
TCO	205431	78703	208930	81165	217849	81165	222180	83041
CIVIS	177691	65257	187796	67470	201076	67470	210535	71243
CASUD	115459	29640	129807	32242	139314	32242	145478	33605
ENSEMBLE	813461	301913	878077	315412	939564	315412	977995	331546

	2016		2025		2035		2045	
Communes	POPULATION	EMPLOI	POPULATION	EMPLOI	POPULATION	EMPLOI	POPULATION	EMPLOI
LA POSSESSION	31 364	10 537	32 580	11 043	33 888	11 634	31 091	11 695
LE PORT	33 686	21 889	34 992	22 940	36 397	24 167	35 120	24 295
SAINT-PAUL	100 595	35 865	104 495	37 587	108 691	39 598	116 266	39 807

Tabl. 2 - Population et emplois considérés par agglomération et sur le TCO

4.1.2. Projets urbains

Afin de tenir compte de l'impact des projets urbains sur la répartition de la population et des emplois sur le territoire, une deuxième hypothèse est ajoutée à l'hypothèse d'évolution tendancielle de l'INSEE. Les projets urbains majeurs programmés sur le territoire des dif férentes EPCI sont intégrés suivant leur localisation et leur échéance de réalisation.

Les projets urbains sont présentés ci-dessous :

Horizon	Localisation	Commune	Projets urbains
2025	Cinor	SAINT-DENIS	Espace Océan
		SAINTE-MARIE	ZAC Centre-ville
		SAINTE-MARIE	ZAC Beauséjour
		SAINTE-MARIE	Opération Innovest Concorde
		SAINTE-MARIE	RHI Moka
		SAINTE-MARIE	ZAC des Cafés
	Cirest		
	Civis	LES AVIRONS	RHI Bois de Nèfles
		SAINT-PIERRE	Projet Ccial Casabona
		SAINT-PIERRE	ANRU Ravine Blanche
		SAINT-PIERRE	Projet Ccial Casabona
		SAINT-PIERRE	ZAC du Mail (centre-ville)
		SAINT-PIERRE	ZAC O.I
		SAINT-PIERRE	ZAC Cap Austral
		SAINT-PIERRE	ZI 4
		SAINT-PIERRE	ZAC Pierrefonds Village
		SAINT-PIERRE	PRU bois d'Olive
		SAINT-PIERRE	ZAC Canabady
	Casud	SAINT-JOSEPH	ZAC des Grègues
	TCO		Mascareignes
		LE PORT	ZAC du Triangle
		LE PORT	Coeur de Ville
		LA POSSESSION	Moulin Joli
		LA POSSESSION	Cambaie Oméga
		SAINT-PAUL	Plaine des Loisirs
		SAINT-PAUL	PRU de SAINT-PAUL
		SAINT-PAUL	Portes de L'Océan
		SAINT-PAUL	Mail de l'Océan
		SAINT-PAUL	ZAC Savane des Tamarins (Plateau
		SAINT-PAUL	Caillou)
		SAINT-PAUL	ZAC Sans souci
		SAINT-PAUL	ZAC Saline
		SAINT-PAUL	ZAC Marie Caze
		SAINT-LEU	ZAC Roche Café
		SAINT-LEU	Extension ZAC Pointe des Châteaux
2035	Cinor		
	Cirest	BRAS-PANON	ZA Paniandy
	Civis		
	Casud		
	TCO		Cambaie Oméga
		SAINT-PAUL	Cornu
		SAINT-PAUL	Plaine des Loisirs
		SAINT-PAUL	Savanna
		SAINT-PAUL	ZAC Savane des Tamarins (Plateau
		SAINT-PAUL	Caillou)
		SAINT-PAUL	ZAC Sans souci
		SAINT-PAUL	ZAC Saline
		SAINT-PAUL	ZAC Marie Caze
		LE PORT	Programme ZAP
2045	Cinor		
	Cirest		
	Civis		
	Casud		
	TCO	SAINT-PAUL	Cambaie Oméga
		SAINT-PAUL	Cornu
		SAINT-PAUL	Plaine des Loisirs
		SAINT-PAUL	Savanna

Tabl. 3 - Liste des projets urbains

4.1.3. Projets de transports en commun

4.1.3.1. BHNS OUEST

Les hypothèses prises en compte (réseau viaire, restructuration réseau bus, etc.) sont identiques à celles établies dans le cadre de l'étude du BHNS Ouest du TCO (cf. BDC n°4 – réf. 2022DTD2582 : scénario B).

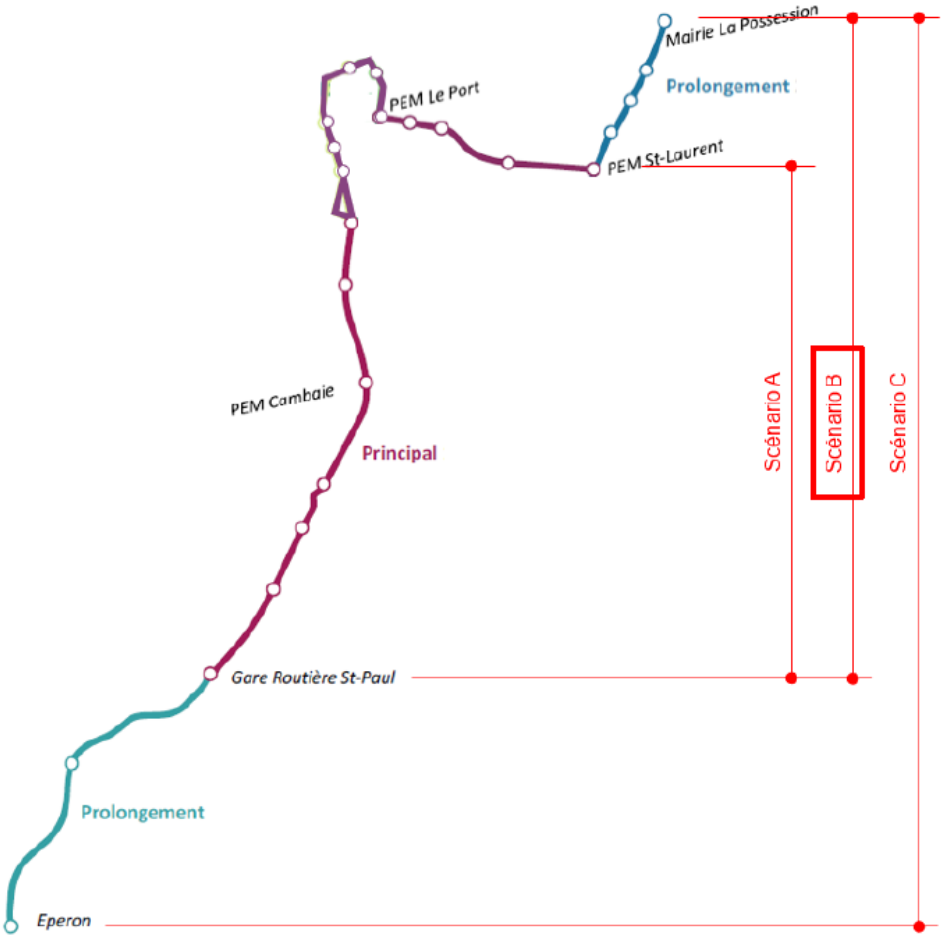


Fig. 19. Tracé de base du BHNS (source : TCO)

4.1.3.2. RRTG

La ligne RRTG à modéliser à horizon 2045 est représentée sur la cartographie suivante ; en rouge figure le tracé de base, en orange les deux secteurs à variante.

Le tracé de base couvre un linéaire d'environ 75 km et comprend moins de 20 stations.

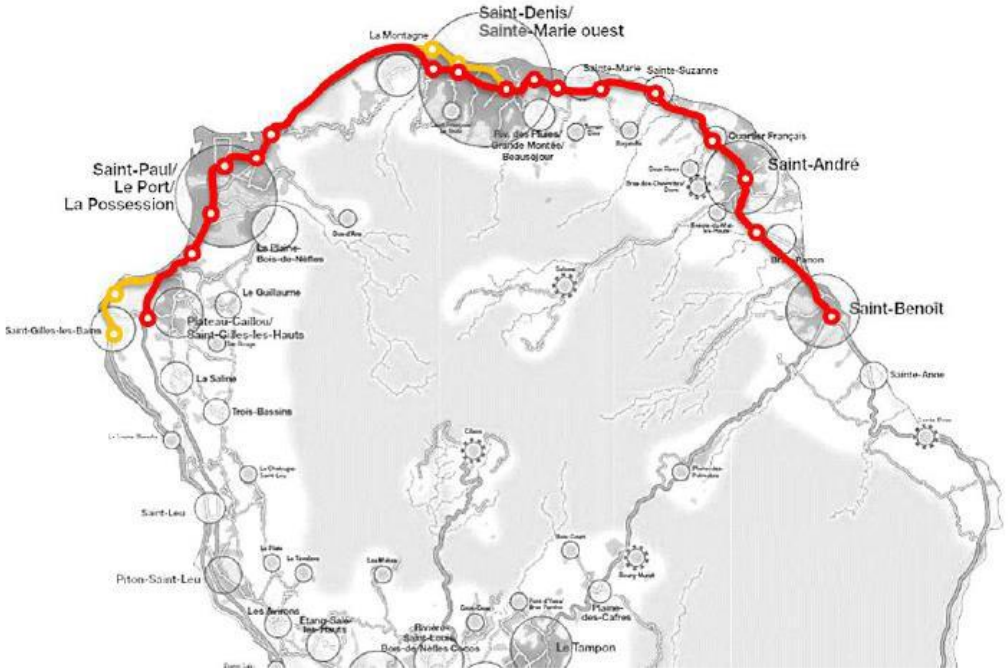


Fig. 20. Tracé du RRTG en rouge

4.2. CODAGE DU SCENARIO

Le tableau suivant indique pour chaque horizon les projets pris en compte dans le scénario de référence et projet. A l'horizon 2045, plusieurs tests sont effectués pour voir les impacts des ouvrages de franchissement Savanna et PSO.

	2025		2035		2045				
	Référence	Projet	Référence	Projet	Référence	Projet	Test 1	Test 2	Test 3
Axe Mixte	X	Secteur 1	Secteur 1	Secteur 1&2	Secteur 1	Secteur 1&2	Secteur 1&2	Secteur 1&2	Secteur 1&2
RN1 : 2*3 voies entre Savanna et Cambaie	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
Ouvrage Savanna	X	X	X	X	X	Oui	X	Oui	X
Ouvrage PSO	X	X	X	X	X	Oui	Oui	X	X
RRTG	X	X	X	X	X	Oui	Oui	Oui	Oui
BHNS'Ouest	X	X	X	Oui	X	Oui	Oui	Oui	Oui

Tabl. 4 - Construction des scénarios de référence et projet selon les horizons

4.2.1.1. REFERENCE « FIL DE L'EAU »

Le scénario de référence est un scénario d'évolution dit au « fil de l'eau », c'est-à-dire qu'il intègre les évolutions socioéconomiques et les projets urbains ou de transports prévus aux horizons modélisés (2025 et 2045), sauf le projet de l'Axe Mixte.

L'objectif de cette référence est de pouvoir identifier, par comparaison avec le scénario projet, l'impact seul du projet.

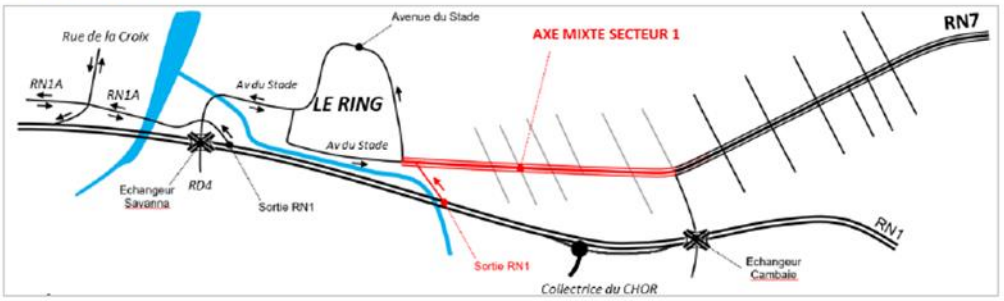
4.2.1.2. SCENARIO PROJET

L'objectif de la mission est de comprendre les impacts seuls de l'Axe Mixte sur les conditions de circulation du secteur. Ainsi, le scénario projet intègre uniquement ce projet par rapport au scénario de référence.

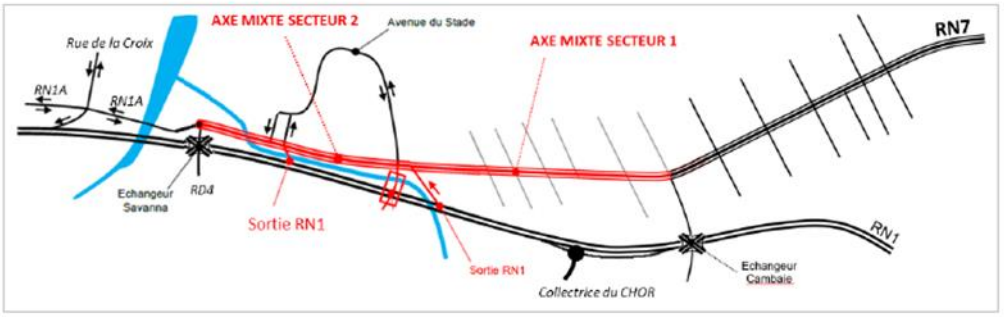
Le scénario projet sont constitués pour chaque horizon :

- De tous les éléments du scénario de référence (socio-économie, offre viaire, offre TC) ;
- Du projet de l'Axe Mixte (secteurs selon l'horizon).

- Pour le secteur 1 :



- Pour le secteur 2 : Sans franchissements Savanna et PSO



- Pour le secteur 2 : Avec franchissements Savanna et PSO

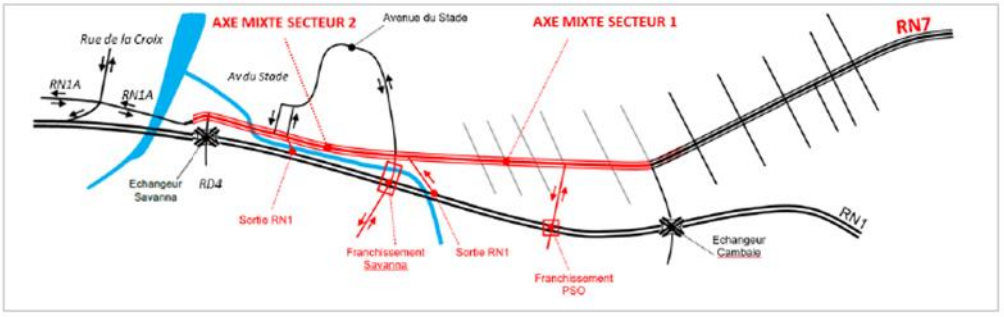


Fig. 21. Projet Axe Mixte

4.3. ANALYSE COMPARATIVE DES INDICATEURS

Ce paragraphe présente une comparaison des résultats par mode entre les scénarios référence et projet aux différents horizons. L'ensemble des résultats présentés est agrégé **sur l'aire d'étude uniquement**, centrée sur les communes du Port, de la Possession et de Saint-Paul.

4.3.1. Partage modal

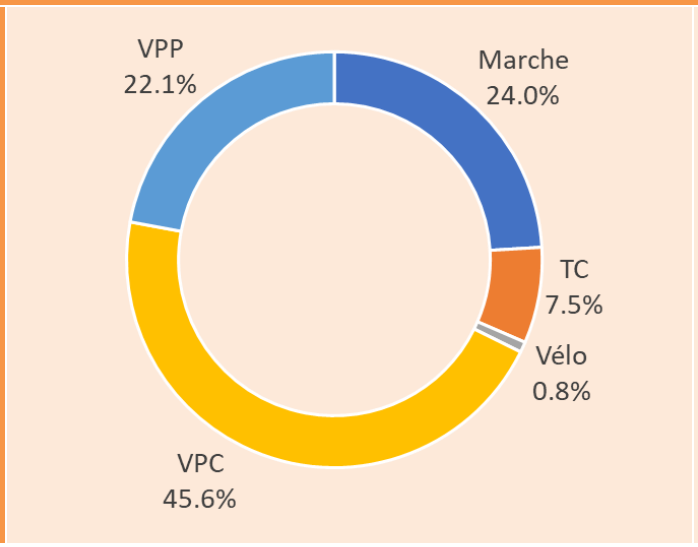
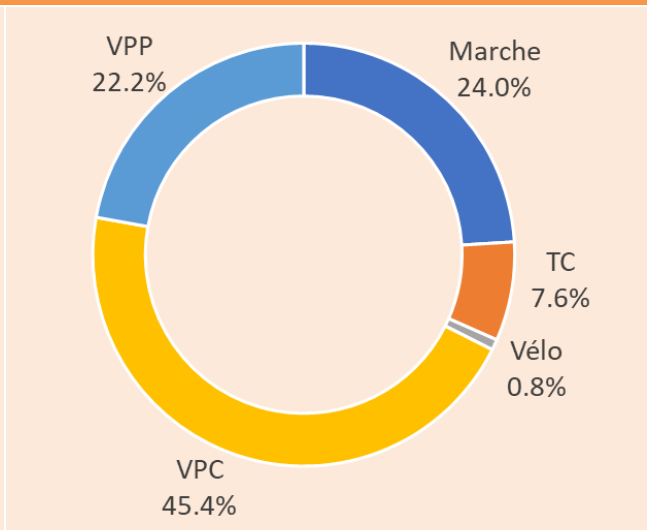
La situation de référence 2025 admet une part modale TC supérieure à celle observée en situation actuelle (cf. 3.2.1) avec 7,5% contre 5,9%. Dans le même temps, l'usage de la VP et de la marche à pied diminue légèrement. Ces écarts entre situation actuelle et référence projetée traduisent la pression croissante sur la voiture (augmentation de la congestion routière) qui pousse les habitants à faire davantage de trajets en TC.

Entre les situations de référence et projet Axe Mixte/Ecocité, les parts modales évoluent selon les horizons. On observe notamment :

- A l'horizon 2025, on note peu de changement entre le projet et la référence, les évolutions sont donc minimes avec :
  - Un gain de +0,1 point de part modale TC ;
  - Une diminution des VP de -0,1 point.
- A l'horizon 2035, les deux secteurs de l'Axe Mixte sont mis en œuvre, les évolutions sont donc plus importantes entre la référence et le projet :
  - Un gain de +1 point de part modale TC ;
  - Une diminution des VP de -0,3 point ;
  - Une diminution de la marche à pied de -0,7 point.
- A l'horizon 2045, les deux secteurs de l'Axe Mixte ainsi que les franchissements sont mis en œuvre, améliorant les circulations TC et VP :
  - Un gain de +1,2 points de part modale TC ;
  - Une diminution des VP de -0,1 point ;
  - Une diminution de la marche à pied de -1,1 point.

Ainsi, les reportés vers les TC proviennent principalement de la marche.

Ce constat souligne les effets de restructuration du réseau TC et notamment la création du RRTG Ouest en mode BHNS entre Saint-Denis et Saint-Paul. Cette augmentation de la part modale TC peut aussi être imputée à la densification autour des centres urbains et donc des arrêts TC, induite par le projet Ecocité.

	Référence	Projet
2025		

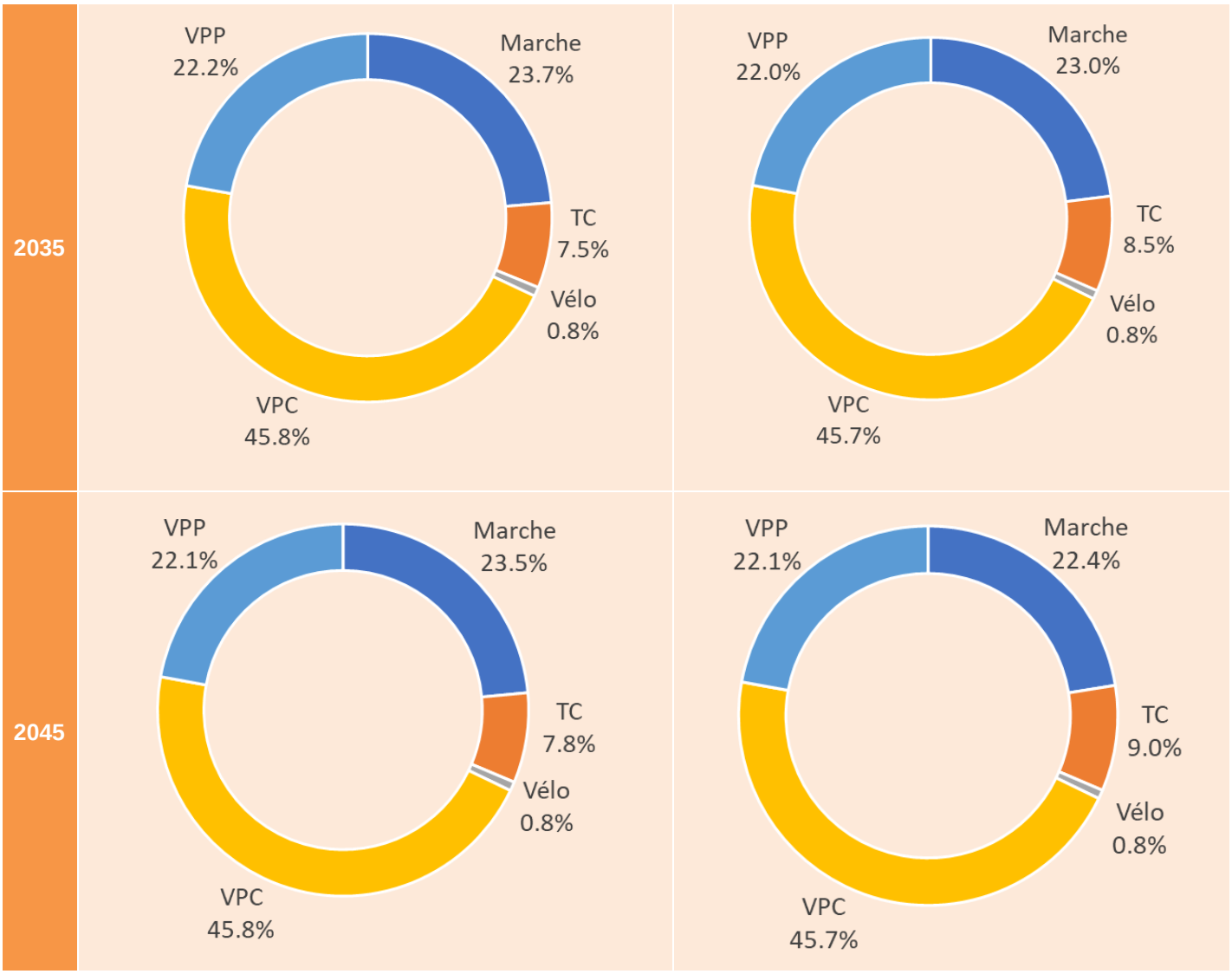


Fig. 22. Parts modales références et projets sur le secteur aux trois horizons projet

4.3.2. Structure des déplacements tous modes à l'horizon 2045

L'analyse à suivre traduit le poids des relations entre les grandes parties du territoire étudié. Nous distinguons trois grands ensembles :

- Les bas, qui regroupent les centres-villes du Port, de la Possession et de Saint-Paul et qui constituent le cœur de l'agglomération ;
- Les Hauts, composés en majeur partie de secteurs résidentiels dans des milieux contraints par la topographie ;
- Les territoires externes au nord et au sud du secteur d'étude.

Cette approche fournit une structure macro des déplacements tous modes confondus. Elle est illustrée par le schéma ci-dessous :

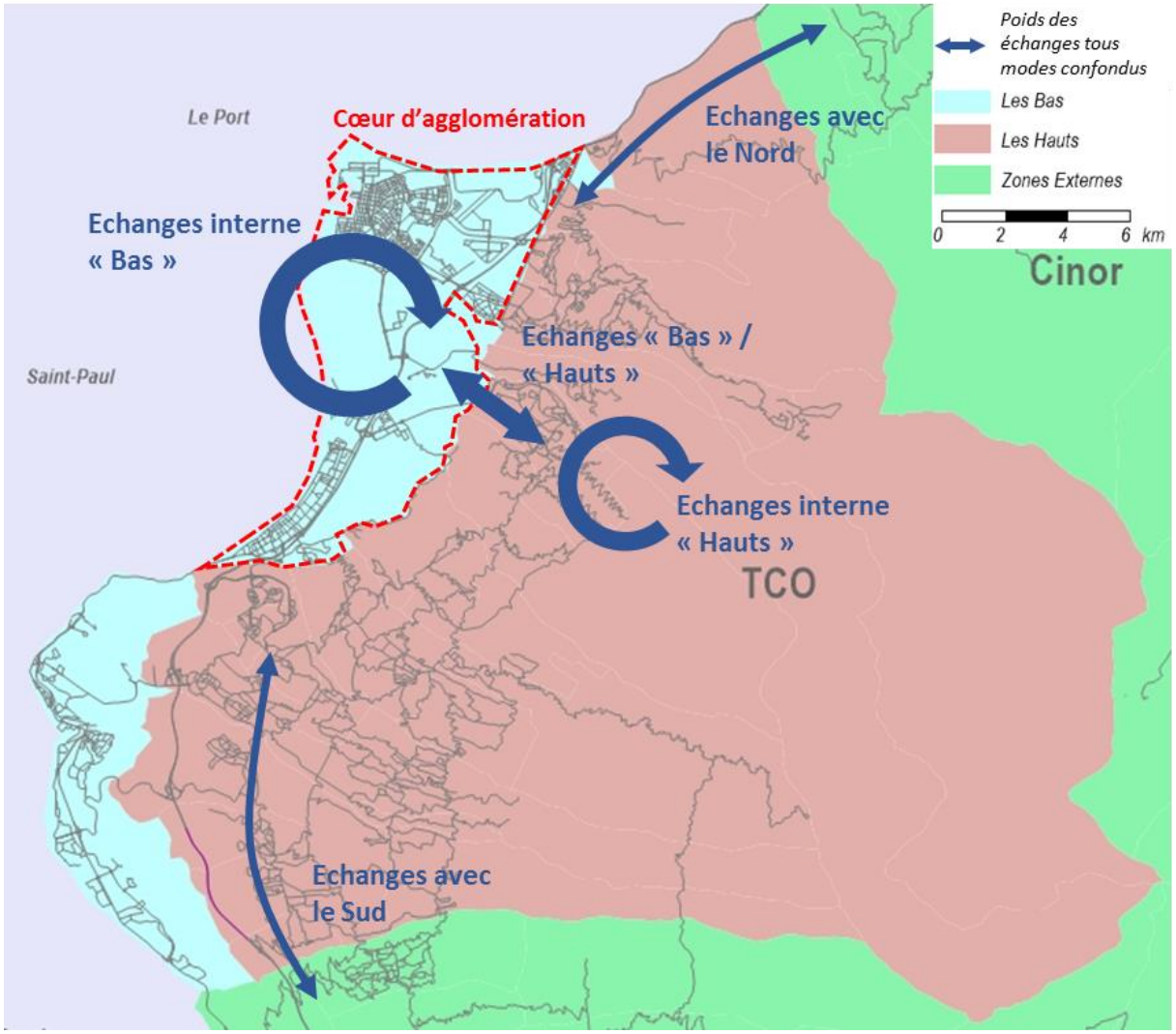


Fig. 23. Zones de déplacement

	Référence 2045 (Moyenne des HP)	Projet 2045 (Moyenne des HP)
Interne Bas	33.2%	36.2%
Interne Haut	27.4%	25.0%
Bas-Haut	27.3%	27.1%
Externe Nord	5.7%	5.6%
Externe Sud	6.3%	6.1%

Fig. 24. Echanges en lien avec le périmètre d'étude

Avec la densification initiée dans les « bas » par les projets de l'Ecocité, on observe une augmentation des déplacements tous modes internes aux « bas » avec 36,2% des déplacements en lien avec les zones du TCO hauts et bas (en bleu et rouge sur la carte) contre 33,2% dans le scénario de référence.

Le reste des échanges diminuent légèrement.

4.3.3. Impacts routiers

4.3.3.1. INDICATEURS GENERAUX

Cette partie analyse les impacts du projet sur les circulations routières.
Ces impacts sont étudiés uniquement sur le territoire des communes de Saint-Paul, la Possession et Le Port afin de bien cerner les effets du projet Ecocité.

	Heure de pointe du matin		Heure de pointe du soir	
	Référence 2045	Projet 2045	Référence 2045	Projet 2045
Demande VP	34947	34702	47353	45917
Demande PL	4822	4820	4527	4525
Occupation moyenne	13.97%	13.49%	16.94%	15.98%

Fig. 25. Indicateurs routiers en scénario de référence et projet à l'horizon 2045

Par construction du modèle, la demande PL varie très peu d'un scénario à l'autre.
La demande VP du scénario projet est légèrement plus faible que celle du scénario référence. L'occupation moyenne des tronçons qui est un indicateur global du niveau de congestion est très légèrement supérieure le matin, sans que cela ça soit significatif.

Un second indicateur global permet de mieux apprécier les différences de saturation du réseau routier entre les scénarios. Il s'agit du nombre de km de voirie par classe de taux d'occupation. Cet indicateur donne ainsi une vision globale de la longueur de voirie saturée en fonction des scénarios. Seuls les tronçons communs en référence et projet sont indiqués ci-dessous :

	Heure de pointe du matin			Heure de pointe du soir		
	Référence 2045	Projet 2045	Delta	Référence 2045	Projet 2045	Delta
<50%	1384	1389	5	1344	1370	26
<70%	82	81	-1	101	82	-18
<90%	37	35	-2	59	51	-8
<100%	14	11	-3	8	11	3
>100%	9	10	1	14	12	-3
TOTAL	1526	1526		1526	1526	

Fig. 26. Occupation des tronçons en scénario de référence et projet à l'horizon 2045

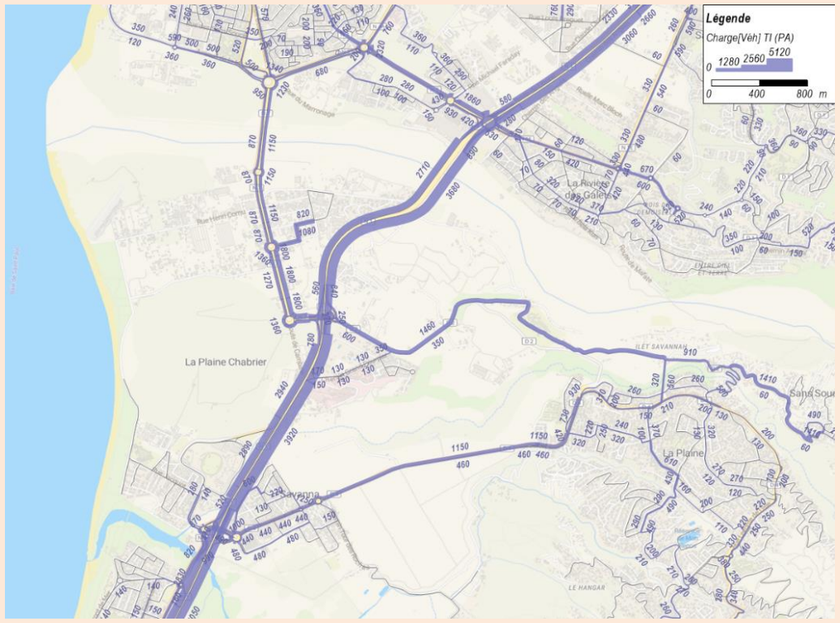
On observe d'après cet indicateur une amélioration générale du taux d'occupation des voiries notamment en heure de pointe du soir avec une baisse des tronçons occupés entre 50 et 90%. Sur les tronçons ayant une occupation entre 90 et 100%, le scénario projet améliore de 3km en heure de pointe du matin mais dégrade la référence de 3km en heure de pointe du soir. A l'inverse, sur les tronçons très saturés (>100%), on note une augmentation de 1km le matin contre une baisse de 3km le soir.

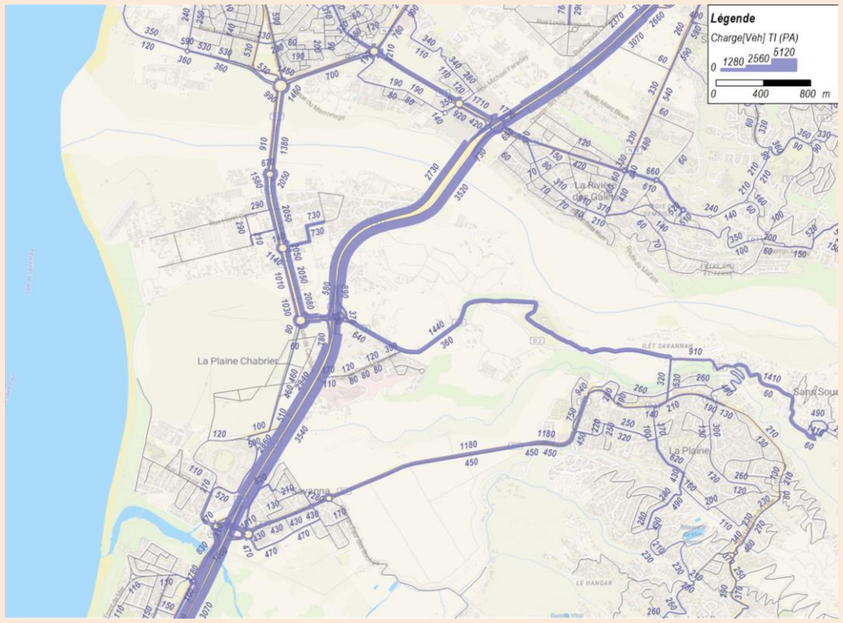
4.4. RESULTATS A L'HORIZON 2025

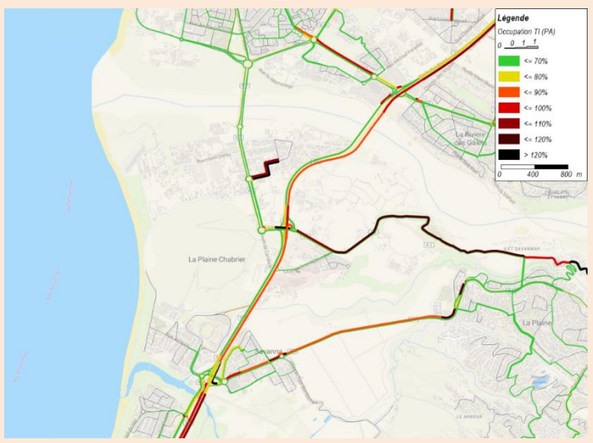
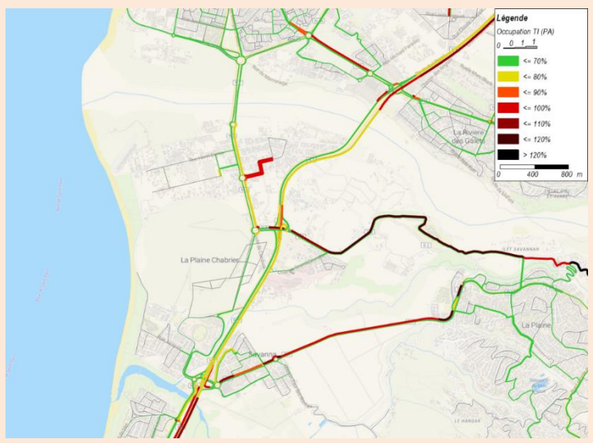
4.4.1. Heure de pointe du matin

Les cartes suivantes présentent à l'heure de pointe du matin :

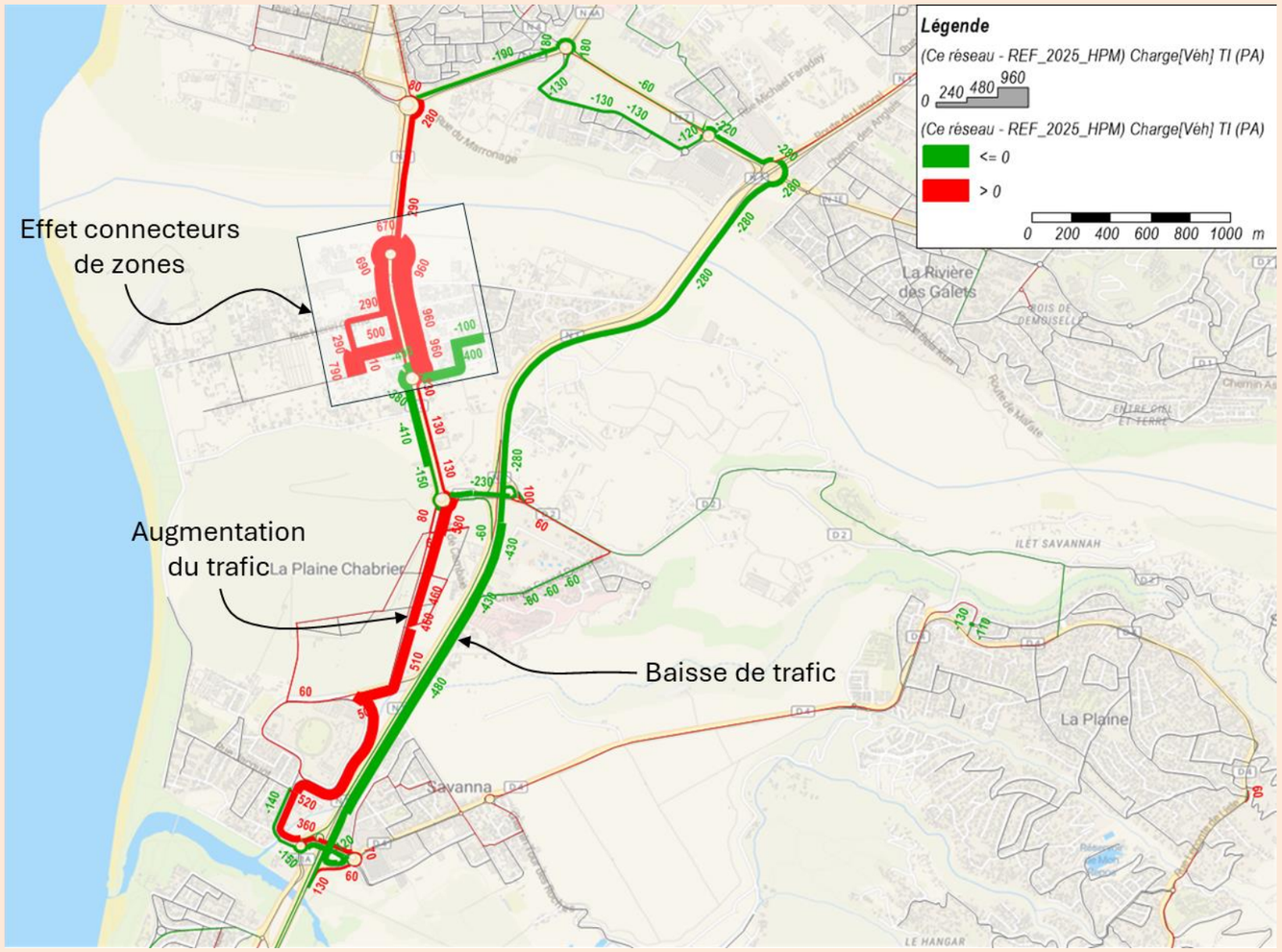
- La charge du réseau routier ;
- Le taux d'occupation sur chaque tronçon ;
- La différence de charge entre scénario de référence et scénario projet, qui témoigne de l'impact direct du projet sur les conditions de circulation routière. Les cartes indiquent en vert les flux qui se reportent depuis une situation de référence sans Axe Mixte et Ecocité vers les flux en rouge avec Axe Mixte et Ecocité.

<table>
<tr><th></th><th>Référence</th><th>Projet</th></tr>
<tr><td>Charges</td><td> 

En situation de référence en heure de pointe du matin, la RN1 compte 2 900 véhicules vers le sud et 3 900 vers le nord. Sur la RN7, 1 300 véhicules se rendent vers la RN1 tandis que 1 800 véhicules se rendent vers la zone industrielle et le centre-ville du Port. Depuis La Plaine, près de 1 500 véhicules arrivent de la RD2 vers la RN1 tandis que 1 150 empruntent la RD4.</td><td> 

En situation projet, les tronçons les plus chargés sont identiques à ceux en référence avec 2 900 véhicules vers le sud sur la RN1 et 3 500 vers le nord ainsi que respectivement 1 450 et 1 200 véhicules sur les RD2 et RD4. Jusqu'à 500 véhicules empruntent l'Axe Mixte dans le sens sud vers nord.</td></tr>
<tr><td>Occupation</td><td> 
</td><td> 
</td></tr>
<tr><td colspan="3">En situation projet, la création de l'Axe Mixte – secteur 1 permet de décharger légèrement la RN1 et diminue le taux d'occupation vers le nord ainsi que sur la RD4.</td></tr>
</table>

Différence de charges entre le scénario projet et référence



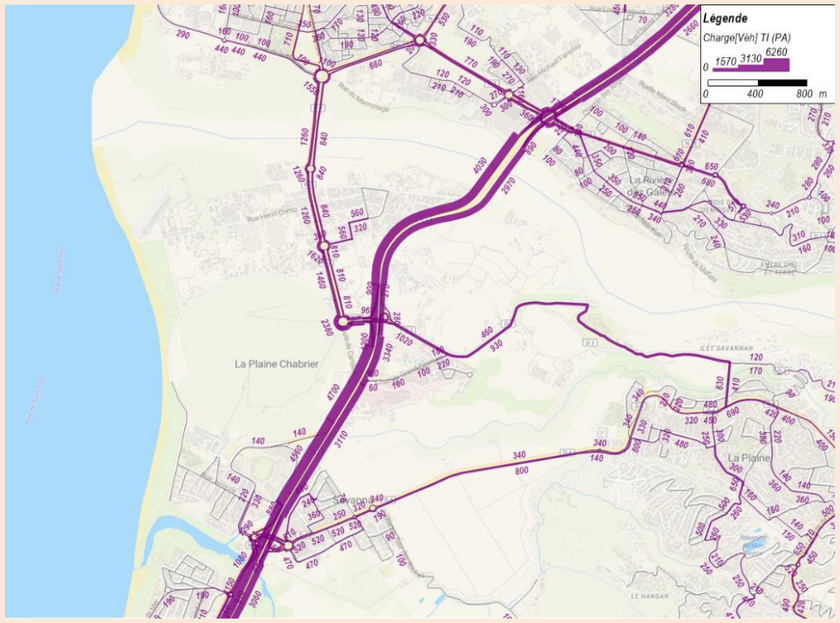
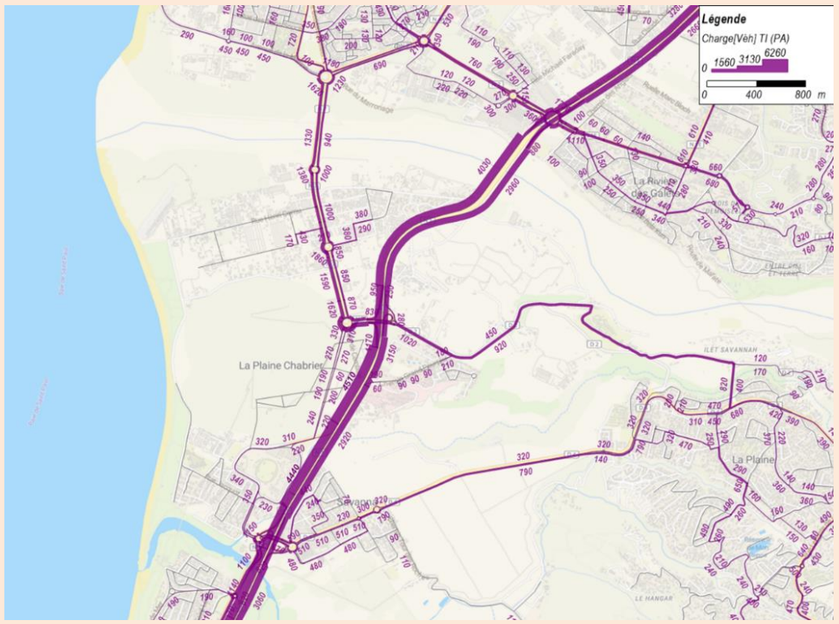
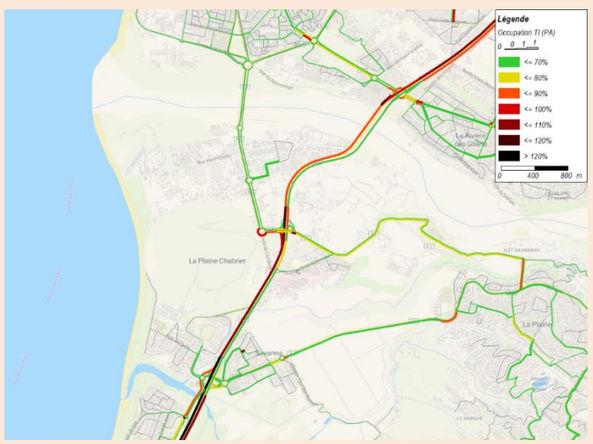
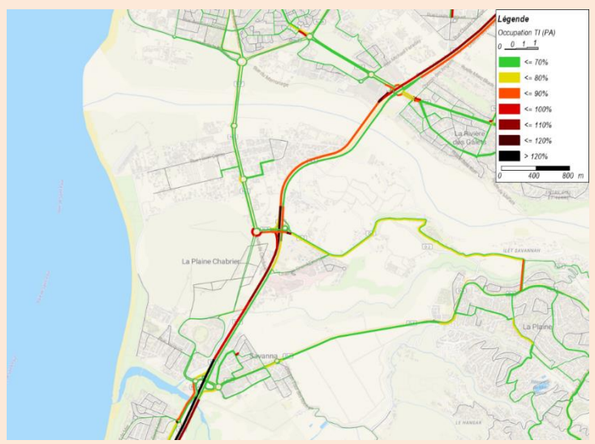
La carte des différences de trafic entre référence et projet indique un report de trafic d'environ 500 véhicules dans le sens sud vers nord depuis la RN1 vers l'Axe Mixte. Ce report est limité à la zone entre le nord de la Rivière des Galets et Savanna. Entre Savanna et Cambaie, l'Axe Mixte devrait accueillir entre 400 et 500 véhicules. Au niveau de la zone artisanale de Cambaie, on note des reports liés à la position différente des connecteurs entre le scénario de référence et le scénario projet.

Fig. 27. Cartes des charges, de l'occupation, des arborescences et de la différence de charge entre les scénarios référence et projet à l'heure de pointe du matin à l'horizon 2025

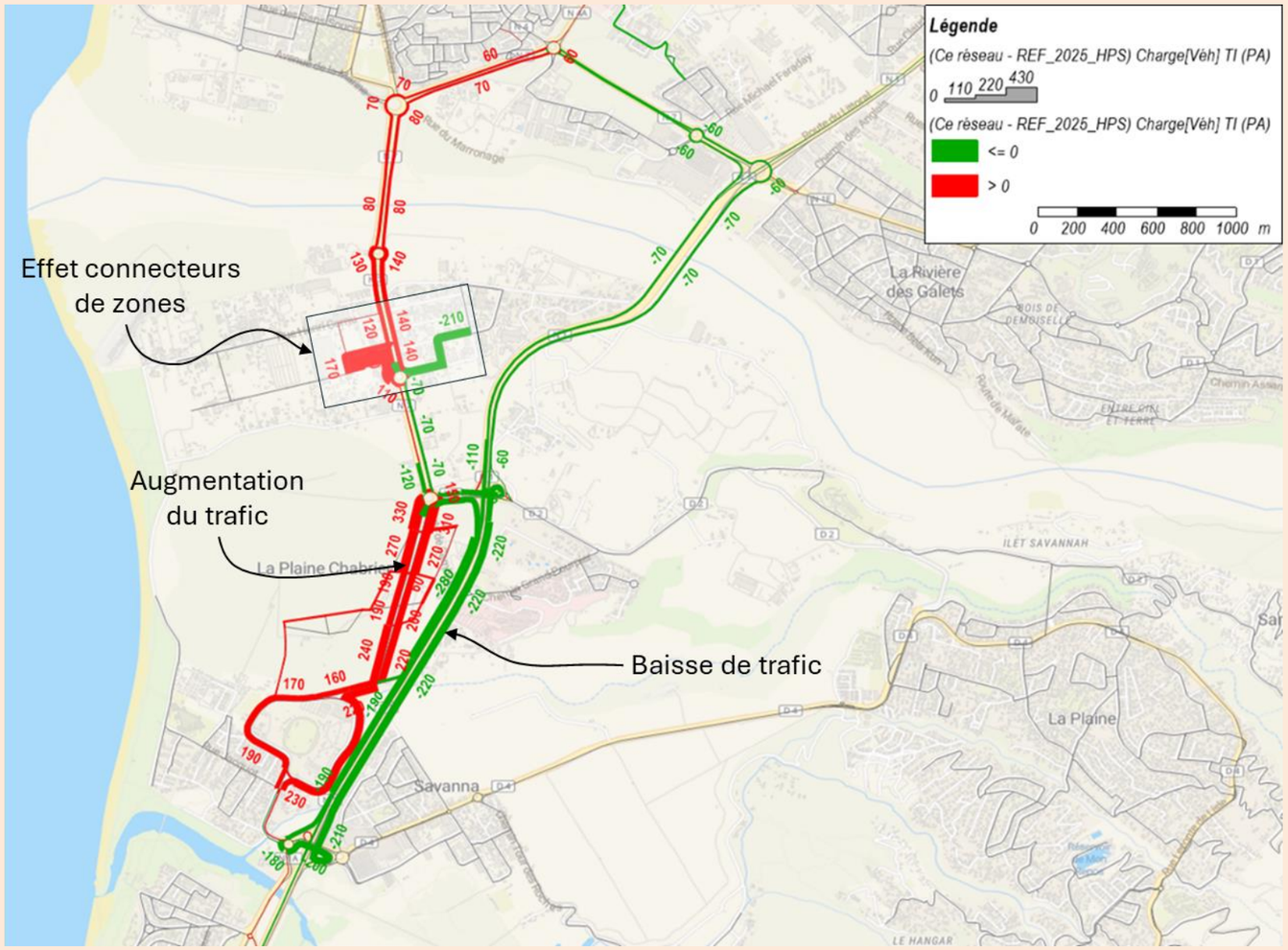
4.4.2. Heure de pointe du soir

Les cartes suivantes présentent à l'heure de pointe du soir :

- La charge du réseau routier ;
- Le taux d'occupation sur chaque tronçon ;
- La différence de charge entre scénario de référence et scénario projet, qui témoigne de l'impact direct du projet sur les conditions de circulation routière. Les cartes indiquent en vert les flux qui se reportent depuis une situation de référence sans Axe Mixte et Ecocité vers les flux en rouge avec Axe Mixte et Ecocité.

<table>
<tr><th></th><th>Référence</th><th>Projet</th></tr>
<tr><td rowspan="2">Charges</td><td> 
</td><td> 
</td></tr>
<tr><td>En situation de référence en heure de pointe du soir, la RN1 compte 4 700 véhicules vers le sud et 3 100 vers le nord. Sur la RN7, 1 400 véhicules se rendent vers la RN1 tandis que 800 véhicules se rendent vers la zone industrielle et le centre-ville du Port. Sur les RD2 et RD4, entre 800 et 900 véhicules se dirigent vers La Plaine.</td><td>En situation projet, les tronçons les plus chargés sont identiques à ceux en référence. Sur l'Axe Mixte, entre 200 et 300 véhicules circulent dans les deux sens de circulation en passant sur l'Avenue du Stade.</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Occupation</td><td> 
</td><td> 
</td></tr>
<tr><td colspan="2">En situation projet, les impacts de la création de l'Axe Mixte – secteur 1 sur l'occupation sont limités. On note une légère amélioration de l'occupation sur la RN1 en parallèle de l'Axe Mixte.</td></tr>
</table>

Différence de charges entre le scénario projet et référence



La carte des différences de trafic entre référence et projet indique un report de trafic d'environ 200 à 300 véhicules dans les deux sens depuis la RN1 vers l'Axe Mixte. Ce report est limité à la zone entre Cambaie et Savanna. Au nord de Cambaie, le report de trafic est d'environ 75 véhicules. Au niveau de la zone artisanale de Cambaie, on note des reports liés à la position différente des connecteurs entre le scénario de référence et le scénario projet.

Fig. 28. Cartes des charges, de l'occupation, des arborescences et de la différence de charge entre les scénarios référence et projet à l'heure de pointe du soir à l'horizon 2025

4.4.3. Synthèse

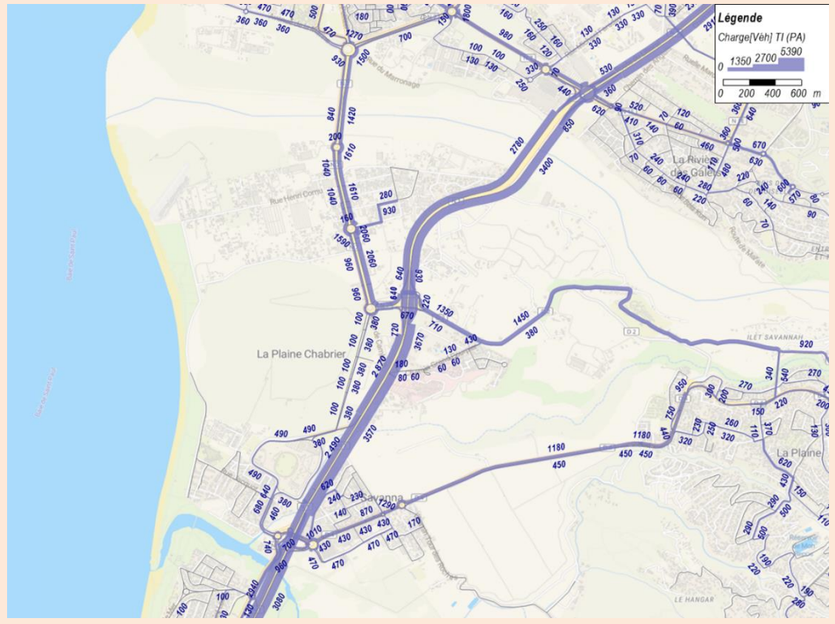
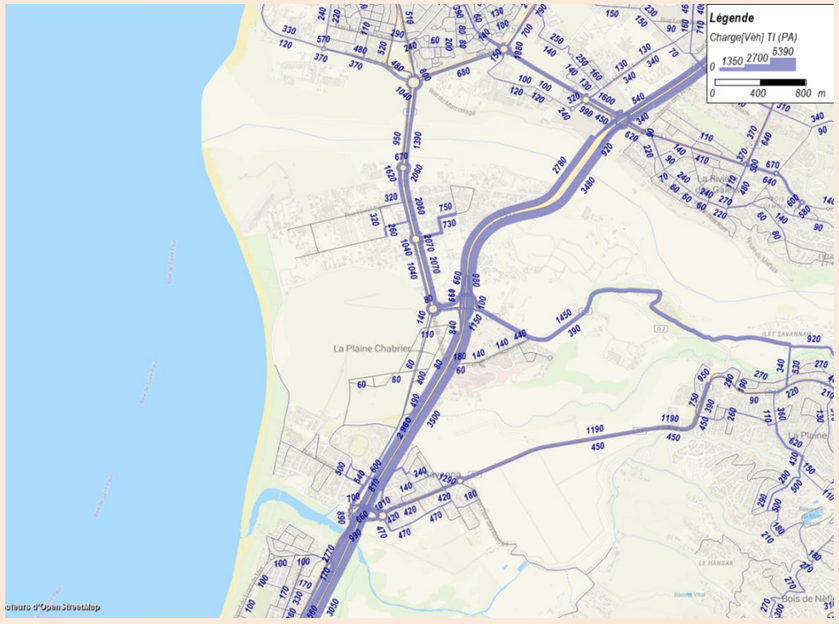
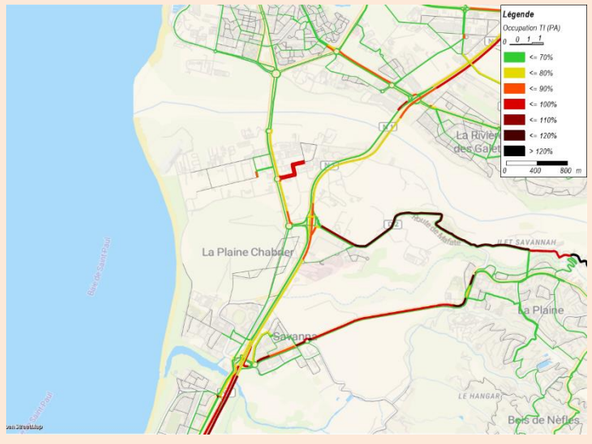
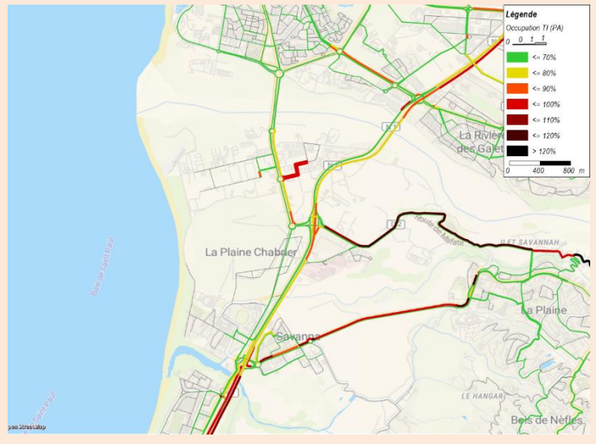
A l'horizon 2025, le projet de création de l'Axe Mixte a pour effet de reporter une part du trafic depuis la RN1 vers le nouvel aménagement. Si le matin, les reports concernent majoritairement l'axe sud vers nord, le soir, le report se fait dans les deux sens de circulation. Les modifications d'itinéraire entre la RN1 et l'Axe Mixte sont restreints à des échanges locaux en lien avec les zones artisanales de Cambaie et Savanna. On ne note pas d'itinéraire de shunt évitant la RN1 sur ce tronçon.

4.5. RESULTATS A L'HORIZON 2035

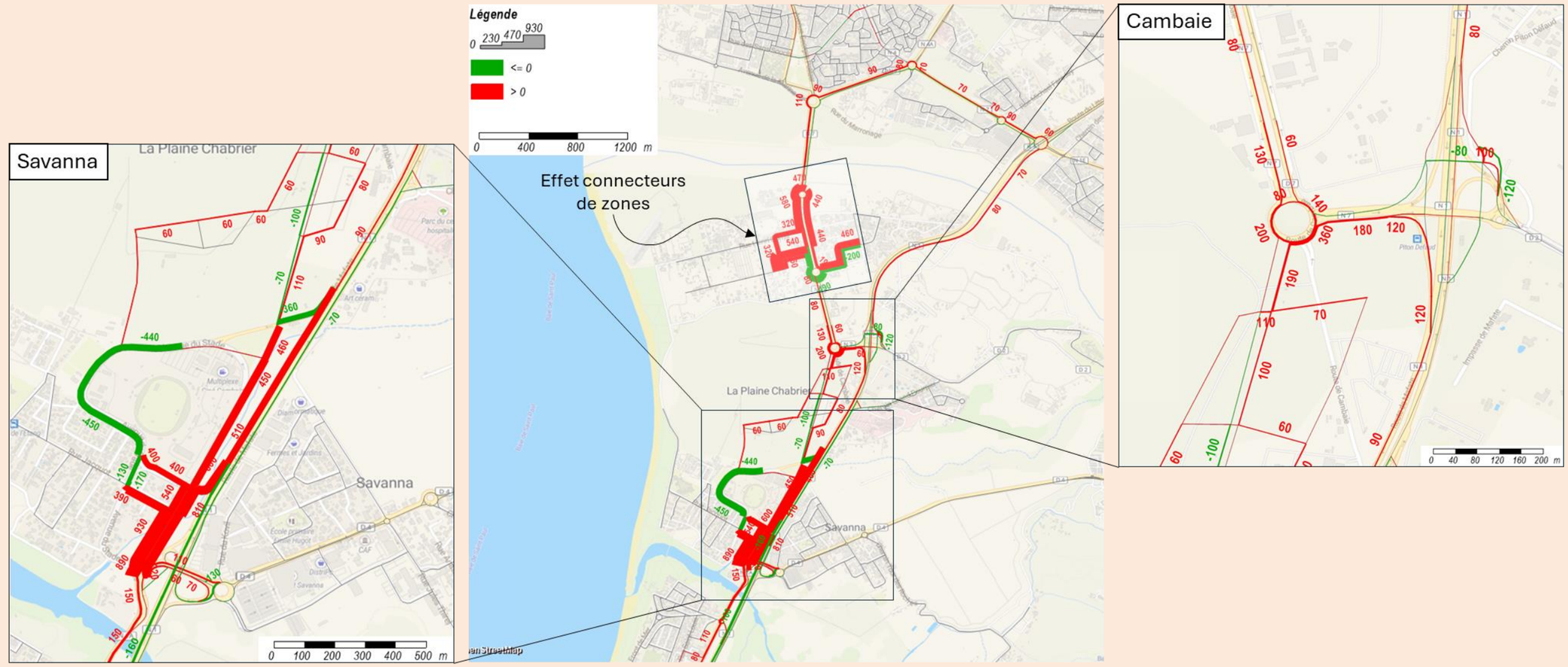
4.5.1. Heure de pointe du matin

Les cartes suivantes présentent à l'heure de pointe du matin :

- La charge du réseau routier ;
- Le taux d'occupation sur chaque tronçon ;
- La différence de charge entre scénario de référence et scénario projet, qui témoigne de l'impact direct du projet sur les conditions de circulation routière. Les cartes indiquent en vert les flux qui se reportent depuis une situation de référence sans Axe Mixte et Ecocité vers les flux en rouge avec Axe Mixte et Ecocité.

	Référence	Projet
Charges		
	A l'horizon 2035 en référence, la RN1 compte 2 800 véhicules vers le sud et 3 500 vers le nord. Sur la RN7, 1 000 véhicules se rendent vers la RN1 tandis que plus de 1 600 véhicules se rendent vers la zone artisanale et le centre-ville du Port. Sur les RD2 et RD4, plus de 1 200 à 1 400 véhicules se dirigent vers la RN1 depuis La Plaine. Environ 400 véhicules remontent l'Axe Mixte vers le nord, tandis que 100 descendent vers le sud.	En situation projet, les tronçons les plus chargés sont identiques à ceux en référence. Sur l'Axe Mixte, 400 véhicules empruntent la voirie du sud vers le nord. En revanche, la création de la sortie RN1 au sud de l'avenue du Stade, diminue l'attractivité de l'Axe Mixte sur l'itinéraire vers le sud.
Occupation		
	En situation projet, on ne note pas d'amélioration ou de dégradation de l'occupation sur le secteur.	

Différence de charges entre le scénario projet et référence



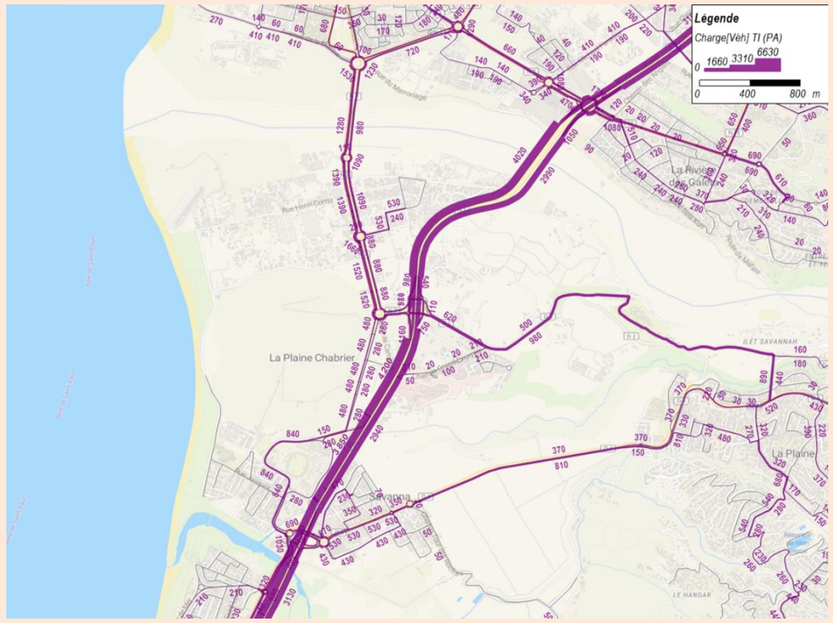
La carte des différences de trafic entre référence et projet indique globalement une hausse des trafics en situation projet liée à la création de la ZAC. Sur le secteur de Cambaie, on note un report de trafic d'environ 100 véhicules depuis l'Axe Mixte vers la RN1 dans le sens nord vers sud. Ce report est lié à la création d'une nouvelle sortie au sud au niveau de l'avenue du stade, améliorant les conditions de circulation en passant par l'axe structurant. Au niveau de Savanna, la hausse du trafic sur la RN1 vers le sud est de 500 véhicules tout comme sur l'Axe Mixte vers le nord. Au sud de Savanna depuis Saint-Paul, environ 150 véhicules se reportent de la RN1 sur la RN1A dans le sens nord vers sud. Les reports sont limités à la zone entre Saint-Paul au sud et au nord de la Rivière des Galets. Au niveau de la zone artisanale de Cambaie, on note des reports liés à la position différente des connecteurs entre le scénario de référence et le scénario projet.

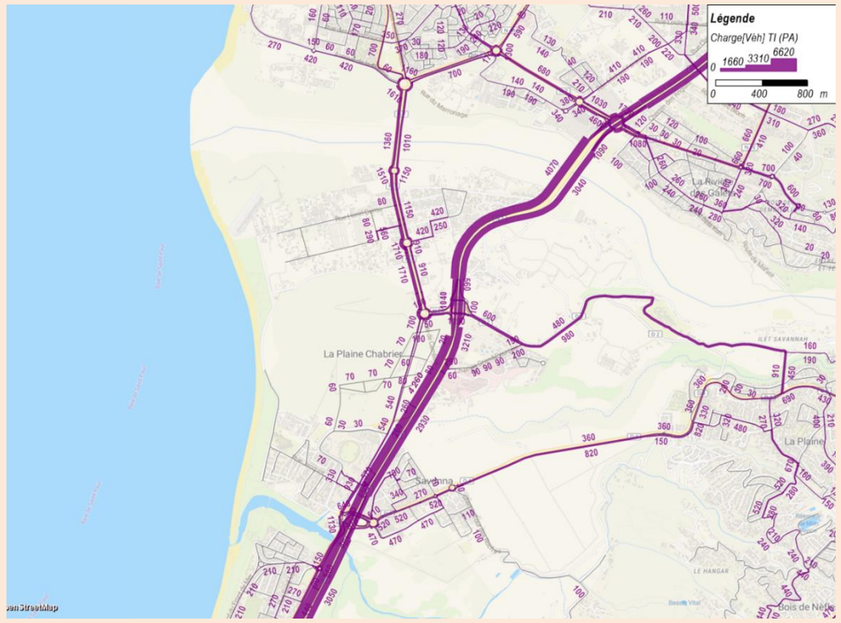
Fig. 29. Cartes des charges, de l'occupation, des arborescences et de la différence de charge entre les scénarios référence et projet à l'heure de pointe du matin à l'horizon 2035

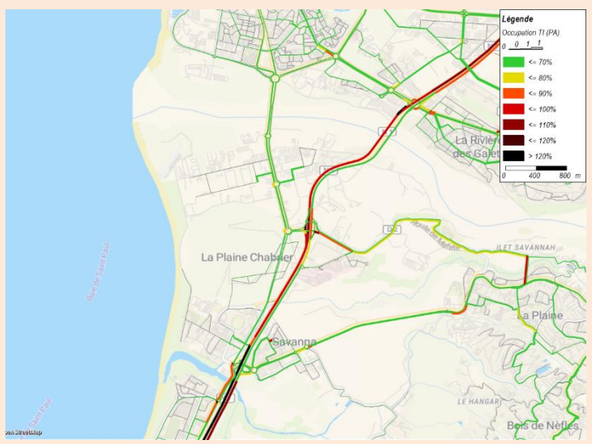
4.5.2. Heure de pointe du soir

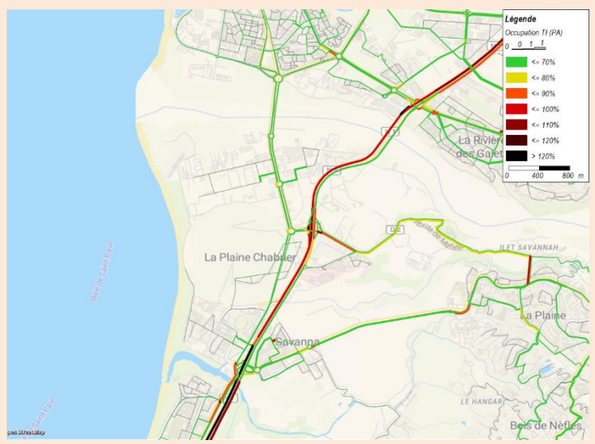
Les cartes suivantes présentent à l'heure de pointe du soir :

- La charge du réseau routier ;
- Le taux d'occupation sur chaque tronçon ;
- La différence de charge entre scénario de référence et scénario projet, qui témoigne de l'impact direct du projet sur les conditions de circulation routière. Les cartes indiquent en vert les flux qui se reportent depuis une situation de référence sans Axe Mixte et Ecocité vers les flux en rouge avec Axe Mixte et Ecocité.

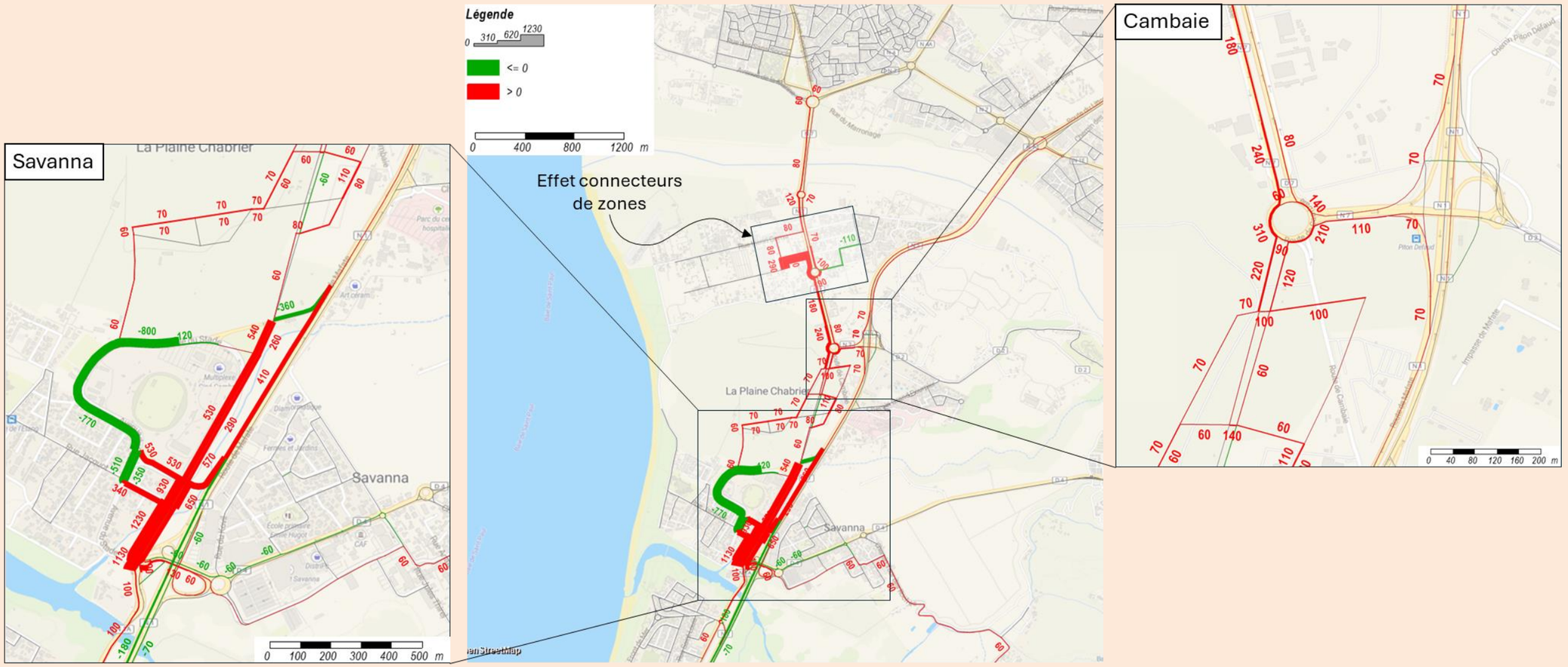
<table>
<tr><th></th><th>Référence</th><th>Projet</th></tr>
<tr><td>Charges</td><td> 

Le soir, la RN1 compte 4 200 véhicules vers le sud et 3 000 vers le nord. Sur la RN7, 1 500 véhicules se rendent vers la RN1 tandis que 900 véhicules se rendent vers la zone industrielle et le centre-ville du Port. Sur les RD2 et RD4, entre 800 et 900 véhicules se dirigent vers La Plaine. Sur l'Axe Mixte, 300 véhicules remontent vers le nord contre 500 descendent vers le sud.</td><td> 

En situation projet, les tronçons les plus chargés sont identiques à ceux en référence. Sur l'Axe Mixte, 250 véhicules circulent vers le nord contre 550 vers le sud.</td></tr>
<tr><td>Occupation</td><td> 

En situation projet, on ne note pas d'amélioration ou de dégradation de l'occupation sur le secteur.</td><td> 
</td></tr>
</table>

Différence de charges entre le scénario projet et référence



La carte des différences de trafic entre référence et projet indique globalement une hausse des trafics en situation projet liée à la création de la ZAC. Sur le secteur de Cambaie, on note une hausse de trafic d'environ 70 véhicules sur la RN1 dans le sens nord vers sud. Sur la RN7, la ZAC augmente le trafic de 200 véhicules vers le sud. Sur la RN1, les véhicules se rendant à Savanna et Saint-Paul ne sortent plus au nord de l'avenue du sud mais par la nouvelle sortie au sud. Sur l'Axe Mixte – secteur 2, 300 véhicules se dirigent vers le nord contre plus de 500 vers le sud. Au niveau de Savanna, on note une baisse du trafic sur la RN1 de 70 véhicules vers le nord et de 180 véhicules vers le sud. Les reports sont limités à la zone entre Saint-Paul au sud et au nord de la Rivière des Galets. Au niveau de la zone artisanale de Cambaie, on note des reports liés à la position différente des connecteurs entre le scénario de référence et le scénario projet.

Fig. 30. Cartes des charges, de l'occupation, des arborescences et de la différence de charge entre les scénarios référence et projet à l'heure de pointe du soir à l'horizon 2035

4.5.3. Synthèse

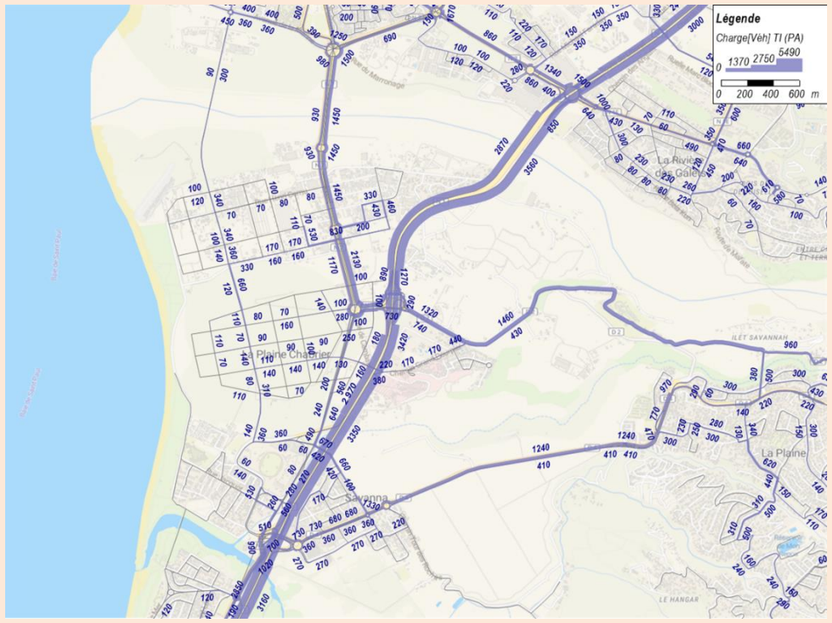
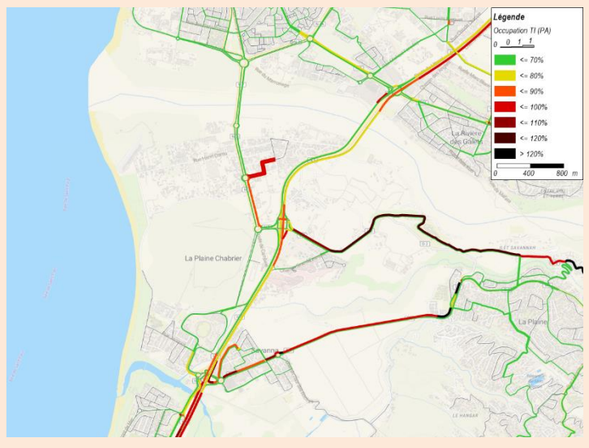
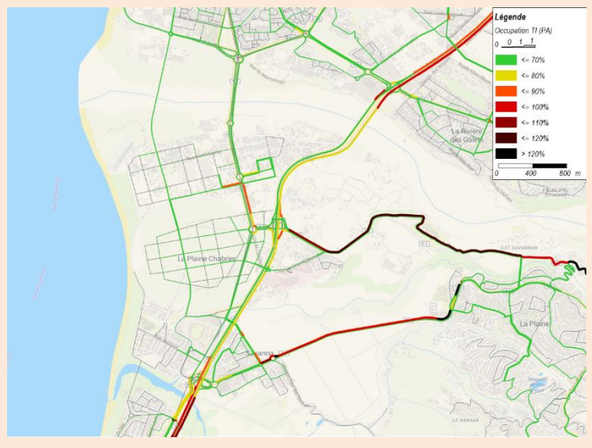
A l'horizon 2035, le projet de création de l'Axe Mixte et de l'Ecocité a pour effet d'augmenter les trafics sur le périmètre d'étude. La création d'une nouvelle sortie au sud de l'avenue du Stade rend l'utilisation de la RN1 plus attractive que le passage par l'Axe Mixte. Les modifications d'itinéraire entre la RN1 et l'Axe Mixte sont restreints à des échanges locaux en lien avec les zones artisanales de Cambaie et Savanna. On ne note pas d'itinéraire de shunt évitant la RN1 sur ce tronçon.

4.6. RESULTATS A L'HORIZON 2045

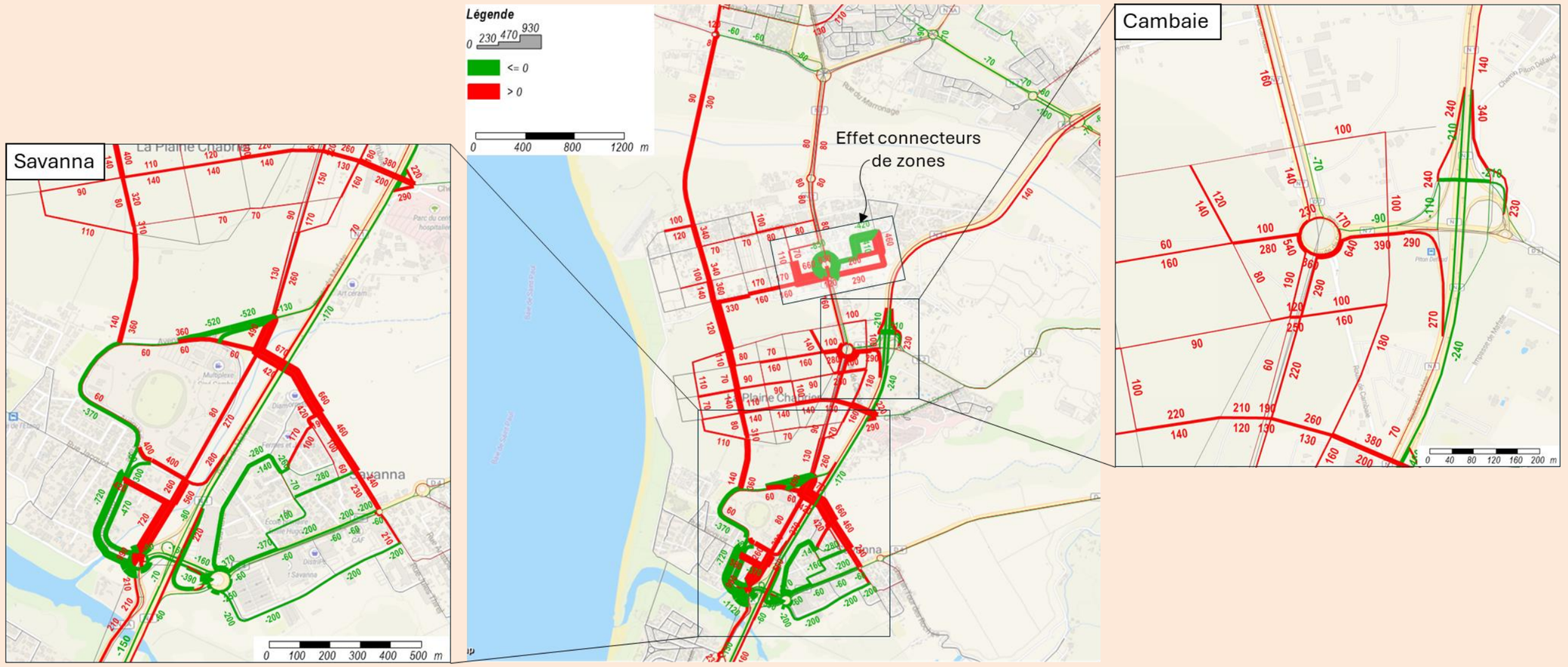
4.6.1. Heure de pointe du matin

Les cartes suivantes présentent à l'heure de pointe du matin :

- La charge du réseau routier ;
- Le taux d'occupation sur chaque tronçon ;
- La différence de charge entre scénario de référence et scénario projet, qui témoigne de l'impact direct du projet sur les conditions de circulation routière. Les cartes indiquent en vert les flux qui se reportent depuis une situation de référence sans Axe Mixte et Ecocité vers les flux en rouge avec Axe Mixte et Ecocité.

	Référence	Projet
Charges		
	A l'horizon 2045 en référence, 2 900 véhicules empruntent la RN1 vers le sud contre 3 500 vers le nord. Sur la RN7, 1 000 véhicules se rendent vers la RN1 tandis que 2 000 véhicules se rendent vers la zone artisanale et le centre-ville du Port. Sur les RD2 et RD4, plus de 1 200 à 1 500 véhicules se dirigent vers la RN1 depuis La Plaine et environ 400 véhicules remontent l'Axe Mixte vers le nord contre 100 descendant vers le sud.	En situation projet, les tronçons les plus chargés sont identiques à ceux en référence. Sur l'Axe Mixte, plus de 250 véhicules circulent vers le sud contre 650 vers le nord. Sur l'axe parallèle à l'ouest à travers l'Ecocité, les trafics sont d'environ 400 à 600 véhicules vers le nord pour 150 véhicules vers le sud.
Occupation		
	En situation projet, la création de l'Axe Mixte et de l'Ecocité augmente les voiries empruntables. L'occupation de certaines voiries est améliorée. On note une légère amélioration de l'occupation sur la RN1 au niveau de l'échangeur de Cambaie et sur la RD4 à proximité de l'échangeur de Savanna. En revanche, au sud de Savanna, l'occupation de la RN1 est légèrement plus importante qu'en référence.	

Différence de charges entre le scénario projet et référence



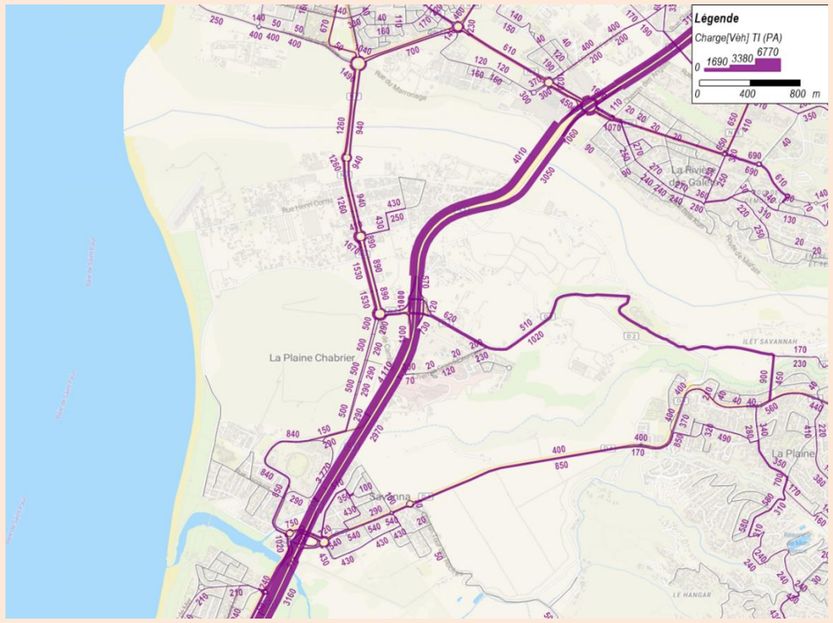
La carte des différences de trafic entre référence et projet indique globalement une hausse des trafics en situation projet liée à la création de la ZAC. Sur la zone de l'Ecocité, les trafics en rouge correspondent au trafic du réseau, les voiries n'existant pas dans le scénario de référence. Sur l'Axe Mixte, on note une hausse de 150 à 250 véhicules vers le nord et de 150 vers le sud. Sur la RN1, on note une légère hausse des trafics vers le sud, en plus du report des véhicules de la bretelle de sortie au nord de l'avenue du Stade vers la nouvelle plus au sud. Dans le sens inverse, ce sont 170 à 250 véhicules qui se reportent de la RN1 vers l'Axe Mixte grâce notamment au nouvel ouvrage Savanna. Au sud de Savanna depuis Saint-Paul, environ 150 véhicules se reportent de la RN1 sur la RN1A dans le sens nord vers sud. Le franchissement PSO compte 380 véhicules dans le sens est vers ouest et 200 véhicules vers l'est tandis que celui de Savanna accueille 670 véhicules vers l'ouest contre 420 dans le sens inverse. Les impacts de ces franchissements sont approfondis dans la partie suivante. Les reports sont limités à la zone entre le centre-ville de Saint-Paul au sud et au nord de la Rivière des Galets. Au niveau de la zone artisanale de Cambaie, on note des reports liés à la position différente des connecteurs entre le scénario de référence et le scénario projet.

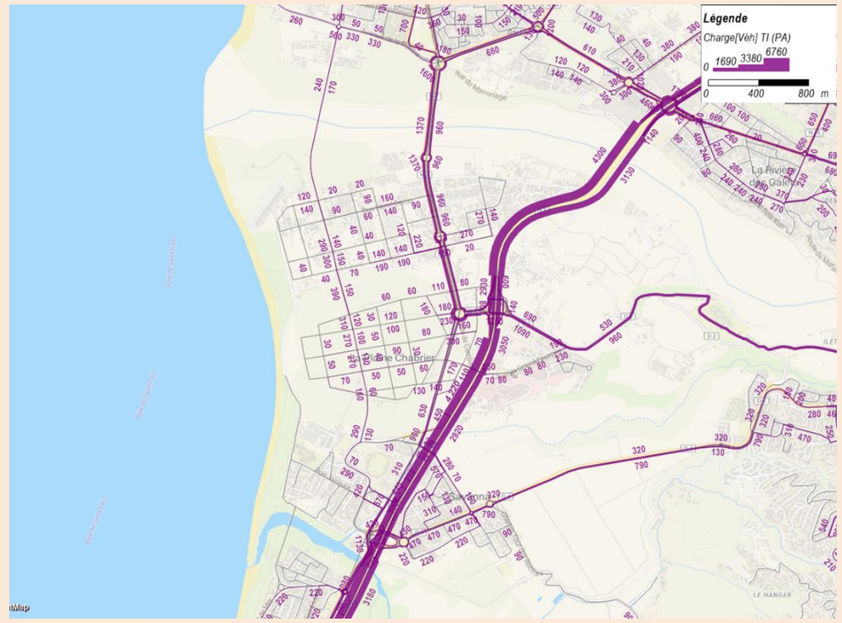
Fig. 31. Cartes des charges, de l'occupation, des arborescences et de la différence de charge entre les scénarios référence et projet à l'heure de pointe du matin à l'horizon 2045

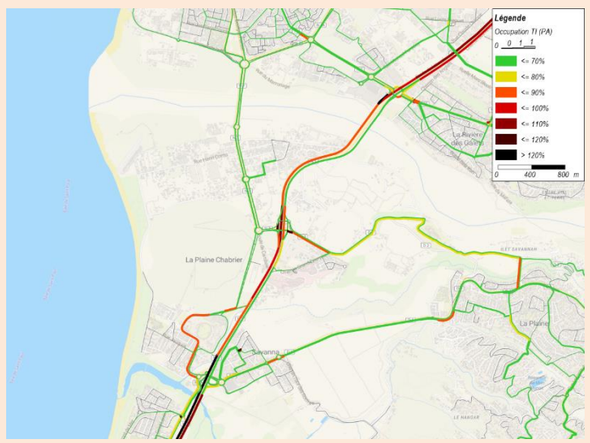
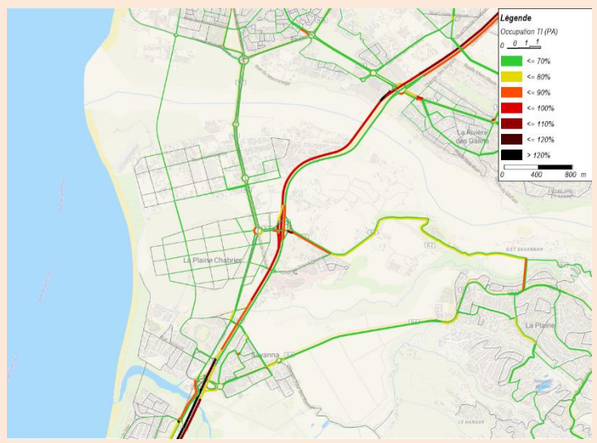
4.6.2. Heure de pointe du soir

Les cartes suivantes présentent à l'heure de pointe du soir :

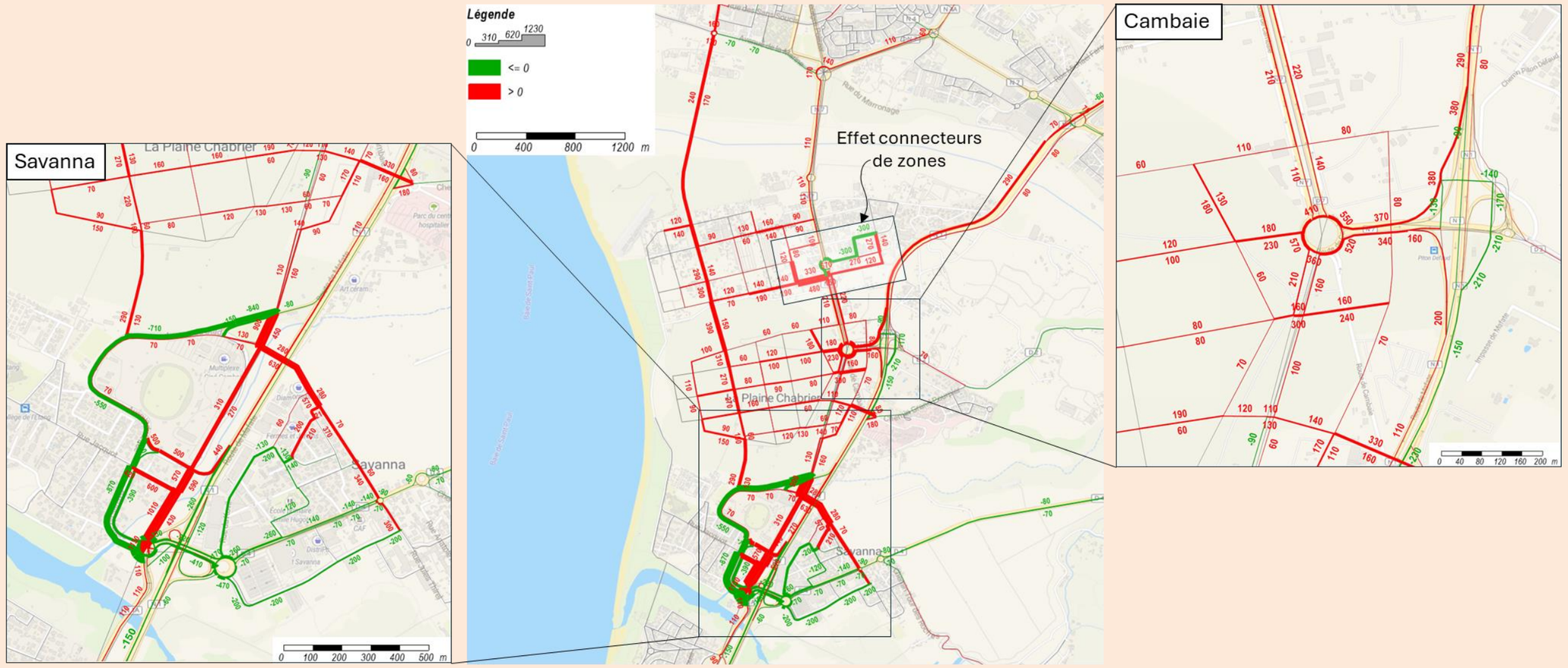
- La charge du réseau routier ;
- Le taux d'occupation sur chaque tronçon ;
- La différence de charge entre scénario de référence et scénario projet, qui témoigne de l'impact direct du projet sur les conditions de circulation routière. Les cartes indiquent en vert les flux qui se reportent depuis une situation de référence sans Axe Mixte et Ecocité vers les flux en rouge avec Axe Mixte et Ecocité.

<table>
<tr><th></th><th>Référence</th><th>Projet</th></tr>
<tr><td>Charges</td><td> 

Le soir, la RN1 compte 4 100 véhicules vers le sud et 3 000 vers le nord. Sur la RN7, 1 500 véhicules se rendent vers la RN1 tandis que 900 véhicules se rendent vers la zone industrielle et le centre-ville du Port. Sur les RD2 et RD4, entre 800 et 1 000 véhicules se dirigent vers La Plaine. Sur l'Axe Mixte, 300 véhicules remontent vers le nord contre 500 descendent vers le sud.</td><td> 

En situation projet, au nord de l'échangeur de Cambaie, 4 300 véhicules se dirigent vers le sud sur la RN1 contre 3 100 véhicules dans le sens inverse. Sur l'Axe Mixte, plus de 600 véhicules circulent vers le sud contre 400 vers le nord. Sur l'axe parallèle à l'ouest à travers l'Ecocité, les trafics sont d'environ 150 véhicules vers le nord pour 300 à 400 véhicules vers le sud.</td></tr>
<tr><td>Occupation</td><td> 
</td><td> 
</td></tr>
<tr><td colspan="3">En situation projet, la création de l'Axe Mixte et de l'Ecocité augmente les voiries empruntables. L'occupation de certaines voiries est améliorée. On note une amélioration de l'occupation sur l'avenue du stade. En revanche, au sud de Savanna, l'occupation de la RN1A vers le sud est légèrement plus importante qu'en référence tout comme sur la RN1 au nord de Cambaie vers le sud.</td></tr>
</table>

Différence de charges entre le scénario projet et référence



La carte des différences de trafic entre référence et projet indique globalement une hausse des trafics en situation projet liée à la création de la ZAC. Sur la zone de l'Ecocité, les trafics en rouge correspondent au trafic du réseau, les voiries n'existant pas dans le scénario de référence. Sur l'Axe Mixte, on note une hausse de 150 à 300 véhicules dans les deux sens de circulation. Sur la RN1, on note une hausse des trafics vers le sud de 100 véhicules, en plus du report des véhicules de la bretelle de sortie au nord de l'avenue du Stade vers la nouvelle plus au sud. Au sud de Savanna depuis Saint-Paul, entre 100 et 150 véhicules se reportent de la RN1 sur la RN1A dans le sens nord vers sud. Le franchissement PSO compte 330 véhicules vers l'ouest contre 160 vers l'est tandis que celui de Savanna accueille 280 véhicules vers l'ouest contre 630 dans le sens inverse. Les impacts de ces franchissements sont approfondis dans la partie suivante. Les reports sont limités à la zone entre Saint-Paul au sud et au nord de la Rivière des Galets. Au niveau de la zone artisanale de Cambaie, on note des reports liés à la position différente des connecteurs entre le scénario de référence et le scénario projet.

Fig. 32. Cartes des charges, de l'occupation, des arborescences et de la différence de charge entre les scénarios référence et projet à l'heure de pointe du soir à l'horizon 2045

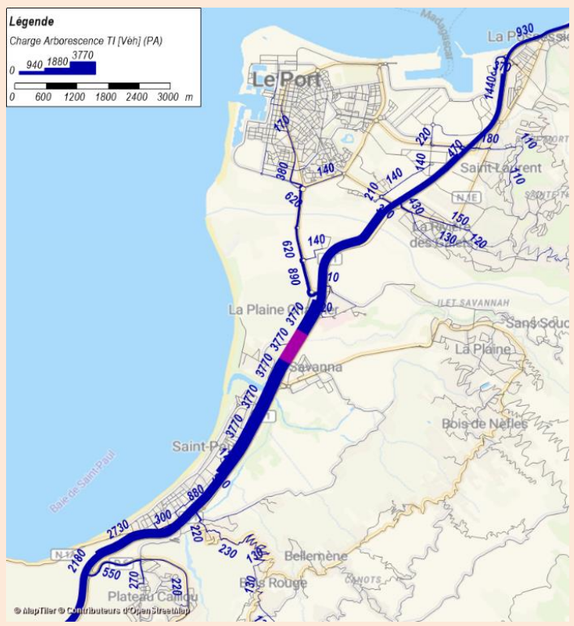
4.6.3. Synthèse

A l'horizon 2045, les trafics sur le périmètre sont grandement modifiés par la création de l'Axe Mixte, de l'Ecocité et des deux franchissements. Cela a notamment pour effet d'augmenter les trafics sur le périmètre d'étude. On ne note pas d'itinéraire de shunt évitant la RN1 sur ce tronçon. L'actuelle zone artisanale de Savanna voit ses trafics diminués avec des reports de l'avenue du Stade vers l'Axe Mixte.

4.6.4. Typologie du trafic

L'analyse ci-après identifie la manière dont la RN1 est utilisée. Des arborescences sur le point le plus critique de la RN1 sont produites (entre les échangeurs de Cambaie et Savanna). A partir de ces arborescences est calculé la répartition des usagers utilisant la RN1 :

- Pour des déplacements de transit, sans relation avec le cœur d'agglomération (exemple : transit nord – sud) ;
- Pour des déplacements en interne aux bas (exemple : du centre-ville de Saint-Paul à celui de la Possession) ;
- Pour des déplacements d'échange entre les bas et un autre secteur (exemple : des hauts vers les bas).

		Référence	Projet
Arborescence RN1 Nord vers Sud	HPM		
	HPS		

Arborescence RN1 Sud vers Nord	HPM		
	HPS		

Les arborescences ci-dessus indiquent des baisses de trafics sur la RN1. Cela montre l'effet positif de l'axe mixte qui reprend le rôle de desserte locale et soulage la RN1 d'une partie de ce trafic. La faible baisse du volume d'usagers en transit souligne que la RN1 reste pertinente pour ce type de trajet.

4.7. TESTS AVEC OU SANS FRANCHISSEMENTS A L'HORIZON 2045

4.7.1. Franchissement PSO

Les cartes suivantes présentent aux heures de pointe :

- La différence de charge entre scénario projet avec et sans franchissement PSO. Les cartes indiquent en vert les flux qui se reportent depuis une situation sans franchissement PSO vers les flux en rouge avec ouvrage PSO.

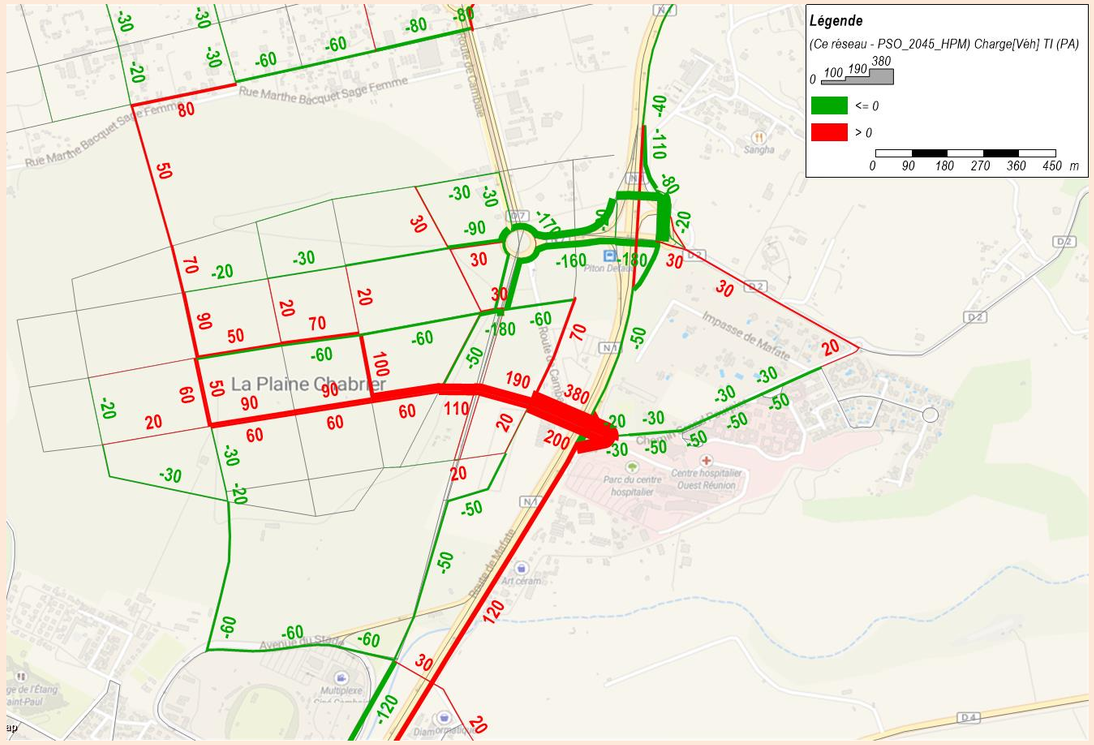
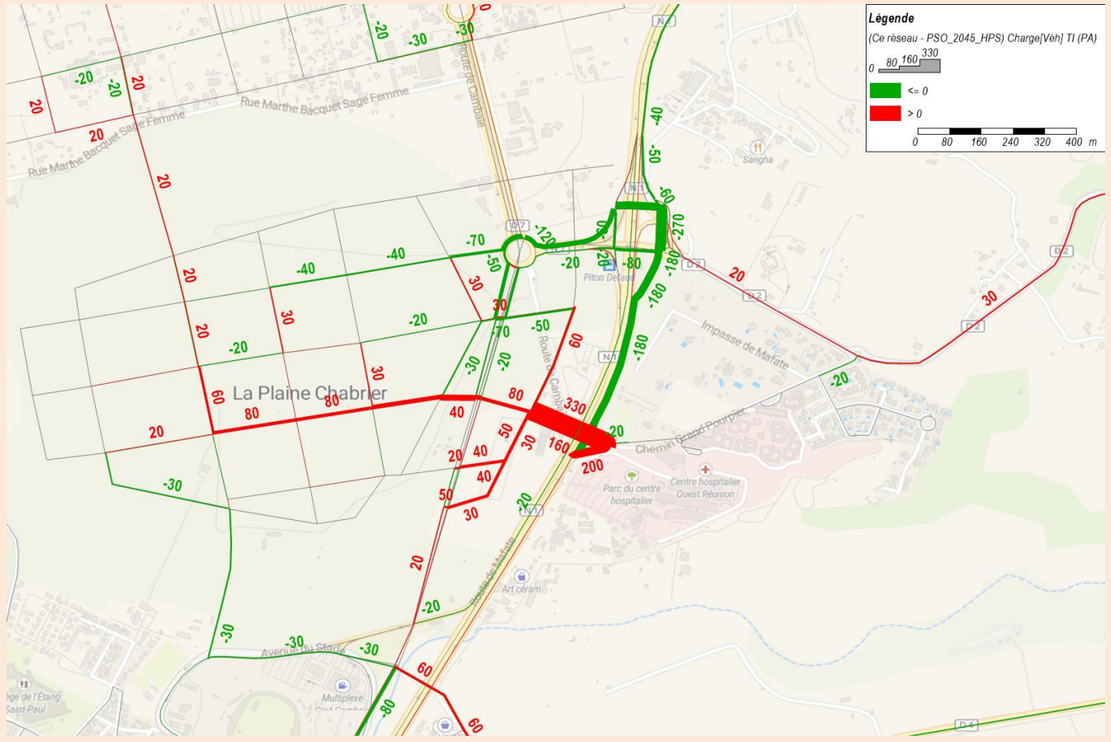
Heure de pointe du matin	Heure de pointe du soir
	
A l'heure de pointe du matin, la création du franchissement PSO permet un accès direct à l'Ecocité depuis la RN1 Sud. Environ 120 véhicules qui auraient emprunté l'Axe Mixte resteraient sur la RN1 jusqu'au giratoire du CHOR vers le nouveau franchissement. Le principal impact de ce franchissement se situe au niveau de l'échangeur de Cambaie avec des réductions d'environ 160-170 véhicules dans les deux sens de circulation sur les différentes bretelles.	A l'heure de pointe du soir, l'impact principal se situe au niveau de l'échangeur de Cambaie avec une baisse de 180 véhicules depuis la RN1 vers l'Ecocité.

Fig. 33. Cartes des différence de charge entre les scénarios avec et sans franchissement PSO aux heures de pointe à l'horizon 2045

4.7.1.1. SYNTHESE

La création de l'ouvrage de franchissement PSO a un impact restreint sur les circulations. L'utilisation principale du franchissement se fait dans le sens est vers ouest. L'ouvrage permet d'offrir un accès direct à l'Ecocité depuis la RN1 Sud. Cela permet ainsi une réduction des trafics au niveau de l'échangeur de Cambaie.

4.7.2. Franchissement Savanna

Les cartes suivantes présentent aux heures de pointe :

- La différence de charge entre scénario projet avec et sans franchissement Savanna. Les cartes indiquent en vert les flux qui se reportent depuis une situation sans franchissement Savanna vers les flux en rouge avec ouvrage Savanna.

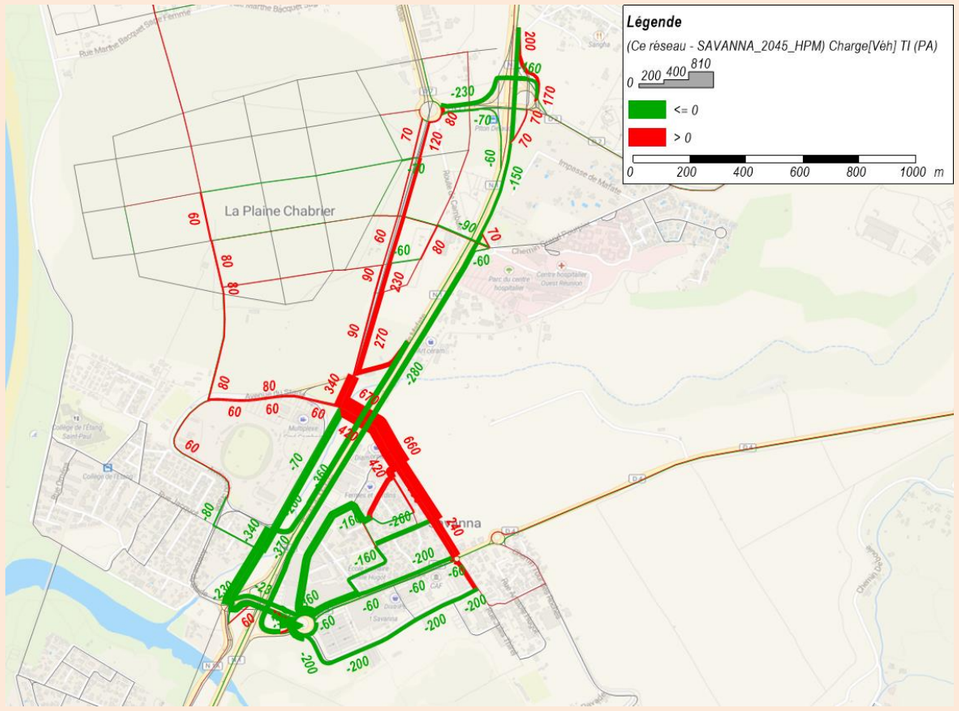
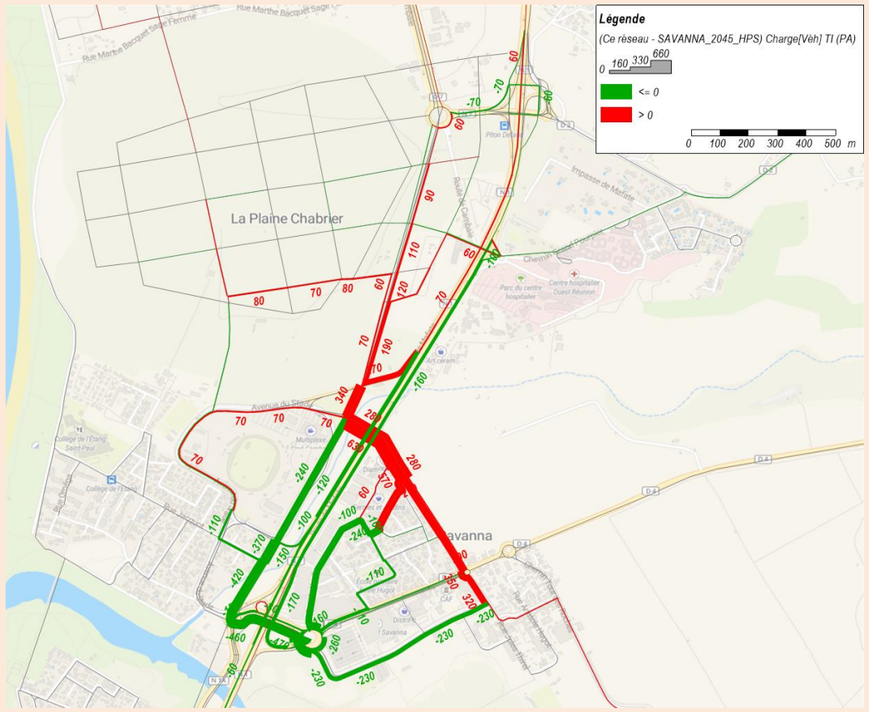
Heure de pointe du matin	Heure de pointe du soir
	
La création de l'ouvrage de franchissement Savanna permet de réduire les trafics sur la RN1, les échangeurs Savanna et Cambaie. A l'heure de pointe du matin, on note une baisse de 250 véhicules sur la RN1 dans les deux sens de circulation. Le franchissement ajoute du trafic sur l'Axe Mixte – secteur 1 avec 250 véhicules vers le nord et 100 vers le sud. A l'inverse, il diminue le trafic sur l'Axe Mixte – secteur 2. Au niveau de l'échangeur de Savanna, ce sont entre 200 et 400 véhicules en moins selon les tronçons.	A l'heure de pointe du soir, la réduction sur la RN1 est de 160 véhicules vers le nord. Le franchissement ajoute 100 à 200 véhicules vers le nord sur le secteur 1 de l'Axe Mixte ainsi qu'une baisse du trafic de 150 à 400 véhicules sur le secteur 2.

Fig. 34. Cartes des différence de charge entre les scénarios avec et sans franchissement Savanna aux heures de pointe à l'horizon 2045

4.7.2.1. SYNTHESE

La création du franchissement Savanna permet une réduction des trafics au niveau de l'échangeur Savanna et dans une moindre mesure de celui de Cambaie. Les itinéraires deviennent plus directs entre La Plaine vers l'Ecocité et le centre-ville de Saint-Paul en évitant les deux échangeurs.

4.7.3. Franchissement PSO et Savanna

Les cartes suivantes présentent aux heures de pointe :

- La différence de charge entre scénario projet avec et sans franchissement PSO et Savanna. Les cartes indiquent en vert les flux qui se reportent depuis une situation sans franchissement PSO ni Savanna vers les flux en rouge avec ouvrage PSO et Savanna.

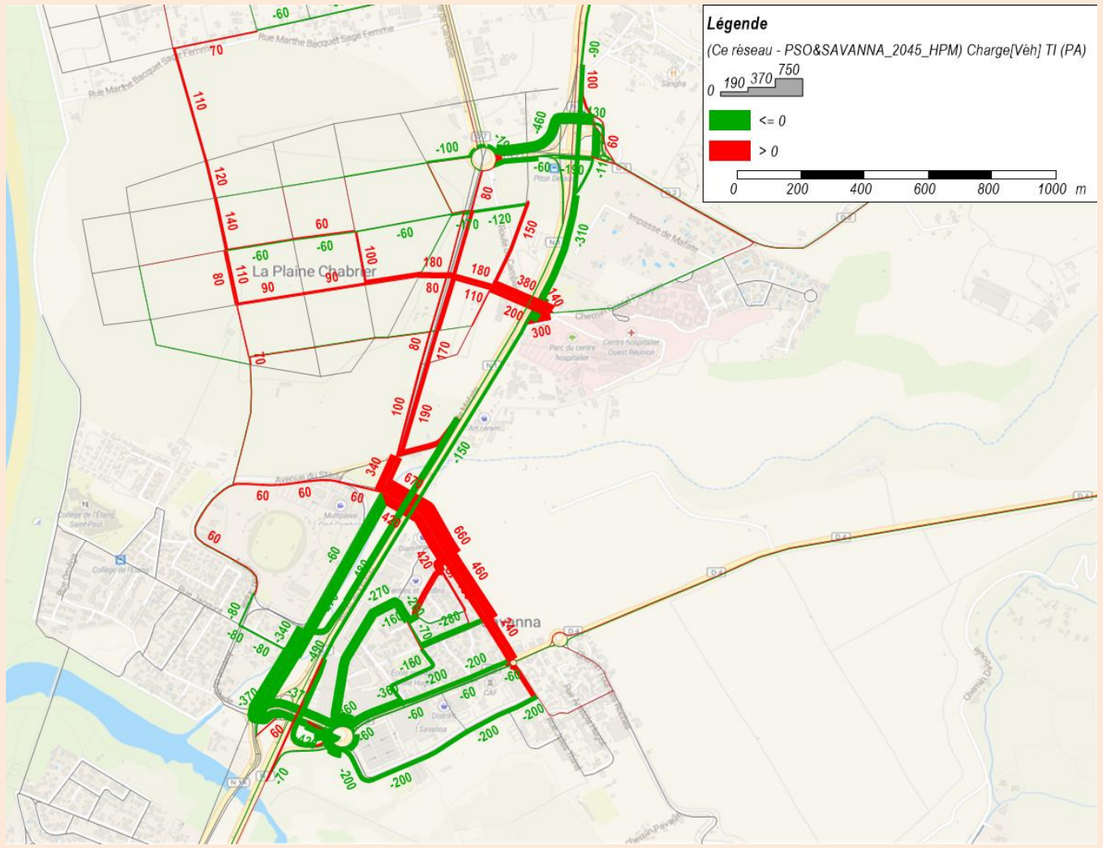
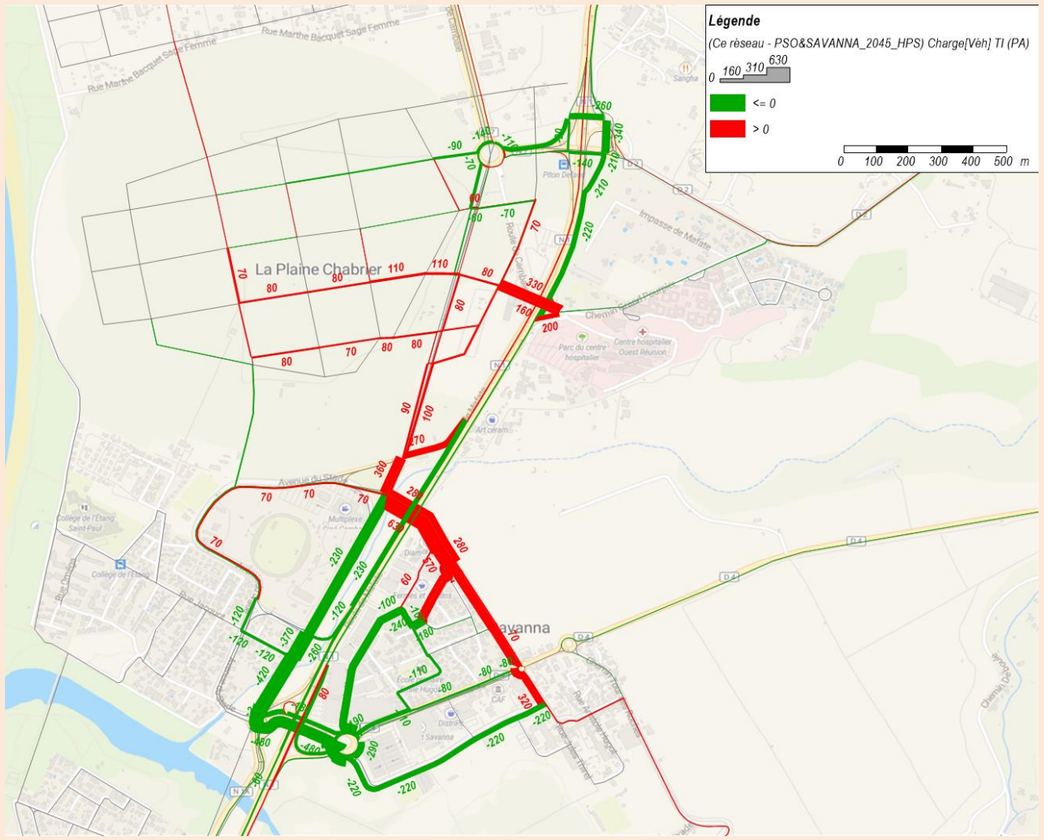
Heure de pointe du matin	Heure de pointe du soir
	
La création de l'ouvrage de franchissement Savanna permet de réduire les trafics sur la RN1, les échangeurs Savanna et Cambaie. A l'heure de pointe du matin, on note une baisse de 250 véhicules sur la RN1 dans les deux sens de circulation. Le franchissement ajoute du trafic sur l'Axe Mixte – secteur 1 avec 250 véhicules vers le nord et 100 vers le sud. A l'inverse, il diminue le trafic sur l'Axe Mixte – secteur 2. Au niveau de l'échangeur de Savanna, ce sont entre 200 et 400 véhicules en moins selon les tronçons.	A l'heure de pointe du soir, la réduction sur la RN1 est de 160 véhicules vers le nord. Le franchissement ajoute 100 à 200 véhicules vers le nord sur le secteur 1 de l'Axe Mixte ainsi qu'une baisse du trafic de 150 à 400 véhicules sur le secteur 2.

Fig. 35. Cartes des différence de charge entre les scénarios avec et sans franchissement PSO et Savanna aux heures de pointe à l'horizon 2045

4.7.3.1. SYNTHESE

La création des franchissements PSO et Savanna permettent une réduction des trafics au niveau des échangeurs Savanna et Cambaie. Les itinéraires deviennent plus directs vers l'Ecocité et le centre-ville de Saint-Paul en évitant les deux échangeurs.

5. SYNTHESE

A partir de 2045, le scénario projet intègre l'ensemble de la programmation du projet Ecocité et confirme la pertinence des aménagements associés au programme urbain pour garantir une diminution de la pression sur l'usage de la voiture, malgré une forte croissance des déplacements globaux.
La création de l'Axe Mixte avec des fréquences plus importantes des transports en commun permet d'absorber la croissance des déplacements engendrés par la densification du cœur d'agglomération.

Au-delà de fluidifier la circulation automobile, le projet permet surtout de limiter l'augmentation des congestions. Par rapport au scénario de référence, le taux d'occupation moyen des tronçons diminue, en particulier le soir, où la congestion est particulièrement forte.
Les franchissements de la RN1 prennent tout leur sens en 2045, en particulier pour desservir la plaine de Cambaie, devenue extrêmement dense. Couplés à l'Axe Mixte, ils soulagent la RN1 et ces échangeurs d'un trafic devenu trop important pour les infrastructures actuelles.

ANNEXE 4 Modélisation Air réalisée sur le modèle trafic sans franchissement PSO et Savannah

Prolongement de l’axe mixte

Étude air et santé

NOTE TECHNIQUE

ARTELIA / JUILLET 2025 / 8503024

Prolongement de l'axe mixte

Étude air et santé

Note technique

V0	Juillet 2025	G. CORBIN	E. REY		Note technique complémentaire à l'étude réalisée en mars 2023 à la suite des nouvelles hypothèses trafics
INDICE	**DATE DE REVISION**	**REDACTEUR***	**VERIFICATEUR***	**APPROBATEUR- (SI EXIGENCE)**	**DESCRIPTION DES MODIFICATIONS**

*Les trigrammes sont interdits

SOMMAIRE

1. INTRODUCTION 4
2. RAPPEL DES VALEURS REPÈRES POUR LES POLLUANTS ÉTUDIÉS 5
   2.1. Réglementation française 5
   2.2. Lignes directrices de l'OMS 6
3. MODÉLISATION DES CONCENTRATIONS EN POLLUANTS 7
   3.1. Hypotheses de modelisation 7
   3.1.1. Hypothèses générales de la modélisation 7
   3.1.2. Définition des émissions en polluants 7
   3.1.3. Emissions polluantes 8
   3.2. Résultats des Modélisations horizon 2045 8
4. ÉVALUATION DE L'INDICE D'EXPOSITION DE LA POPULATION À LA POLLUTION 13
   4.1. Méthodologie 13
   4.2. Resultats 15
5. CONCLUSION 17

TABLEAUX

Tableau 1 Seuils relatifs au NO_2 et aux PM_{10} 5
Tableau 2 Normes de qualité de l'air devant être atteintes au plus tard le 1er janvier 2030 pour les PM_{10} et le NO_2 5
Tableau 3 Niveaux de qualité de l'air recommandés et cibles intermédiaires - Lignes directrices de l'OMS, septembre 2021 pour les PM_{10} et le NO_2 6
Tableau 4 Comparaison du kilométrage parcourus (km.véh) sur le réseau d'étude entre l'étude réalisé en 2023 et la présente note technique 7
Tableau 5 Emissions globales pour les différents scénarios étudiés dans l'aire d'étude en gramme par jour 8
Tableau 6 Distribution en nombre de personnes pour différentes classes de concentrations 15

FIGURES

Figure 1 - Contribution des sources modélisées aux concentrations moyennes annuelles dans l'air en NO_2 en $\mu g/m^3$ – Scénario référence 2045 10
Figure 2 - Contribution des sources modélisées aux concentrations moyennes annuelles dans l'air en NO_2 en $\mu g/m^3$ – Scénario projet 2045 10
Figure 3 - Contribution des sources modélisées aux concentrations moyennes annuelles dans l'air en PM_{10} en $\mu g/m^3$ – Scénario référence 2045 11
Figure 4 - Contribution des sources modélisées aux concentrations moyennes annuelles dans l'air en PM_{10} en $\mu g/m^3$ – Scénario projet 2045 11

Figure 5 – Évolution des concentrations en NO_2 entre le scénario projet et le scénario référence 2045 12
Figure 6 - Évolution des concentrations en PM_{10} entre le scénario projet et le scénario référence 2045 ...12
Figure 7 Densité de population pour l'état référence 2047 14
Figure 8 Densité de population à l'état projet 2047 14
Figure 9 Calcul de l'IPP pour l'état référence 2045 16
Figure 10 Calcul de l'IPP pour l'état projet 2045 16

1. INTRODUCTION

Dans le cadre du mémoire en réponse à la DEAL, un nouveau modèle déplacements a été réalisé, conduisant à des hypothèses trafics différentes de celles utilisées pour la réalisation de l'étude air et santé réalisée par ARTELIA en mars 2023.

Afin de s'assurer que les populations actuelles et futures ne seront pas davantage exposées à la pollution en prenant en compte les nouvelles hypothèses trafic, il est proposé une nouvelle modélisation des concentrations en NO_2 et PM_{10}, uniquement à l'horizon 2045 (projet complet) pour les scénarios référence et futur. Les niveaux seront alors comparés à la réglementation. L'IPP sera également repris pour l'horizon 2045.

Ces nouvelles modélisations et calcul de l'IPP remplacent les modélisations et le calcul de l'IPP réalisés en 2023, à l'horizon 2047. Cette note présente alors les conclusions de ces nouvelles modélisations.

2. RAPPEL DES VALEURS REPERES POUR LES POLLUANTS ETUDIES

2.1. REGLEMENTATION FRANÇAISE

Les normes de qualité de l'air retenues au niveau national sont précisées à l'article R. 221-1 du Code de l'Environnement. Elles sont reprises dans le tableau ci-dessous.

Tableau 1 Seuils relatifs au NO_2 et aux PM_{10}

Polluants	Objectifs de qualité	Valeurs limites	Seuil de recommandation et d'information	Seuil d'alerte
Dioxyde d'azote (NO_2)	40 µg/m³ en moyenne annuelle	40 µg/m³ en moyenne annuelle 200 µg/m³ à ne pas dépasser plus de 18 heures par an	200 µg/m³ en moyenne horaire	400 µg/m³ dépassé sur 3 heures consécutives 200 µg/m³ si dépassement de ce seuil la veille et risque de dépassement de ce seuil le lendemain
Particules PM_{10}	30 µg/m³ en moyenne annuelle	40 µg/m³ en moyenne annuelle 50 µg/m³ à ne pas dépasser plus de 35 jours par an	50 µg/m³ en moyenne journalière	80 µg/m³ en moyenne journalière

Ces valeurs sont amenées à évoluer dans les prochaines années. En effet, le Parlement Européen a adopté le 24 avril 2024 une résolution sur la proposition de révision de la directive 2008/50/CE relative à la qualité de l'air. Les nouvelles règles approuvées par le Parlement européen révisent les normes de qualité de l'air à respecter au 1er janvier 2030 pour les 12 polluants réglementés. Plus récemment, le Conseil de l'Union Européenne a officiellement adopté, le 14 octobre 2024, la nouvelle directive actualisant les normes de qualité de l'air. Le texte final sera publié dans les semaines suivantes au journal officiel de l'Union Européenne. Une fois son entrée en vigueur par suite de sa publication, les Etats membres ont deux ans pour transposer en droit national les dispositions législatives, réglementaires et administratives de la nouvelle directive.

La Directive révisée fixe des valeurs limites de concentrations plus contraignantes par rapport à celles fixées par la Directive du 21 mai 2008. Les nouvelles normes sont définies dans le tableau ci-dessous.

Tableau 2 Normes de qualité de l'air devant être atteintes au plus tard le 1er janvier 2030 pour les PM_{10} et le NO_2

Polluant	Périodicité	Type de Norme	Norme révisée
Dioxyde d'azote (NO_2)	Annuelle	Valeur limite	20 µg/ m³
	24 h	Valeur limite	50 µg/ m³ à ne pas dépasser plus de 18 fois par an
	1h	Valeur limite	200 µg/ m³ à ne pas dépasser plus de 3 fois par an
Particules PM_{10}	Annuelle	Valeur limite	20 µg/ m³
	24 h	Valeur limite	45 µg/ m³ à ne pas dépasser plus de 18 fois par an

2.2. LIGNES DIRECTRICES DE L'OMS

Les lignes directrices de l'OMS traduisent l'état des connaissances scientifiques actuelles concernant l'impact de la pollution de l'air sur la santé.

Elles ne sont pas réglementaires, ni juridiquement contraignantes mais elles apportent une base factuelle aux décideurs dans la définition de normes et objectifs réglementaires (directives européennes, réglementation nationale). Elles ont été établies suivant une méthodologie rigoureusement définie et sont fondées sur des données factuelles.

Elles sont présentées dans le tableau ci-dessous pour les PM_{10} et le NO_2.

Tableau 3 Niveaux de qualité de l'air recommandés et cibles intermédiaires - Lignes directrices de l'OMS, septembre 2021 pour les PM_{10} et le NO_2

Polluant	Durée retenue	Cible intermédiaire				Niveau recommandé
		1	2	3	4	
NO_2	Annuel	40	30	20	-	10
	24 h	120	50	-	-	25
PM_{10}	Annuel	70	50	30	20	15
	24 h	150	100	75	50	45

3. MODELISATION DES CONCENTRATIONS EN POLLUANTS

3.1. HYPOTHESES DE MODELISATION

3.1.1. Hypothèses générales de la modélisation

La modélisation de la dispersion des polluants NO2 et PM10 permet d'estimer les concentrations en tout point des bandes d'étude à l'horizon 2045 pour les scénarios référence (sans projet et projet). Elle est réalisée à l'aide du logiciel ADMS Roads selon la même méthodologie et les mêmes hypothèses que l'étude de mars 2023, à l'exception de celles relatives aux données trafic.

Pour la modélisation sont notamment pris en compte :

- L'occupation du sol via des données de rugosité spécifiées grâce aux données Corine Land Cover ;
- Les données météorologiques, issues de la station Météo France de Le Port sont intégrées au modèle sous la forme d'un fichier « rose des vents » ;
- La chimie des polluants via un modèle simplifié dans le modèle ;
- La pollution de fond : celle-ci est prise constante dans le temps et la valeur retenues dans l'étude de 2023 (données de la station d'Atmo Réunion de Plateau Caillou) ont été conservées, soit 13 µg/m^3 pour le dioxyde d'azote et 11 µg/m^3 pour les particules PM_{10}.

3.1.2. Définition des émissions en polluants

3.1.2.1. Kilométrage parcouru

Le kilométrage parcouru correspond au produit du TMJA et de la distance parcourue pour chaque tronçon de l'aire d'étude. Celui-ci est calculé pour les différents scénarios (référence et projet 2045). Le tableau ci-dessous récapitule le kilométrage parcouru calculé lors de l'étude 2023 et présente celui calculé avec les nouvelles hypothèses de trafic et l'évolution de celui-ci.

Tableau 4 Comparaison du kilométrage parcourus (km.véh) sur le réseau d'étude entre l'étude réalisé en 2023 et la présente note technique

	Etude 2023	Note actuelle	Ecart (actuelle/2023)
Référence 2045	388 174	571 759	+47.3%
Projet 2045	465 865	629 191	+35.1%
Évolution entre l'état projet et l'état de référence	+20.0%	+10.0%	-

Avec les nouvelles hypothèses trafic, le kilométrage parcouru est bien plus important (augmentation de +47% pour l'état de référence et +35% pour l'état projet). Cependant, avec les nouvelles hypothèses trafic, le projet augmente de manière plus modérée ce kilométrage parcouru (+10% au lieu de +20%).

3.1.3. Emissions polluantes

Les émissions polluantes sont calculées pour l'ensemble des infrastructures routières constituant le réseau d'étude, pour l'horizon 2045 (le parc automobile en constante évolution influe sur les facteurs d'émissions utilisés), le flux de véhicules par catégorie et la vitesse des véhicules.

L'augmentation du kilométrage parcouru avec les nouvelles hypothèses trafic induit donc une augmentation des émissions polluantes.

Par ailleurs, les méthodes de calculs ayant évoluées depuis l'étude de 2023, la présente note présente un calcul des émissions selon les dernières évolutions. Les émissions sont estimées avec le logiciel TREFIC (TRaffic Emission Factors Improved Calculation), développé par la société italienne ARIANET, une filiale d'ARIA Technologies. Cet outil est basé sur la méthodologie européenne COPERT V, qui fait partie intégrante du guide méthodologique EMEP/EEA de l'agence européenne de l'environnement, détaillant les inventaires d'émissions en Europe. Cette méthodologie permet d'obtenir des facteurs d'émissions des polluants majeurs de la pollution d'origine routière ainsi que la consommation de chaque catégorie de véhicules formant le parc automobile pour un horizon donnée, un type d'infrastructure donnée et une vitesse donnée. TREFIC intègre le parc automobile français conçu par l'IFSTTAR. La version utilisée est celle de 2019, mise à jour en 2022. Il s'agit du parc national et de ce fait ne prend pas en compte les spécificités régionales, ni les différentes politiques des villes, dont les ZFE.

Pour information, des tests de comparaisons réalisés entre la façon dont les émissions ont été quantifiées en 2023 et actuellement montrent des différences d'émissions en NO_2 et PM_{10} pour un même scénario avec les mêmes hypothèses trafics à des horizons lointains (comme 2045).

Le tableau ci-dessous présente les émissions en NOx, NO2 et particule PM10 calculées pour les scénarios référence et projet à l'horizon 2045 avec la méthodologie COPERT V (logiciel TREFIC).

Tableau 5 Emissions globales pour les différents scénarios étudiés dans l'aire d'étude en gramme par jour

	Référence 2045	Projet 2045	Evolution projet / référence
NOx (g/j)	89 935	102 167	13.6%
NO2 (g/j)	9 595	10 380	8.2%
PM10 (g/j)	14 716	16 916	15.0%

3.2. RESULTATS DES MODELISATIONS HORIZON 2045

Les cartes des concentrations moyennes annuelles du NO_2 (Figure 1 et Figure 2) et des PM_{10} (Figure 3 et Figure 4), avec prise en compte de la pollution de fond, pour les scénarios référence et projet à l'horizon 2045, ainsi que les cartes des évolutions des concentrations entre l'état projet et l'état de référence (Figure 5 et Figure 6) sont présentées sur les figures ci-dessous.

Quel que soit le scénario (référence ou projet), les concentrations les plus importantes sont observées à proximité des axes routiers très fréquentés, tels que les routes nationales RN1 et RN7. Les concentrations en polluant restent importantes au droit de la RN1 et pour le dioxyde d'azote tendent vers la valeur limite annuelle actuelle de 40 µg/m^3. Au droit des autres axes routiers et en situation de fond - observée avec l'éloignement de la voie, quel que soit le polluant (NO_2 ou PM_{10}), aucun dépassement des valeurs limites ne sont constatés : les concentrations en NO_2 et en PM_{10} restent inférieures à 40 µg/m^3.. La valeur guide de l'OMS pour le NO2 de 10 µg/m^3 en moyenne annuelle est dépassée sur l'ensemble de la bande d'étude, du fait de la valeur de pollution de fond fixée (pour rappel, de 13 µg/m^3). Concernant les particules PM_{10}, la valeur guide de l'OMS de 15 µg/m^3 en moyenne annuelle est respectée en situation de fond mais dépassée à proximité du trafic routier.

Le projet a une incidence sur les concentrations en polluants, avec localement des augmentations et diminutions des concentrations, en lien avec l'évolution des trafics entre les scénarios référence et projet.

Notamment pour le NO_2, des diminutions de l'ordre de -25% sont observées sur plusieurs axes, dont : la RN1 et l'avenue du stade. À l'inverse, des augmentations comprises entre +25% et +50% dans le secteur de la nouvelle voirie associée à l'axe mixte et à la ZAC sont observées. D'autres augmentations, plus modérées, peuvent être observées au niveau d'autres axes existants en lien avec une augmentation de la circulation sur ces axes avec le projet.

Pour les particules PM_{10}, des variations similaires mais moins marquées sont également observées. Elles sont de l'ordre de -10% au droit des infrastructures existantes, notamment au droit de la RN1, et de +10% au droit de la nouvelle infrastructure.

Figure 1 - Contribution des sources modélisées aux concentrations moyennes annuelles dans l'air en NO_2 en µg/m³ – Scénario référence 2045

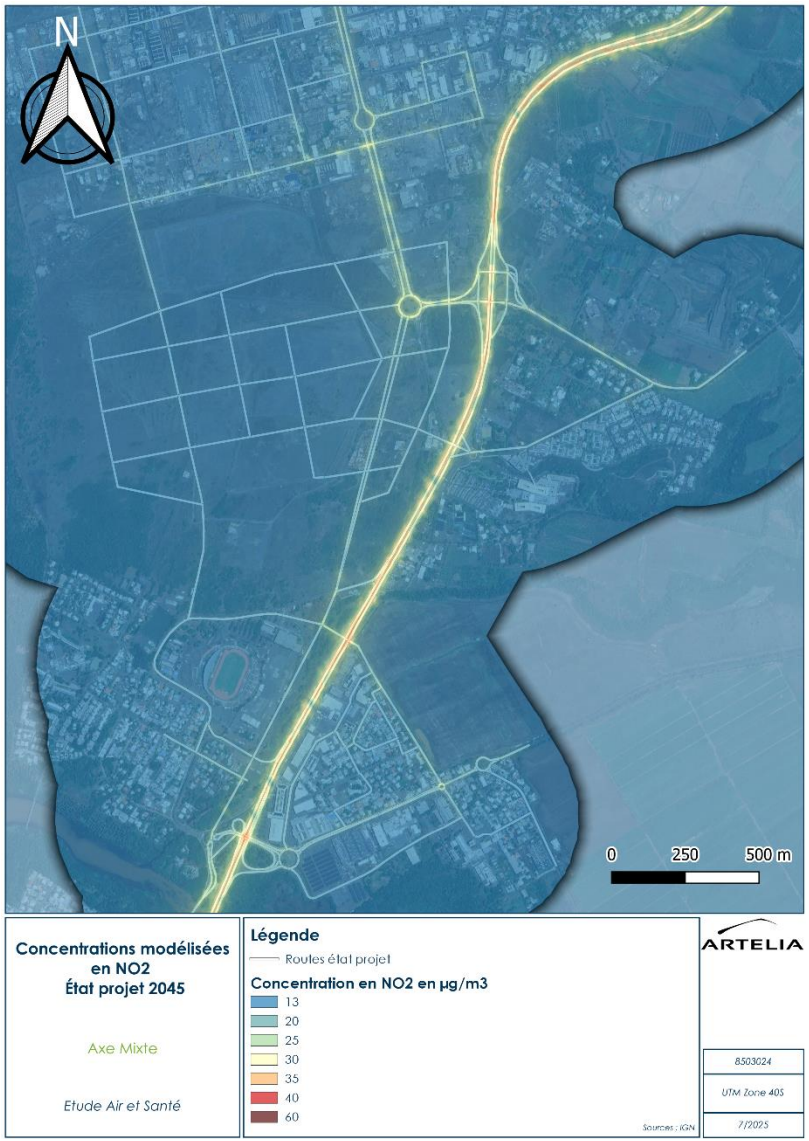


Figure 2 - Contribution des sources modélisées aux concentrations moyennes annuelles dans l'air en NO_2 en µg/m³ – Scénario projet 2045

Figure 3 - Contribution des sources modélisées aux concentrations moyennes annuelles dans l'air en PM_{10} en µg/m³ – Scénario référence 2045

Figure 4 - Contribution des sources modélisées aux concentrations moyennes annuelles dans l'air en PM_{10} en µg/m³ – Scénario projet 2045

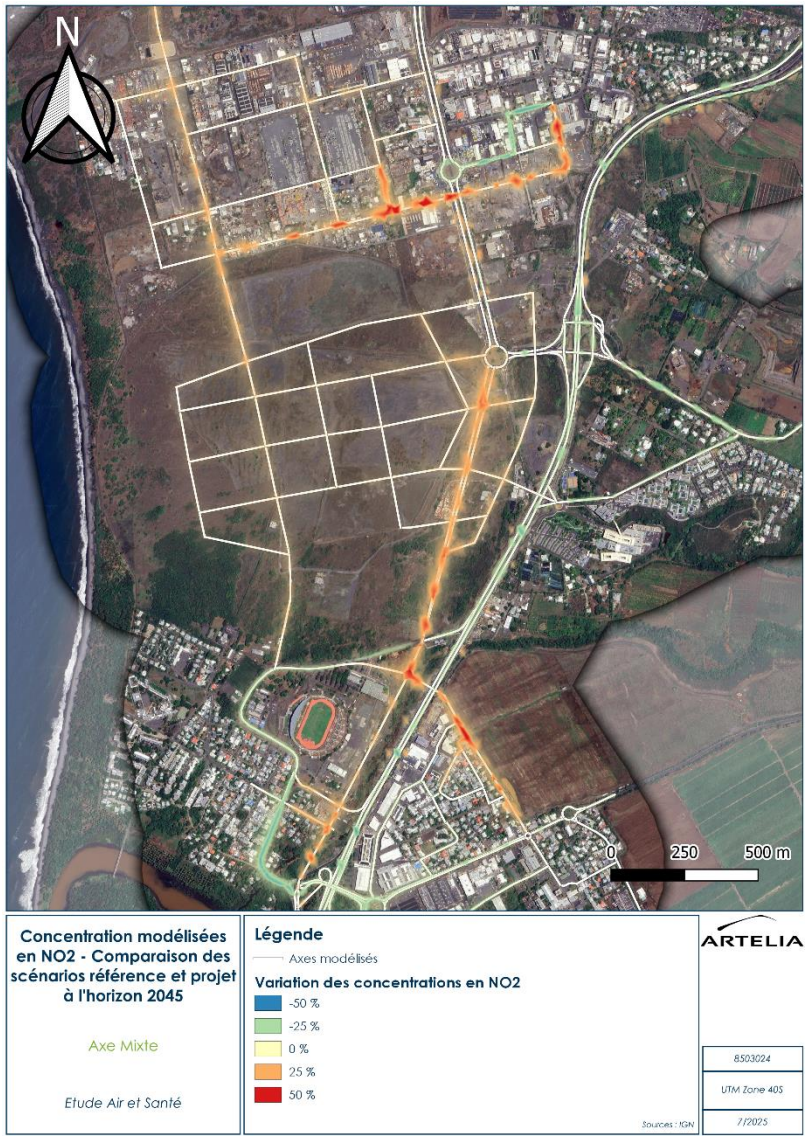


Figure 5 – Évolution des concentrations en NO_2 entre le scénario projet et le scénario référence 2045

Figure 6 - Évolution des concentrations en PM_{10} entre le scénario projet et le scénario référence 2045

4. ÉVALUATION DE L'INDICE D'EXPOSITION DE LA POPULATION A LA POLLUTION

4.1. METHODOLOGIE

L'Indice Pollution Population (IPP) est un indicateur très général utilisé en comparaison de diverses situations. Cet indicateur permet la comparaison de différentes situations entre elles avec un critère basé non seulement sur les concentrations, mais aussi sur la répartition de la population demeurant à proximité des voies de circulation.

La note technique du 22 février 2019 relative à la prise en compte des effets sur la santé de la pollution de l'air dans les études d'impact des infrastructures routières propose de retenir le NO_2 comme polluant traceur. En effet, il s'agit d'un polluant discriminant et bien maîtrisé et sa zone de dispersion englobe le plus souvent celle des autres polluants.

Pour calculer l'IPP, le nombre de personnes présentes en un lieu donné est multiplié par la concentration en polluant en ce lieu. L'indice global est la somme de ces produits étendue à tous les lieux habités dans la bande d'étude :

$$IPP = \sum_i C_i \times P_i$$

où :

- $\mathbf{C_i}$ est la concentration du polluant considéré pour la maille élémentaire i ou pour le bâtiment i
- $\mathbf{P_i}$ est la population présente sur la maille élémentaire i ou dans le bâtiment i

Le calcul de l'IPP est donc soumis aux incertitudes relatives aux calculs de dispersion des polluants et aux incertitudes relatives au dénombrement des populations.

Les hypothèses relatives aux dénombrements des populations sont identiques à celles de l'étude de 2023. La population présente dans les bandes d'étude est estimée sur la base des données carroyées de l'INSEE (dernière version de 2019). La population est considérée constante, conformément aux recommandations de la note du CEREMA qui préconise « d'estimer la population générale uniquement sur la base de la population actuelle, modulo les éventuels projets existants ou approuvés ayant un impact sur la population future ».

La population prévisible de la ZAC Cambaie a alors été intégrée à l'horizon projet 2045. Selon la notice de programmation de la ZAC, il est prévu une densité de population de 98 logements/hectare.

Sur cette base, la densité de population est présentée, pour les scénarios état référence et scénario projet à l'horizon 2045, sur les figures ci-dessous.

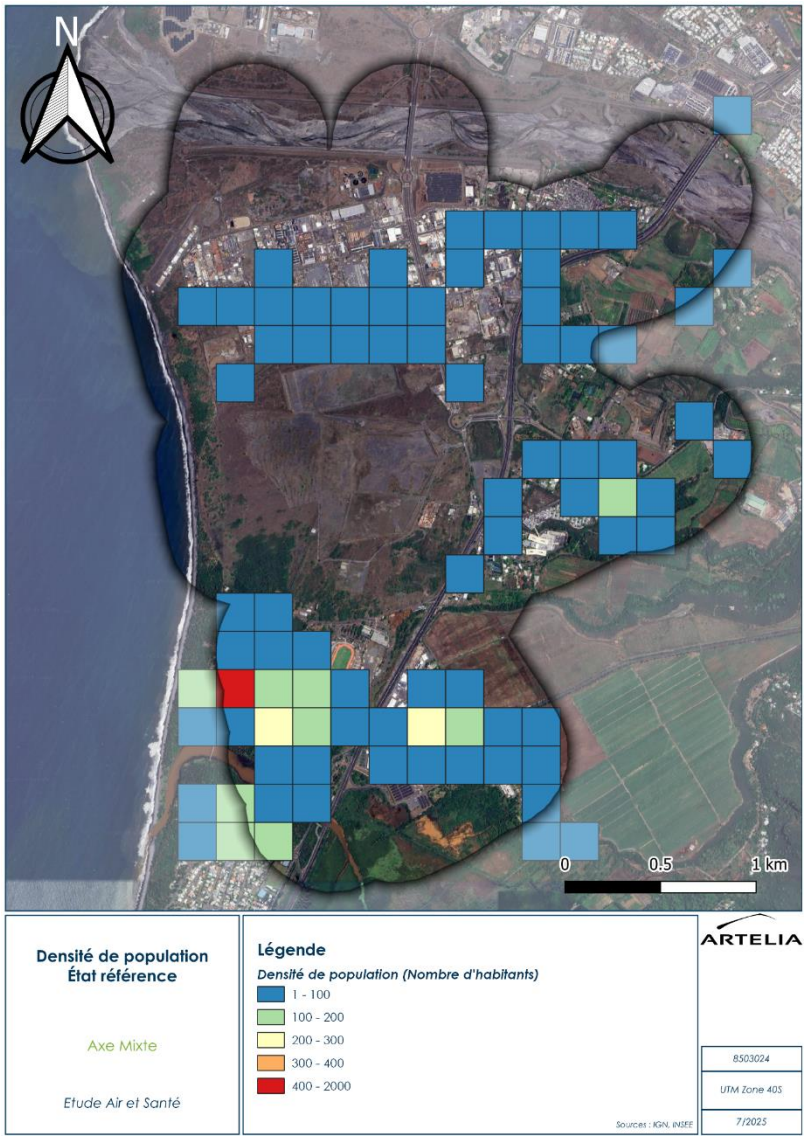


Figure 7 Densité de population pour l'état référence 2047

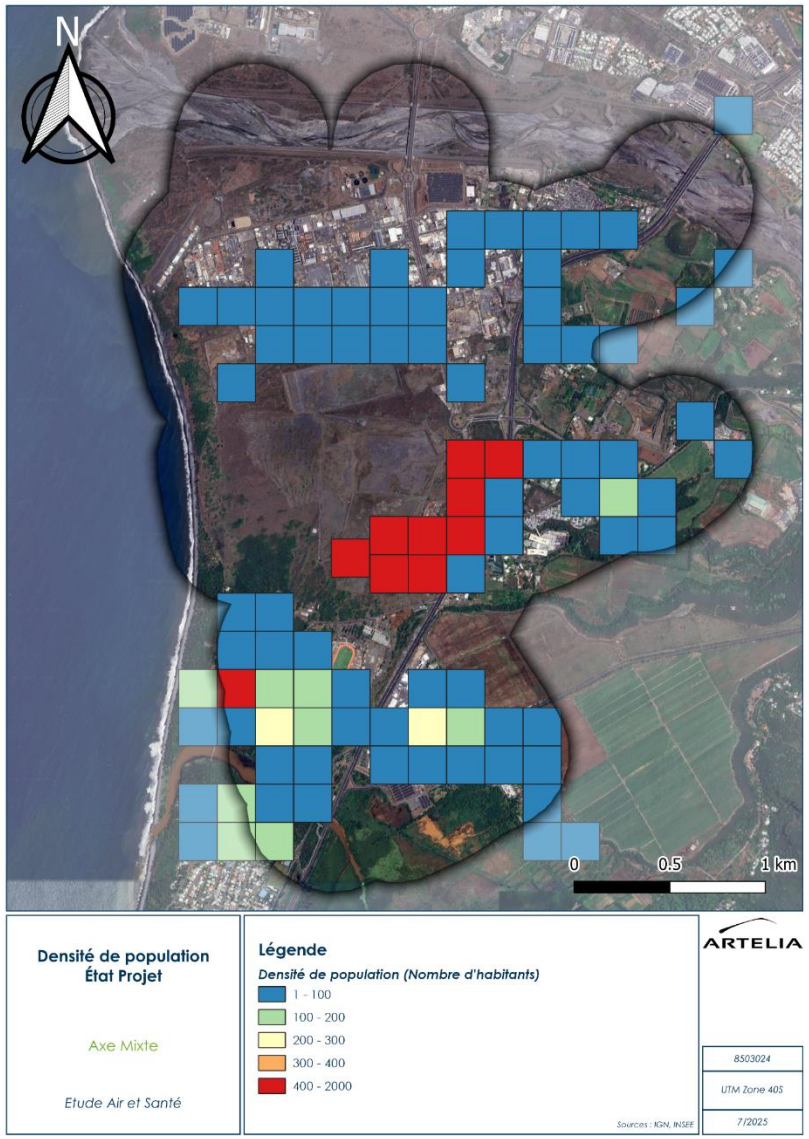


Figure 8 Densité de population à l'état projet 2047

4.2. RESULTATS

Les figures ci-après présentent les résultats pour les calculs de l'IPP, aux différents scénarios et horizons. Pour rappel, la pollution de fond retenue pour le NO2 est de 13 µg/m^3.

L'indice d'exposition tend à augmenter avec le scénario projet, du fait de la présence de nouvelles populations (la ZAC Cambaie) et de nouvelles sources d'émission (l'axe mixte et les voiries de desserte de la ZAC). Il est constaté que la ZAC aura un fort impact sur l'indice d'exposition de la population, étant donné d'une part l'intégration d'une nouvelle population et d'autre part sa proximité avec la RN1 et l'Axe Mixte. Cependant, ces résultats sont à nuancer avec les classes de polluants.

Le tableau ci-dessous précise la distribution en nombre de personnes pour différentes classes de concentrations.

Tableau 6 Distribution en nombre de personnes pour différentes classes de concentrations

Classes	2045			
	Référence		Projet	
	Habitants	%	Habitants	%
< 10	0	0	0	0%
10-15	3 005	21%	6 328	45%
15-20	802	6%	5 633	40%
20-25	2	0,01%	2 038	15%
25-30	0	0	0	0%
> 30	0	0	0	0%

À l'horizon 2045, une grande majorité de la population est exposée à des concentrations inférieures à 20 µg/m^3, que ce soit pour le scénario référence ou le scénario projet. Pour le scénario référence, 0,01% de la population est concerné par des concentrations comprises entre 25 et 30 µg/m^3 contre 15% à l'état projet, ceci s'expliquant par l'augmentation de la population avec le projet. Il est constaté que 100% de la population sera concernée par des concentrations en NO_2 inférieurs à 25 µg/m^3, avec ou sans projet.

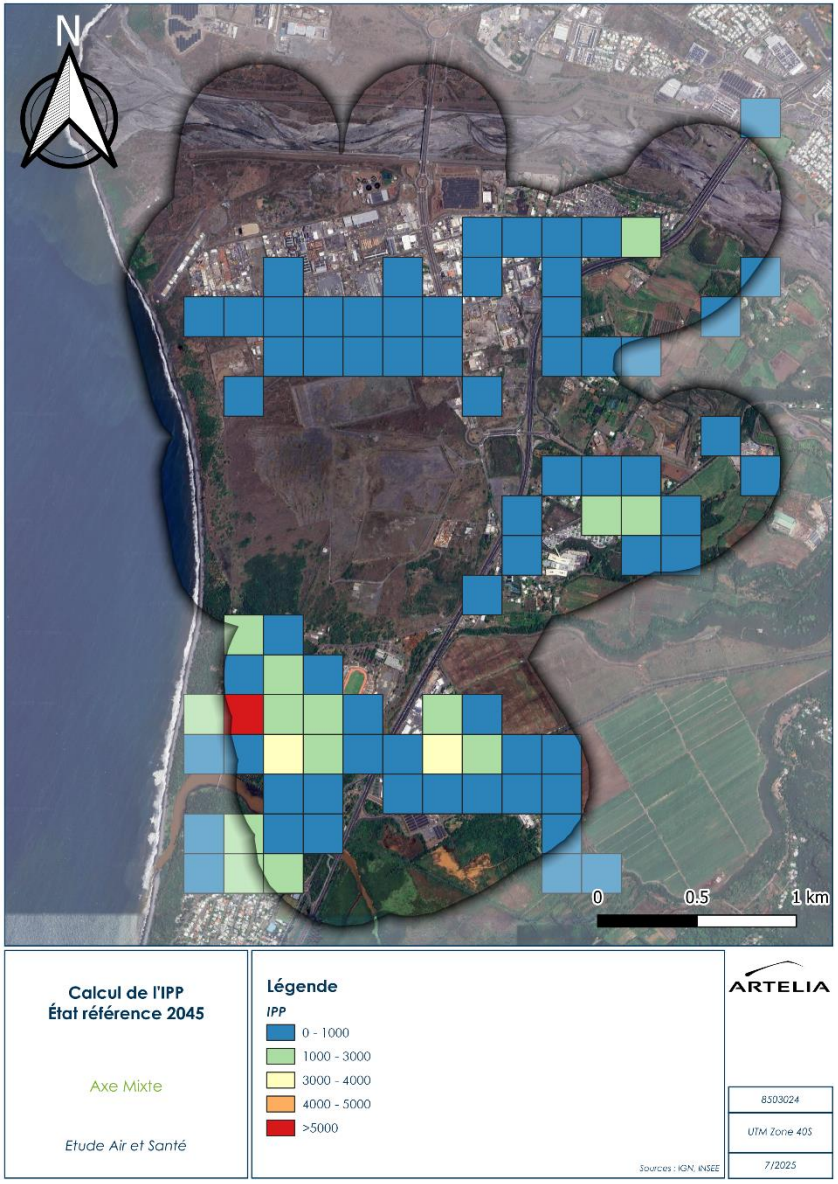


Figure 9 Calcul de l'IPP pour l'état référence 2045

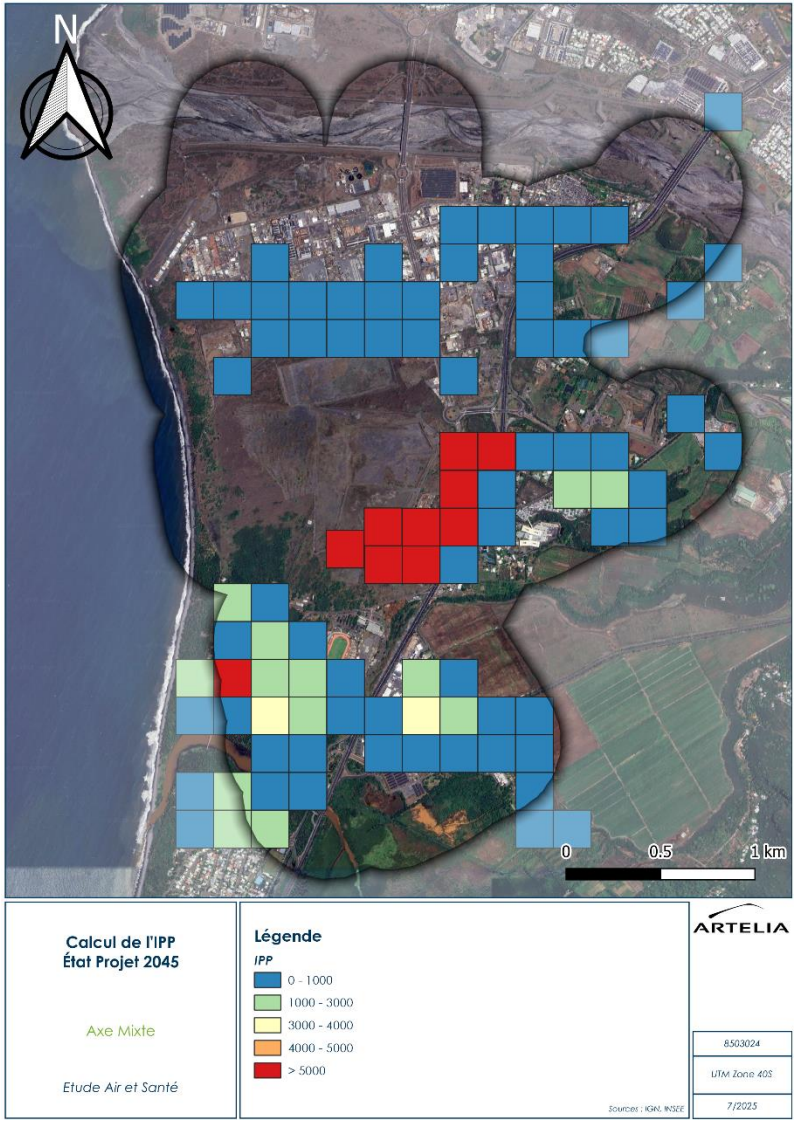


Figure 10 Calcul de l'IPP pour l'état projet 2045

5. CONCLUSION

Les modélisations réalisées avec les nouveaux trafics entraînent des modifications quant aux conclusions de l'étude air et santé réalisée en mars 2023, avec des concentrations en NO_2 et PM_{10} calculées supérieures à celles présentées dans l'étude de mars 2023. Toutefois, comme dans l'étude précédente, les seuils réglementaires actuels sont respectés.

À l'horizon 2045, les modélisations avec les nouvelles hypothèses trafics montrent que la mise en place du projet implique des variations de concentrations en polluants sur et à proximité de plusieurs axes de la bande d'étude. Ces variations sont de l'ordre -25% à +25% pour le NO_2 et de -10% à +10% pour les particules PM_{10}. Globalement, les variations sont principalement dues à des diminutions et augmentations du trafic, sur les axes du fait de la création de la nouvelle voirie.

Enfin, concernant le calcul de l'indice d'exposition de la population à la pollution, les résultats montrent comme dans l'étude précédente, une augmentation avec le scénario projet, du fait de la présence de nouvelles populations (la ZAC Cambaie) et de nouvelles sources d'émission (l'axe mixte et les voiries de desserte de la ZAC). Toutefois, quel que soit le scénario (référence ou projet), à l'horizon 2045, 100% de la population sera concernée par des concentrations en NO_2 inférieures à 25 µg/m^3, avec ou sans projet.

ANNEXE 5 – Modélisation Bruit réalisée sur le modèle trafic sans franchissement PSO et Savannah

Prolongement de l’axe mixte

Étude acoustique

NOTE TECHNIQUE

ARTELIA / JUILLET 2025 / 8503024

Prolongement de l'axe mixte

Étude acoustique

Note technique

V0	Juillet 2025	G. CORBIN	E. REY		Note technique complémentaire à l'étude réalisée en mars 2023 à la suite des nouvelles hypothèses trafics
INDICE	**DATE DE REVISION**	**REDACTEUR***	**VERIFICATEUR***	**APPROBATEUR- (SI EXIGENCE)**	**DESCRIPTION DES MODIFICATIONS**

*Les trigrammes sont interdits

SOMMAIRE

1. INTRODUCTION 3
2. ANALYSE RÉGLEMENTAIRE : EFFETS DIRECTS DU PROJET DE CRÉATION DE L'AXE MIXTE – CONTRIBUTION DE LA VOIRIE NOUVELLE SEULE 4
2.1. Rappel réglementaire 4
2.2. Analyse réglementaire de la nouvelle voirie seule – Horizons 2025 et 2045 5
3. ANALYSE DES EFFETS INDIRECTS – DÉFINITION DES IMPACTS 8
4. CONCLUSION 10

TABLEAUX

Tableau 1 Niveaux maximaux admissibles pour les indicateurs de gêne due au bruit d'une infrastructure routière nouvelle 4
Tableau 2 Évaluation en façade de bâtiment à l'horizon 2045 – Contribution sonore de la voie nouvelle seule, anciens vs nouveaux trafics 7

FIGURES

Figure 1 Rappel des habitations considérées lors de l'évaluation en façade de bâtiment 6
Figure 2 Variation de bruit sur les voies adjacentes entre les scénarios projet et référence à l'horizon 2025 9
Figure 3 Variation de bruit sur les voies adjacentes entre les scénarios file de l'eau et projet axe mixte à l'horizon 2045 9

1. INTRODUCTION

Dans le cadre du mémoire en réponse à la DEAL, un nouveau modèle déplacements a été réalisé, conduisant à des hypothèses trafics différentes de celles utilisées pour la réalisation de l'étude acoustique réalisée par ARTELIA en mars 2023.

Cette note permet d'évaluer, via une approche simplifiée, les impacts des nouvelles hypothèses trafics sur les conclusions de l'étude acoustique de mars 2023.

Elle porte sur deux aspects

- Le respect des seuils réglementaires en façade des habitations riveraines pour la contribution de l'axe mixte seul en prenant en compte les modifications de trafic sur la voie nouvelle, aux horizons 2025 et 2045 (projections des nouvelles données trafic),

- La reprise des effets indirects du projet sur l'environnement sonore du fait des modifications des circulations sur les voiries annexes à la suite de la mise en service de l'Axe Mixte.

2. ANALYSE REGLEMENTAIRE : EFFETS DIRECTS DU PROJET DE CREATION DE L'AXE MIXTE – CONTRIBUTION DE LA VOIRIE NOUVELLE SEULE

2.1. RAPPEL REGLEMENTAIRE

Le projet de création de l'Axe Mixte est concerné par l'aspect voie nouvelle de la réglementation relative au bruit des infrastructures routières traduite notamment dans les articles R. 571-44 à R. 571-52 du Code de l'environnement (Décret n°95-22 du 9 janvier 1995 relatif à la limitation du bruit des aménagements et infrastructures de transports terrestres) et l'arrêté du 5 mai 1995 relatif au bruit des infrastructures routières.

Seule la contribution sonore de la voie nouvelle est prise en compte pour les calculs des niveaux de bruit en façade des bâtiment dits sensibles (habitations, établissements de santé et de soins, établissements d'enseignement). L'article 2 de l'arrêté du 5 mai 1995 relatif au bruit des infrastructures routières, définit les niveaux maximaux admissibles en façade pour la contribution d'une infrastructure nouvelle.

Pour les habitations, ces seuils dépendant de l'état initial de l'ambiance sonore extérieure. L'ambiance sonore préexistante est modérée lorsque les niveaux sonores en façade des bâtiments avant la réalisation de l'aménagement projeté est inférieure à 65 dB(A) de jour et 60 dB(A) de nuit. A l'exception de cas particuliers où des disparités importantes sont observées, l'appréciation de ce critère d'ambiance sonore modérée est recherchée pour des zones homogènes du point de vue de l'occupation des sols et non par façade de bâtiment.

Les seuils réglementaires sont rappelés dans le tableau ci-après.

Tableau 1 Niveaux maximaux admissibles pour les indicateurs de gêne due au bruit d'une infrastructure routière nouvelle

Usage et nature des locaux	LAeq (6h - 22h) (1)	LAeq (22h - 6h) (1)
Etablissements de santé, de soins et d'action sociale (2)	60 dB(A)	55 dB(A)
Etablissements d'enseignement (à l'exclusion des ateliers bruyants et des locaux sportifs)	60 dB(A)	
Logements en zone d'ambiance sonore préexistante modérée	60 dB(A)	55 dB(A)
Autres logements	65 dB(A)	60 dB(A)
Locaux à usage de bureaux en zone d'ambiance sonore préexistante modérée	65 dB(A)	

(1) Ces valeurs sont supérieures de 3 dB(A) à celles qui seraient mesurées en champ libre ou en façade, dans le plan d'une fenêtre ouverte, dans les mêmes conditions de trafic, à un emplacement comparable.
Il convient de tenir compte de cet écart pour toute comparaison avec d'autres réglementations qui sont basées sur des niveaux sonores maximaux admissibles en champ libre.
(2) Pour les salles de soin et les salles réservées au séjour de malades, ce niveau est abaissé à 57 dB(A).

Pour respecter les seuils réglementaires, le maître d'ouvrage doit privilégier la réduction du bruit à la source (caractéristiques géométriques de l'infrastructure, écrans acoustiques, revêtements de chaussées peu bruyants, etc.).

L'isolation acoustique de façade des bâtiments, solution de dernier recours qui n'est envisagée que pour des motifs techniques, économiques ou environnementaux, doit satisfaire à des performances minimales d'isolation acoustique à obtenir après travaux.

2.2. ANALYSE REGLEMENTAIRE DE LA NOUVELLE VOIRIE SEULE – HORIZONS 2025 ET 2045

A l'horizon 2025, les nouvelles hypothèses trafic montrent des trafics plus faibles sur la portion de l'axe mixte en service. Par ailleurs, aucune habitations ou lieux sensibles existants ne se trouvent à proximité de ce tronçon. Les conclusions de l'étude de mars 2023 restent valables.

A l'horizon 2045, les nouvelles hypothèses trafic montrent des trafics plus faibles sur la portion nord (celle en service en 2025) et des trafics plus importants sur la portion sud. La variation de trafic sur la portion sud étant significative (entre +20 à +50%), une nouvelle modélisation sur ce secteur a été réalisée afin de vérifier que les niveaux en façade des habitations riveraines respectent toujours les seuils définis dans la réglementation, soit 60 dB(A) pour la période jour (6h-22h) et 55 dB(A) pour la période nuit (22h-6h).

Les hypothèses de modélisation sont similaires à celle de l'étude de mars 2023, seuls les trafics changent afin de prendre en compte les nouvelles données. La contribution sonore de la voie nouvelle avec les nouvelles données trafic, en dehors de toute autre source de bruit a été calculée en façade de l'ensemble des habitations riveraines existantes pour les périodes jour et nuit.

La figure ci-dessous rappel les habitations considérées.

Figure 1 Rappel des habitations considérées lors de l'évaluation en façade de bâtiment

Avec les nouvelles hypothèses trafic, la modélisation de la contribution sonore de la voirie nouvelle n'induit aucun dépassement de seuils au droit des bâtiments riverains. Le Tableau 2, présente les niveaux sonores estimés avec les nouvelles hypothèses trafics. Les résultats de la précédente étude sont également rappelés.

Tableau 2 Évaluation en façade de bâtiment à l'horizon 2045 – Contribution sonore de la voie nouvelle seule, anciens vs nouveaux trafics

ID	X	Y	Étage	*Niveaux sonores – Etude mars 2023*		Niveaux sonores	
				Jour en dB(A)	*Nuit en dB(A)*	Jour en dB(A)	Nuit en dB(A)
242	322252	7678457.2	Rdc	*58*	*50*	59.4	51.5
243	322271.7	7678477.5	Rdc	*55.7*	*47.6*	56.7	48.7
246	322201	7678440.2	Rdc	*56.9*	*49*	58.3	50.4
247	322063.3	7678315.8	Rdc	*52.1*	*45.3*	53.3	46.6
251(1)	322050.3	7678340.7	Rdc	*51.5*	*44.8*	52.7	46.2
251(2)	322055.9	7678330	Rdc	*51.6*	*44.9*	52.8	46.2
452	322231.9	7678499.7	Rdc	*52.6*	*45.6*	53.7	46.8
455	322107.5	7678381.3	Rdc	*52.4*	*45.2*	53.7	46.7
461	322099.1	7678360.5	Rdc	*53*	*46.1*	54.1	47.3
638	322260.2	7678540.1	Rdc	*52.9*	*46*	54.3	47.7
638	322260.2	7678540.1	R+1	*54.6*	*47.2*	55.9	48.7
640	322199.2	7678469.1	Rdc	*53.4*	*45.4*	55	47.2
662	322117.4	7678397.1	Rdc	*53*	*45.8*	54.3	47.3
669	322229.3	7678515.5	Rdc	*50.7*	*43.7*	52	45.2

En conclusion, les nouvelles hypothèses trafics ne modifient pas les conclusions de l'étude.

3. ANALYSE DES EFFETS INDIRECTS – DEFINITION DES IMPACTS

Pour rappel, les impacts indirects du projet concernent la modification du trafic sur les voiries annexes du fait du projet de création de l'axe mixte. L'évolution du bruit sur les axes connexes permet d'avoir une vision plus large des effets du projet sur son environnement sonore et dans une aire d'étude élargie. Cette aire d'étude inclut les axes routiers pour lesquels le trafic est significativement modifié.

Cette approche permet d'identifier rapidement les secteurs à enjeux, subissant une augmentation des niveaux sonores de plus de 2 dB(A), seuil au-delà duquel la transformation d'une voirie est considérée comme significative lorsqu'elle est l'objet de travaux mais également les secteurs pour lesquels le projet a un effet positif en réduisant les niveaux sonores et en apaisant certains quartiers.

Les impacts indirects sont évalués de manière simplifiée par la définition de la variation de bruit en dB(A) entre la situation future et celle sans projet, du fait de la modification de la puissance acoustique de la voirie. Les conditions de propagation du son ne sont pas prises en compte dans cette approche. Cette variation de bruit est estimée par simple calcul :

$$variation = 10 \times log10\left(\frac{Trafic\ avec\ projet}{Trafic\ sans\ projet}\right)$$

L'analyse a été refaite pour les horizons 2025 et 2045 avec les nouvelles hypothèses trafic. Les conclusions de cette analyse sont présentées ci-après et sur la Figure 2 (2025) et la Figure 3 (2045).

En 2025, le projet a un impact non significatif sur la grande majorité des axes, modéré sur la N7 (augmentation des niveaux sonores < 2 dB(A)) et un impact fort sur l'avenue du Stade avec une augmentation significative des niveaux de bruit.

En 2045, les axes du projet d'aménagement de la ZAC de Cambaie, situé au nord-ouest de l'axe mixte, impactent l'évolution du trafic sur les voies à l'ouest de l'axe mixte, entraînant une variation du bruit supérieure à 2 dB(A) dans ces secteurs. Par ailleurs, à l'ouest de la RN1, le quartier de Savannah voit une augmentation forte des niveaux sonores pour les voies suivantes : Allée des Palmistes, rue du Centre et une partie de la rue du Kovil. A l'inverse, les niveaux sonores du quartier diminuent modérément sur la route de Savannah et diminuent fortement sur l'autre partie de la rue du Kovil, la rue de la Cité de Ama, la rue Courbe, la rue Bonaparte et sur l'avenue du Stade. Enfin, l'axe mixte permet une réduction des niveaux sonores à proximité de l'avenue du Stade.

Figure 2 Variation de bruit sur les voies adjacentes entre les scénarios projet et référence à l'horizon 2025

Figure 3 Variation de bruit sur les voies adjacentes entre les scénarios file de l'eau et projet axe mixte à l'horizon 2045

4. CONCLUSION

Cette note acoustique permet de conclure que les nouveaux trafics ne modifient pas les conclusions de l'étude acoustique réalisée en mars 2023.

L'analyse de la contribution sonore de la nouvelle voirie seule n'a montré aucun dépassement de seuil. Aussi, réglementairement aucune mesure de réduction du bruit, autres que les dispositifs intégrés au projet n'est nécessaire.

S'agissant de l'étude des effets indirects, il est constaté que la création de la liaison a des impacts globalement modérés sur les axes routiers voisins, avec des augmentations ou diminutions majoritairement inférieures à 2 dB(A).

ANNEXE 6 – Coûts collectifs liés à la pollution atmosphérique et aux nuisances sonores pour le projet de prolongement de l'Axe Mixte, avec prise en compte des Transports en Communs

Prolongement et réaménagement de l'axe mixte de Saint-Paul

Etude air et santé et acoustique

NOTE SUR LES COUTS COLLECTIFS

ARTELIA / AOUT 2025 / 8503024

Prolongement et réaménagement de l'axe mixte de Saint-Paul

Etude air et santé et acoustique

Note sur les coûts collectifs

V0	Aout 2025	I. GHORIDI			Note sur les coûts collectifs, complémentaire à l'étude réalisée en mars 2023 à la suite des nouvelles hypothèses trafics
INDICE	**DATE DE REVISION**	**REDACTEUR***	**VERIFICATEUR***	**APPROBATEUR- (SI EXIGENCE)**	**DESCRIPTION DES MODIFICATIONS**

*Les trigrammes sont interdits

SOMMAIRE

1. INTRODUCTION 3
2. COÛTS COLLECTIFS DE L'IMPACTS SANITAIRE – ETUDE AIR ET SANTÉ 4
   2.1. Pollution de l'air locale et régionale 4
   2.2. Effet de serre 6
   2.3. Bilans des consommations énergétiques 7
3. ANALYSE DES COÛTS COLLECTIFS DES NUISANCES SONORES ROUTIÈRES - ETUDE ACOUSTIQUE 9
   3.1. Valeurs de référence 9
   3.2. Coût du bruit 10
4. CONCLUSION 11

TABLEAUX

Tableau 1 Valeurs 2015 de la pollution atmosphérique en euros pour 100 véhicules par km 4
Tableau 2 Valeurs 2015 de la pollution atmosphérique en euros pour 100 véhicules par km 4
Tableau 3 Coûts collectifs liés à la pollution atmosphérique pour une année (en euros) – Etude 2023 (sans TC) 5
Tableau 4 Hypothèses de trafic TC (transports en commun) 5
Tableau 5 Coûts collectifs liés à la pollution atmosphérique pour une année (en euros) – Etude 2023 (avec TC) 5
Tableau 6 Coûts collectifs liés à la pollution atmosphérique pour une année (en euros) – Etude 2025 6
Tableau 7 Coût lié à l'effet de serre pour une année, en euros – Etude 2023 6
Tableau 8 Coût lié à l'effet de serre pour une journée en euros – Etude 2025 7
Tableau 9 Consommations totales dans le domaine d'étude en kilogramme par jour – Etude 2023 7
Tableau 10 Consommations dans le domaine d'étude en kilogramme par jour- Etude 2025 7
Tableau 11 Valeurs 2015 du coût des nuisances sonores en euros pour 1000 véhicules par km en situation de trafic peu dense 9
Tableau 12 Coefficient pour obtenir le coût du bruit en situation de trafic dense à partir du coût du bruit en situation de trafic peu dense 10
Tableau 13 Coûts collectifs liés au bruit pour une année pour un trafic peu dense, en euros 10

1. INTRODUCTION

Dans le cadre du mémoire en réponse à la DEAL, un nouveau modèle déplacements a été réalisé, conduisant à des hypothèses trafics différentes de celles utilisées pour la réalisation des étude air et santé et acoustique réalisées par ARTELIA en mars 2023.

Ainsi, l'analyse des coûts collectifs des impacts sanitaires a été mise à jour afin de tenir compte des nouvelles hypothèses de trafic. L'analyse est réalisée aux horizons 2025 et 2045 pour les scénarios de référence et projet.

De plus, cette note présente l'analyse des coûts collectifs des impacts acoustiques sur la base des nouvelles hypothèses de trafic pour les scénarios de référence et projet aux horizons 2025 et 2045.

2. COUTS COLLECTIFS DE L'IMPACTS SANITAIRE – ETUDE AIR ET SANTE

Conformément à l'article R.122-5 du Code de l'Environnement, ce chapitre analyse les coûts collectifs des pollutions et des nuisances, et en particulier les coûts associés à la pollution de l'air et à l'effet de serre.

Les valeurs unitaires retenues pour l'évaluation des coûts collectifs sont établies conformément à l'instruction du Gouvernement du 16 juin 2014 relative à l'évaluation des projets de transports, et de la note technique associée de la Direction générale des Infrastructures, des Transports et de la Mer du 27 juin 2014 dont la dernière mise à jour date d'août 2019.

Les valeurs unitaires relatives aux coûts de la pollution atmosphérique et de l'effet de serre prises en considération sont celles proposées par la commission Quinet en 2013[1].

2.1. POLLUTION DE L'AIR LOCALE ET REGIONALE

La monétarisation des effets de la pollution atmosphérique repose sur l'utilisation de valeurs de référence, tenant compte des effets sanitaires et environnementaux liés aux émissions dues à la circulation des véhicules, de particules en suspension et de polluants gazeux et dépendantes du type de zone de population concernée (de l'interurbain au milieu urbain très dense).

Le tableau ci-dessous présente les valeurs de la pollution atmosphérique en euros pour l'année 2015, pour 100 véhicules par an.

Tableau 1 Valeurs 2015 de la pollution atmosphérique en euros pour 100 véhicules par km

€$_{2015}$/100 veh.km	Urbain très dense	Urbain dense	Urbain	Urbain diffus	Interurbain
VT	11,6	3,2	1,3	1,1	0,8
VL	19,8	5,6	2,4	2	1,7
PL	133	26,2	12,4	6,6	4,4

Ces valeurs évoluent en tenant compte, d'une part, de l'évolution du PIB par tête (croissance du PIB de 1,5% par an) et d'autre part, de l'évolution du parc circulant et de l'évolution des émissions individuelles (Cf tableau ci-dessous).

Tableau 2 Valeurs 2015 de la pollution atmosphérique en euros pour 100 véhicules par km

Evolution des émissions unitaires	Scénario AMS (avec mesures supplémentaires)		Scénario AME (avec mesures existantes)	
	VL	PL	VL	PL
Taux de Croissance Annuel Moyen (TCAM) 2015-2030	-5%	-4%	-4,5%	-4%
Taux de Croissance Annuel Moyen (TCAM) 2030-2050	-1%	-4%	-0,5%	-2.5%

[1] « L'évaluation socio-économique des investissements publics » - rapport de la commission du Commissariat général à la stratégie et à la prospective présidée par le professeur Emile Quinet.

Evolution des émissions unitaires	Scénario AMS (avec mesures supplémentaires)		Scénario AME (avec mesures existantes)	
	VL	PL	VL	PL
Taux de Croissance Annuel Moyen (TCAM) 2050-2070	0%	-0.5%	-0,5%	0

Le projet se situe en milieu urbain. Il a donc été choisi d'appliquer les valeurs d'un milieu urbain. Le calcul du coût de la pollution atmosphérique a été réalisé en se basant sur le scénario AMS (avec mesures supplémentaires) pour l'évolution des émissions unitaires. Le tableau suivant récapitule les coûts collectifs liés à la pollution atmosphérique, sur une année, calculés lors de l'étude de 2023 (sans prise en compte des transports en commun).

Tableau 3 Coûts collectifs liés à la pollution atmosphérique pour une année (en euros) – Etude 2023 (sans TC)

Catégorie de véhicules	Etat initial (2022)	2025			2045		
		Scénario référence	Scénario projet	Evolution projet / référence	Scénario référence	Scénario projet	Evolution projet / référence
VT	969 571 €	930 817 €	932 386 €	0,2%	917 822 €	1 094 860 €	19,3%
VL	333 365 €	320 040 €	320 580 €	0,2%	315 572 €	376 443 €	19,3%
PL[2]	1 087 951 €	1 034 320 €	1 036 480 €	0,2%	572 855 €	740 044 €	29,2%
Total	2 390 887 €	2 285 177 €	2 289 446 €	0,2%	1 806 249 €	2 211 347 €	22,4%

Les hypothèses suivantes ont été prises en compte afin d'intégrer les transports en commun sur le linéaire de l'axe mixte dans le calcul des coûts collectifs.

Tableau 4 Hypothèses de trafic TC (transports en commun)

	Actuel	2025		2045	
		Référence	Projet	Référence	Projet
TC	96	252	252	324	670

Le tableau suivant ci-dessous récapitule les coûts collectifs totaux liés à la pollution atmosphérique, sur une année, avec prise en compte des transports en commun.

Tableau 5 Coûts collectifs liés à la pollution atmosphérique pour une année (en euros) – Etude 2023 (avec TC)

Catégorie de véhicules	Etat initial (2022)	2025			2045		
		Scénario référence	Scénario projet	Evolution projet / référence	Scénario référence	Scénario projet	Evolution projet / référence
Total	2 402 806 €	2 314 443 €	2 336 250 €	0,9%	1 828 927 €	2 311 168 €	26,4%

Avec la prise en compte des transports en commun, les coûts liés à la pollution atmosphérique augmentent faiblement, de l'ordre de 1% pour l'état initial et les scénarios de référence et de l'ordre de 2% à 4,5% pour les scénarios projets. Globalement, les évolutions à un même horizon entre un scénario de référence et projet sont similaires, avec ou sans prise en compte des transports en commun sur le linéaire de l'axe mixte.

[2] Les transports en communs sont compris dans les PL

Le tableau ci-dessous présente les coûts collectifs liés à la pollution atmosphérique, sur une année, calculés sur la base des nouvelles données de trafic (avec prise en compte des transports en commun).

Tableau 6 Coûts collectifs liés à la pollution atmosphérique pour une année (en euros) – Etude 2025

Catégorie de véhicules	2025			2045		
	Scénario fil de l'eau	Scénario projet	Evolution projet / Fil de l'eau	Scénario fil de l'eau	Scénario projet	Evolution projet / Fil de l'eau
VT	1 449 385 €	1 475 442 €	1,8%	1 308 650 €	1 432 629 €	9,5%
VL	498 338 €	507 297 €	1,8%	450 013 €	492 685 €	9,5%
PL	1 892 858 €	1 982 368 €	4,7%	1 133 863 €	1 315 648 €	16,0%
Total	3 840 581 €	3 965 106 €	3,2%	2 892 526 €	3 240 962 €	12,0%

L'analyse des coûts collectif liés à la pollution de l'air montre une augmentation des coûts avec les nouvelles hypothèses de trafic. Cette augmentation est en lien avec l'augmentation du kilométrage parcouru sur le réseau d'étude, entre +35% et +47% à l'horizon 2045 (cf. Etude air et santé, Note technique).

Toutefois, avec les nouvelles hypothèses de trafic, il est constaté une augmentation plus modérée des coûts entre les états de référence et projet, de l'ordre de +3% à l'horizon 2025 et de l'ordre de +12% à l'horizon 2045. Cela est en lien avec l'augmentation du nombre de véhicules-km qui est de l'ordre de +2%, à l'horizon 2025, et +10%, à l'horizon 2045, sur le réseau d'étude.

2.2. EFFET DE SERRE

Le coût lié à l'effet de serre est basé sur la valeur de référence attribuée à une tonne de carbone émise.

Pour donner suite aux conclusions de la commission de France Stratégie présidée par Alain Quinet, le coût de la tonne de carbone est de 53 € en 2018, 246 € en 2030 et 491 € en 2040. La valeur tutélaire du carbone évolue selon un rythme linéaire entre 2018 et 2030, ainsi qu'entre 2030 et 2040. Au-delà, le coût du carbone augmente au rythme de 4,5% par an pour atteindre 763 € en 2050 et 1 184 € en 2060. Cette valeur reste constante au-delà de 2060.

Le tableau suivant récapitule les coûts liés à l'effet de serre, en tonnes par jour, obtenus lors de l'étude 2023, complétés avec une prise en compte des transports en commun (TC).

Tableau 7 Coût lié à l'effet de serre pour une année, en euros – Etude 2023

		Etat initial (2022)	2025			2045		
			Scénario référence	Scénario projet	Evolution projet / référence	Scénario référence	Scénario projet	Evolution projet / référence
Sans TC	**CO2 (t/jour)**	65,6	66,5	67,0	+0,7%	47,2	57,7	+22,3%
	Coûts an	2 801 857 €	4 783 015 €	4 814 144 €	+0,7%	11 507 437 €	14 072 091 €	+22,3%
Prise en compte des TC	**CO2 (t/jour)**	65,7	66,7	67,3	+0,9%	47,5	58,9	+24,1%
	Coûts an	2 804 537 €	4 793 426 €	4 830 451 €	+0,8%	11 567 790 €	14 343 191 €	+24,0%

Sur la base des nouvelles hypothèses de trafic, les émissions en CO_2 ont été estimées à l'aide du logiciel TREFIC, basé sur la méthodologie COPERTV.

Tableau 8 Coût lié à l'effet de serre pour une journée en euros – Etude 2025

	2025			2045		
	Scénario fil de l'eau	Scénario projet	Evolution projet / Fil de l'eau	Scénario fil de l'eau	Scénario projet	Evolution projet / Fil de l'eau
CO2 (t/jour)	122,2	125,1	+2,4%	117,3	130,7	+11,4%
Coûts an	7 356 735 €	7 531 719 €	+2,4%	26 207 708 €	29 187 635 €	+11,4%

Les résultats montrent des coûts liés à l'effet de serre plus importants avec les nouvelles modélisations. Cela étant en lien avec l'augmentation du kilométrage parcouru sur tout le réseau d'étude.

Toutefois, ces évolutions sont plus modérées (+2,4% à l'horizon 2025 et +11,4% à l'horizon 2045) et similaires aux évolutions du nombre de véhicules-km sur le réseau d'étude.

2.3. BILANS DES CONSOMMATIONS ENERGETIQUES

En plus des polluants réglementés par les directives européennes, la loi sur l'air prescrit la prise en compte des consommations énergétiques (ou consommation de carburants des véhicules) qui résultent de l'exploitation du projet. Il s'agit d'un indicateur pour estimer l'utilisation rationnelle de l'énergie résultant des déplacements qu'entraîne ou permet d'éviter le projet.

Le tableau suivant récapitule les consommations totales, en kilogrammes par jour, obtenues lors de l'étude 2023 et complétées avec une prise en compte des transports en commun (TC).

Tableau 9 Consommations totales dans le domaine d'étude en kilogramme par jour – Etude 2023

	Etat initial (2022)	2025			2045		
		Scénario référence	Scénario projet	Evolution projet / référence	Scénario référence	Scénario projet	Evolution projet / référence
Consommation totale (sans TC)	20 799	21 125	21 263	0,7%	15 103	18 482	22%
Consommation totale (avec TC)	20 862	21 298	21 534	1,1%	15 374	19 696	28%

Le calcul des consommations, sur la base des nouvelles données de trafic, a été réalisé à l'aide du logiciel TREFIC, basé sur la méthodologie COPERTV.

Le tableau ci-dessous présente le bilan des consommations en kilogrammes par jour pour les différentes situations considérées.

Tableau 10 Consommations dans le domaine d'étude en kilogramme par jour- Etude 2025

	2025			2045		
	Scénario fil de l'eau	Scénario projet	Évolution projet / Fil de l'eau	Scénario fil de l'eau	Scénario projet	Évolution projet / Fil de l'eau
Consommation totale	38 772	39 699	+2,4%	37 496	41 788	+11,4%

Avec la mise en place du projet et sur la base des nouvelles hypothèses de trafic, la consommation totale en carburant augmente de façon plus modérée par rapport à un état sans projet, notamment à l'horizon 2045 avec une évolution de +11,4%.

3. ANALYSE DES COUTS COLLECTIFS DES NUISANCES SONORES ROUTIERES - ETUDE ACOUSTIQUE

Conformément à l'article R.122-5 du Code de l'Environnement, ce chapitre analyse les coûts collectifs des pollutions et des nuisances, et en particulier les coûts associés aux nuisances sonores.

Les valeurs unitaires retenues pour l'évaluation des coûts collectifs sont établies conformément à l'instruction du Gouvernement du 16 juin 2014 relative à l'évaluation des projets de transports, et de la note technique associée de la Direction générale des Infrastructures, des Transports et de la Mer du 27 juin 2014 dont la dernière mise à jour date d'août 2019.

Les valeurs unitaires relatives aux coûts des nuisances sonores prises en considération sont celles proposées par proposées par la commission Quinet en 2013.

3.1. VALEURS DE REFERENCE

La monétarisation des nuisances sonores repose sur l'utilisation de valeurs de référence, tenant compte des effets sanitaires et environnementaux liés aux bruits dus à la circulation des véhicules, dépendantes du type de zone de population concernée du type d'infrastructure, du type de trafic et de la densité du trafic.

Le tableau ci-dessous présente les valeurs des nuisances sonores en euro pour l'année 2015, pour 1000 véhicules par kilomètre en situation de trafic peu dense.

Tableau 11 Valeurs 2015 du coût des nuisances sonores en euros pour 1000 véhicules par km en situation de trafic peu dense

Type de zone	Type d'infrastructure	Coût moyen VL*	Coût moyen PL*	Coût marginal VL*	Coût marginal PL*
Rural	Autoroute	0,5	2	0,03	0,1
	Nationale ou départementale	2	14,6	0,13	0,9
	Communale	11,2	123,4	0,67	7,4
Semi-urbain	Autoroute	2,1	8,4	0,13	0,5
	Nationale ou départementale	3,5	25,1	0,21	1,5
	Communale	18,1	180,6	1,08	10,8
Urbain	Autoroute	6	24,1	0,36	1,4
	Nationale ou départementale	6,1	42,5	0,36	2,6
	Communale	33,7	337	2,02	20,2
Urbain dense	Autoroute	8,9	35,5	0,54	2,1
	Nationale ou départementale	9,7	68,6	0,59	4,1
	Communale	40,6	406,4	2,44	24,4
Urbain très dense	Autoroute	15	60	0,9	3,6
	Nationale ou départementale	18	126,3	1,08	7,6
	Communale	46,1	461,2	2,76	27,6

* le coût moyen est utilisé pour les nouveaux aménagements et le coût marginal est utilisé pour les variations de trafic marginales (voies déjà existantes ou déviations)

En situation de trafic dense, soit lorsque le trafic est supérieur à 80% de la capacité de la route considérée, un coefficient est appliqué au coût en condition de trafic peu dense. Le tableau ci-dessous présente les coefficients à appliquer.

Tableau 12 Coefficient pour obtenir le coût du bruit en situation de trafic dense à partir du coût du bruit en situation de trafic peu dense

Type de véhicules	Autoroute	Urbaine	Non-urbaine
VL	0,7	0,9	0,9
PL	1,3	1,1	0,9

Ces valeurs évoluent en tenant compte de l'évolution du PIB par tête, soit une croissance du coût de +1,5% par an.

3.2. COUT DU BRUIT

Le projet se situe en milieu semi-urbain. Le tableau ci-dessous présente l'ensemble des coûts collectifs totaux du bruit, calculés sur la base des nouvelles hypothèses de trafic, en euro par an, par type de véhicules et pour un trafic peu dense.

Tableau 13 Coûts collectifs liés au bruit pour une année pour un trafic peu dense, en euros

		2025			*2045*		
Type de véhicules	***Type de coût***	***Scénario fil de l'eau***	***Scénario projet***	***Évolution projet / fil de l'eau***	***Scénario fil de l'eau***	***Scénario projet***	***Évolution projet / fil de l'eau***
VL	**Coût total**	44 248 €	87 036 €	96,7%	63 423 €	580 370 €	815,1%
PL	**Coût total**	32 017 €	142 729 €	345,8%	45 178 €	885 837 €	1860,8%
Tous véhicules	**Coût total**	76 265 €	229 765 €	201,3%	108 601 €	1 466 206 €	1250,1%

Une augmentation importante des coûts est observée entre les états de référence 2025 et 2045 qui s'explique principalement par l'augmentation du coût du bruit de +1,5% par an.

De la même manière avec la mise en place du projet, les coûts du bruit augmentent fortement aux horizons 2025 et 2045. Ces augmentations sont liées à l'augmentation de trafic sur le réseau d'étude du fait du projet et à la création de multiples nouvelles voiries, dont le prolongement de l'axe mixte et les axes des futures ZAC.

4. CONCLUSION

L'analyse des coûts collectifs liés à la pollution atmosphérique et à l'effet de serre ont montré une augmentation globale, du fait des nouvelles hypothèses de modélisation, principalement liée à une augmentation du kilométrage parcouru sur le réseau d'étude. Toutefois, les évolutions à un même horizon entre les scénarios de référence et projet sont plus modérées.

Concernant les coûts collectifs liés au bruit, l'analyse réalisée sur la base des nouveaux trafics a montré que le projet entraîne une augmentation des coûts par rapport à un état de référence, cela étant dû à une augmentation du kilométrage parcouru sur le réseau d'étude et à la création de nouvelles voiries (prolongement de l'axe mixte, axes des futures ZAC).

ANNEXE 7 Mémoire en réponse à la demande de compléments de la DEAL de décembre 2025

UNION EUROPÉENNE

REGION REUNION
www.regionreunion.com

Prolongement et réaménagement de l'axe mixte de Saint-Paul

Dossier d'enquête publique unique

COMPLEMENTS 3 A L'ETUDE D'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT VALANT AUTORISATION AU TITRE DE LA LOI SUR L'EAU

biotope

ARTELIA VILLES & PAYSAGES ZONE UP TP INGÉNIERIE CONSEIL ST STRATÉGIES & TERRITOIRES

Le dossier de demande d'Autorisation Environnementale Unique relatif au projet de prolongement et réaménagement de l'axe mixte de Saint-Paul, situé sur la commune de Saint-Paul, a été enregistré au guichet unique de la Police de l'Eau sous le numéro 2024-58 et est référencé dans l'application GUNenv n°0100007894.

Cette demande a été jugée complète et a fait l'objet d'un accusé de réception en date du 21 août 2024.

Dans le cadre de l'examen de ce dossier par les services instructeurs, certains points ont nécessité des compléments d'information afin de permettre la poursuite de l'instruction. Par courrier en date du 17 décembre 2025, la DEAL a ainsi formulé une troisième demande de compléments portant principalement sur la prise en compte de certains enjeux environnementaux, notamment en matière de biodiversité.

La présente note constitue le mémoire en réponse à cette demande de compléments.

Les questions formulées par le service instructeur sont intégralement reprises dans le présent document et les réponses apportées sont présentées en bleu à la suite de chacune d'elles.

Note rédigée en coordination avec :

- **Région** : Mélissa Magnier, Quentin Goujon
- **Artelia** :
    - Théo Jezequel, Patrick Porru – éléments projets
    - Sébastien Guermonprez et Laurent David – hydraulique
    - Matthias Brenier – contenu réglementaire
- **Biotope** : Mathieu Souquet– biodiversité
- **ZoneUp** : Laurence Bregent, Fanny Spaeth – paysage

1. Analyse sur les aspects urbanisme, paysage et bruit

1.1. Enjeu bruit

Demande de la DEAL

L'aménagement urbain viendra globalement après les travaux de création de l'axe mixte. Il en résulte que le classement sonore futur de cette nouvelle voie générera des contraintes pour la ZAC Écocité PHAONCE.

Le pétitionnaire est donc invité de fait à poursuivre les échanges avec le Territoire de l'Ouest et à réaliser la surveillance régulière des émissions effectives par des campagnes de mesurage, qui devront donner lieu, en cas de dépassement des seuils, à la mise en œuvre de mesures correctives.

Réponse :Le projet d'axe mixte s'inscrit dans un contexte d'aménagement urbain plus large comprenant notamment le développement de la ZAC Écocité PHAONCE, portée par le Territoire de l'Ouest.

Comme indiqué dans l'étude d'impact, le projet a fait l'objet d'une analyse acoustique prévisionnelle, permettant d'évaluer les niveaux sonores générés par la future infrastructure.

Le classement sonore futur de l'axe mixte constituera un élément à prendre en compte dans la conception des opérations d'aménagement urbain situées à proximité de l'infrastructure, notamment en matière d'implantation des bâtiments et d'isolation acoustique des constructions.

Dans ce contexte, les échanges entre le maître d'ouvrage du projet et le Territoire de l'Ouest seront poursuivis afin d'assurer la bonne prise en compte des contraintes acoustiques dans la planification et la conception des aménagements de la ZAC Écocité PHAONCE.

Les résultats de l'étude acoustique figurant dans l'étude d'impact permettent d'anticiper les niveaux sonores associés à la future infrastructure et constituent un outil d'aide à la conception des aménagements urbains à venir.

1.2. Enjeu paysager

Demande de la DEAL

Sur le volet paysager, il est vivement recommandé d'associer le paysagiste Conseil de l'État (ACPC) dans le travail en lien avec le Territoire de l'Ouest, maître d'ouvrage de la ZAC Écocité PHAONCE, puisque les interfaces entre les deux projets sont essentielles.

Le paysagiste conseil a effectivement été associé lors de réunions de présentation de ce projet.

Par ailleurs, des séquences paysagères intégrant des ouvertures visuelles sur le grand paysage et les parcs ont été prévues.

Des ouvertures visuelles sur le grand paysage et les parcs sont bien ménagées dans le cadre du projet.

Le pétitionnaire veillera à la mise en place d'une strate herbacée et arbustive basse diversifiée, garantissant une ouverture visuelle adéquate selon la hauteur retenue. Les espaces engazonnés en pied d'alignement, nécessitant un entretien par débroussaillage, sont à proscrire, car ils ne créent pas les conditions écologiques favorables au bon développement des plantations.

Il n'y a pas de gazon prévu dans le cadre du projet : toutes les noues avec plantation d'arbres sont plantées avec des massifs multi-strates. Il y a quelques espaces prévus en prairie avec ponctuellement des arbres d'ombrage. Pour ces espaces des protections de collets ont été prévues et l'entretien préconisé est la fauche 3 fois / an.

2. Analyse sur les aspects urbanisme, paysage et bruit

2.1. Enjeux biodiversité

2.1.1. 2.1.1 Préambule

Demande de la DEAL

Le dossier a été modifié suite aux deux demandes de compléments envoyées au pétitionnaire. Certaines observations ont bien été prises en compte. Toutefois, des éléments nouvellement transmis appellent parfois à des précisions.

Parmi les recommandations qui n'ont pas été suivies, certaines sont directement liées à la complétude du dossier et compromettent la poursuite de l'instruction. D'autres sont liées à la régularité et fragilisent le dossier en vue de sa présentation au CNPN puis à l'enquête publique.

Il est ainsi recommandé de compléter le dossier de l'ensemble des points présentés ci-dessous.

Réponse apportée :

Le pétitionnaire prend note des observations formulées par la DEAL dans le cadre de la présente demande de compléments.

Il est rappelé que le dossier de demande d'Autorisation Environnementale Unique a été jugé complet par les services instructeurs et a fait l'objet d'un accusé de réception en date du 21 août 2024.

Le courrier de la DEAL mentionne que certaines recommandations seraient liées à la complétude du dossier, tandis que d'autres concerneraient sa régularité en vue de sa présentation au CNPN puis à l'enquête publique.

Toutefois, la formulation retenue dans l'introduction du volet biodiversité indique qu'il est « recommandé » de compléter certains points du dossier, ce qui suggère qu'il s'agit davantage de demandes de précision ou d'amélioration de la lisibilité du dossier, plutôt que d'éléments remettant en cause sa complétude réglementaire.

Par ailleurs, plusieurs observations mentionnent des éléments nouvellement transmis appelant à des précisions. Il est toutefois à noter que certaines remarques portent également sur des éléments déjà présents dans le dossier initial et qui n'avaient pas fait l'objet de commentaires lors des précédentes phases d'instruction.

La présente note vise ainsi à apporter les précisions attendues par le service instructeur, afin de faciliter la poursuite de l'instruction du dossier.

Concernant la référence à une éventuelle saisine du Conseil National de la Protection de la Nature (CNPN), il est précisé que le dossier ne relève pas d'une telle procédure.

En effet, la seule espèce qui aurait pu conduire à une saisine du CNPN correspond au Bois de Paille en Queue. Toutefois, cette espèce n'est pas impactée par le projet. Sa mention dans le CERFA de demande de dérogation espèces protégées résulte d'une erreur matérielle, liée à l'action de renaturation prévue au niveau de la ravine La Plaine, impliquant une collecte de graines.

Or cette espèce ne figure pas dans la palette végétale retenue dans la mesure MR07. Cette erreur sera corrigée dans le dossier.

Dans ces conditions, la procédure relative à la dérogation espèces protégées (DDEP) relève d'une instruction au niveau local, sans nécessité de saisine du CNPN.

Les réponses détaillées aux différents points soulevés par la DEAL sont présentées ci-après.

2.1.2. Observations prises en compte

- Aires d'études

Demande de la DEAL

Le périmètre a bien été légèrement élargi en partie sud. Toutefois, cette information n'est pas précisée dans le chapitre dédié aux aires d'études en début d'analyse. Ce n'est précisé qu'en page 94 dans la partie 2.2.6.

Le dossier sera présenté pour avis au CNPN avant d'être soumis à enquête publique. Il serait pertinent de mettre à jour le dossier intégralement pour faciliter la lecture et éviter des incompréhensions.

Réponse apportée

Dans le cadre des compléments apportés au dossier, des prospections supplémentaires ont été réalisées dans la partie sud de l'aire d'étude, à la demande des services de la DEAL. Ces investigations ont conduit à élargir légèrement le périmètre d'étude dans ce secteur, afin de mieux prendre en compte les enjeux écologiques potentiels.

Cette évolution du périmètre est mentionnée dans l'étude d'impact, notamment dans la partie 2.2.6, où les éléments relatifs aux inventaires complémentaires sont présentés.

Afin d'améliorer la cohérence et la lisibilité du dossier, cette précision sera également reportée dans la section introductive consacrée à la définition des aires d'étude, située au début de l'analyse environnementale. Cette mise à jour rédactionnelle permettra de présenter plus clairement l'évolution du périmètre d'étude intégrant les prospections complémentaires réalisées dans la partie sud du projet.

Par ailleurs, précisons à nouveau que le dossier ne relève pas d'une saisine du Conseil National de la Protection de la Nature (CNPN). La procédure relative à la dérogation espèces protégées est instruite au niveau local, aucune espèce impactée par le projet ne justifiant une saisine du CNPN.

- Efforts d'inventaires

Demande de la DEAL

La mise à jour des inventaires réalisée en hiver 2025 est très localisée (2 journées d'inventaires pour la flore sur la partie sud).

Toutefois, le décret du 11 août prévoit que les inventaires réalisés dans le cadre de l'état initial doivent avoir été achevés ou actualisés moins de 5 ans avant le dépôt du dossier.

Les inventaires ayant été réalisés en 2021 sur l'ensemble du tracé, une mise à jour de ces derniers n'est pas nécessaire pour permettre les suites de l'instruction.

Réponse apportée :

Les inventaires naturalistes réalisés dans le cadre de l'étude d'impact ont été menés en 2021 sur l'ensemble du tracé du projet, couvrant les différents groupes taxonomiques étudiés.

Ces inventaires ont été réalisés conformément aux exigences méthodologiques applicables à l'évaluation environnementale et permettent de caractériser de manière représentative l'état initial des milieux naturels et de la biodiversité sur le secteur d'étude.

La mise à jour réalisée en hiver 2025 avait pour objectif d'apporter un complément ponctuel d'observation sur la partie sud du projet, notamment afin de vérifier certaines évolutions locales de la flore.

Au regard des dispositions de l'article R.411-21-4 du Code de l'environnement, les inventaires réalisés en 2021 demeurent valables pour la poursuite de l'instruction du dossier, dans la mesure où ils ont été réalisés dans un délai inférieur à cinq ans avant le dépôt du dossier.

Ainsi, les données naturalistes disponibles permettent de caractériser de manière fiable l'état initial du site et d'évaluer les incidences du projet sur la biodiversité.

- Caractérisation du milieu savanaire

Demande de la DEAL

L'analyse du milieu a bien été revue pour prendre en compte les publications scientifiques récentes sur le sujet. Toutefois, l'évaluation de l'enjeu n'a pas été modifiée.

S'agissant d'un milieu sub-primaire et par conséquent indigène, l'enjeu devrait être revu à la hausse. L'état du milieu présentant des espèces exotiques envahissantes induit la nécessité de proposer des mesures de lutte pour retrouver la fonctionnalité du milieu initial.

Réponse apportée :

Le secteur concerné par le projet correspond à des formations de savanes herbacées secondaires, correspondant à l'habitat Corine Biotope 87.191 – Savanes herbacées.

Ces formations sont caractérisées dans le dossier comme des milieux semi-naturels secondaires, largement influencés par les activités humaines et présentant un degré d'anthropisation marqué, notamment par la présence d'espèces exotiques envahissantes.

Comme précisé dans l'étude d'impact, ces savanes correspondent à des savanes herbacées secondaires communes sur l'île, par opposition aux savanes primaires, beaucoup plus rares et localisées notamment aux abords de la Rivière des Galets (Lacoste & Picot, 2014).

Au regard de ces éléments, l'habitat concerné a été caractérisé dans l'étude d'impact comme un habitat à enjeu écologique moyen, de statut commun à l'échelle de l'île, et non endémique.

Bien que ce milieu présente un intérêt écologique lié à son caractère semi-naturel, son état de conservation est fortement altéré, notamment en raison de la présence d'espèces exotiques envahissantes et de l'influence des usages anthropiques.

Dans ce contexte, l'analyse présentée dans le dossier considère que l'enjeu écologique associé à cet habitat peut être reconnu, sans que cela ne conduise pour autant à revoir à la hausse l'évaluation des impacts du projet, compte tenu du caractère secondaire et largement répandu de ce type de formation végétale.

Une attention particulière est toutefois portée à la présence de l'espèce protégée Zornia gibbosa, identifiée localement dans le secteur d'étude. Cette espèce constitue le principal enjeu floristique identifié dans le cadre du projet et fait l'objet d'une prise en compte spécifique dans l'analyse des incidences et les mesures prévues.

Il est également rappelé que cette espèce est présente plus largement dans le secteur, au-delà des seules zones directement concernées par le projet.

Par ailleurs, des mesures de gestion des espèces exotiques envahissantes (EEE) sont prévues dans le cadre du projet. Ces mesures concernent notamment les habitats de savane, afin de limiter la propagation des espèces invasives et de favoriser une gestion écologique des espaces concernés.

- Conservation du statut de protection des espèces

Demande de la DEAL

Les espèces protégées conservent leur statut de protection et ont été localisées.

Une seule espèce protégée se situe dans l'aire des travaux de recalibrage de la ravine La Plaine et fait l'objet d'une demande de dérogation.

Il convient toutefois de supprimer l'analyse de 2021 retirant le statut de protection des espèces encore présente dans le dossier.

Par ailleurs, une erreur est présente en page 97 : l'arrêté fixant la liste des espèces de flore protégées date de 2017 et non de 1987.

Réponse apportée :

Une seule espèce protégée est identifiée au sein de l'emprise des travaux liés au recalibrage de la Ravine La Plaine, et fait à ce titre l'objet d'une demande de dérogation au titre des espèces protégées, intégrée au dossier.

Concernant l'analyse précédemment présentée dans la version initiale du dossier, les éléments susceptibles de prêter à confusion quant au statut de protection des espèces ont été corrigés dans la version actualisée du dossier, afin de garantir la cohérence de l'analyse.

Par ailleurs, l'erreur relative à la référence réglementaire mentionnée dans le dossier est corrigée, l'arrêté fixant la liste des espèces de flore protégées à La Réunion datant effectivement de 2017.

2.1.3. Complétude – Observations à prendre en compte

- **Analyse des impacts cumulés**

Demande de la DEAL

Aucune analyse n'est proposée. Sans analyse des impacts cumulés, le dossier ne peut être qualifié de régulier

Réponse apportée :
Une analyse des impacts cumulés est bien intégrée dans l'étude d'impact jointe au dossier de demande d'Autorisation Environnementale Unique.

Cette analyse est présentée dans le chapitre 7.6 de l'étude d'impact, qui examine les interactions potentielles entre le projet et les autres projets connus du territoire susceptibles de générer des effets combinés.

Les incidences cumulées spécifiques à la biodiversité sont par ailleurs analysées de manière détaillée dans le chapitre 5 du Volet Naturel de l'Étude d'Impact (VNEI) annexé au dossier.

Ces analyses prennent en compte les projets d'aménagement connus à proximité du secteur d'étude.

2.1.4. Régularités – fragilités du dossier

- **Enjeux faunistiques / Conditions d'obtention d'une dérogation espèces protégées**

Demande de la DEAL

Les travaux sont-ils de nature à impacter toutes les stations de l'espèce protégée ? D'autres stations, hors d'emprise directe, ont-elles été inventoriées ?

S'agissant d'un des derniers habitats de l'île pour cette espèce, la réponse à cette question est essentielle pour déterminer si le projet répond aux conditions de délivrance d'une dérogation.

Réponse apportée :
Les remarques formulées portent sur les enjeux floristiques identifiés dans le cadre de l'étude d'impact, et non faunistiques comme indiqué dans l'avis et au regard des questions posées ensuite notamment. Il s'agit donc plus particulièrement de l'une ou l'autre des deux espèces de flore protégée constituant les principaux sujets de vigilance dans le dossier, à savoir *Zornia gibbosa et le Phragmites mauritianus*.

Cas de *Phragmites mauritianus*

Les travaux projetés n'impactent pas l'ensemble des stations connues de ces espèces à l'échelle de La Réunion, mais une station isolée dans un état de conservation qui est par ailleurs régulièrement mis à mal par des « entretiens » non contrôlés comme nous avons pu le constater sur site le 02/04/2025 lors d'une visite de contrôle. Cette visite faisait suite à des analyses diachroniques de prises de vues aériennes qui tendaient à démontrer l'entretien de la zone et notamment, autour des périodes d'inventaires réalisés en 2021. Les clichés suivants illustrent la situation constatée :

Concernant *Phragmites mauritianus*, l'espèce est connue dans plusieurs autres secteurs de l'île et notamment dans différentes zones humides naturelles appartenant à plusieurs éco-régions, dont notamment :

- La Réserve Naturelle Nationale de l'Étang de Saint-Paul (RNESP) ;
- Le secteur de Bocage Sainte-Suzanne – Étang de Bois Rouge ;
- Le secteur de l'Étang du Gol.

Les données disponibles, notamment issues du SINP de la DEAL, confirment que l'espèce est présente dans plusieurs stations à l'échelle de l'île. A noter qu'elle est aussi connue être présente dans des jardins et utilisée en plante d'agrément dans des mares et bassins privés (source : CBNM). La station concernée par le projet correspond par ailleurs sans doute à une implantation spontanée dans un milieu donc fortement anthropisé et dégradé.

Cas de *Zornia gibbosa*

Les stations de Zornia gibbosa présentes dans l'emprise du projet ont été inventoriées et localisées dans le dossier.

Pour rappel les habitats dits de savanes concernés par le projet, comme indiqué plus haut et précisé dans l'étude d'impact, correspondent à des savanes herbacées secondaires communes sur l'île, par opposition aux savanes primaires, beaucoup plus rares et localisées notamment aux abords de la Rivière des Galets (Lacoste & Picot, 2014).

Il convient par ailleurs de rappeler que cette espèce est annuelle, ce qui signifie que son apparition peut varier selon les années et les conditions écologiques et climatiques locales. De nouvelles stations peuvent ainsi apparaître ponctuellement dans des milieux favorables. Le projet prévoit dans tous les cas une dérogation dédiée et des mesures adaptées dont celle de balisage d'espèces remarquables avant tout travaux en phase opérationnelle.

Initialement considérée comme particulièrement rare lors de sa description et son inscription sur la liste des espèces protégées, cette espèce est aujourd'hui largement documentée sur l'île, avec de nombreuses stations identifiées ces dernières années dans différents contextes, notamment dans des milieux anthropisés ou dégradés voire remaniés. Plusieurs observations récentes sont notamment recensées dans les bases de données du SINP de la DEAL, mais aussi encore en cours dans le cadre d'autres opérations d'aménagement menées sur les régions Ouest et Nord de l'île et dans de grandes proportions et sur de nombreux milieux là aussi dégradés.

État des habitats concernés

Les habitats concernés par le projet sont réduits correspondent à des milieux déjà fortement anthropisés et dégradés, dont la qualité écologique reste limitée à la présence de l'espèce

À l'échelle de l'île, il existe d'autres habitats de bien meilleure qualité écologique pour ces espèces, notamment dans les zones humides naturelles et les secteurs bénéficiant d'un meilleur état de conservation.

Ainsi, les milieux présents dans l'emprise du projet ne peuvent être considérés comme faisant partie des derniers habitats de l'île pour ces espèces.

Mesures prévues

Le projet intègre plusieurs mesures spécifiques visant à limiter les incidences sur ces espèces, notamment :

- le balisage préalable des stations identifiées avant le démarrage des travaux ;
- la mise en œuvre des mesures prévues dans le cadre de la dérogation espèces protégées ;
- des mesures de conservation et de gestion des stations identifiées ;
- la mise en œuvre de mesures de renaturation et de compensation et prévues notamment dans le cadre des mesures MR07, 08 et MC01.

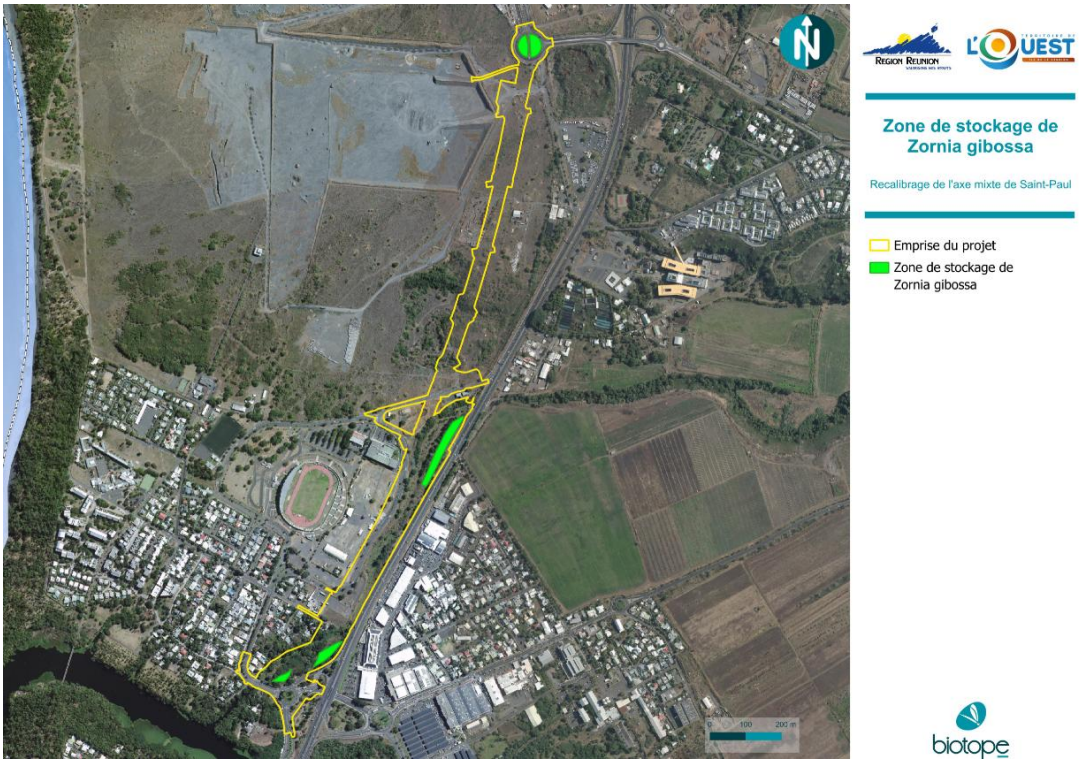


Figure 1 Cartographie des zones privilégiées de transplantation de Zornia gibbosa

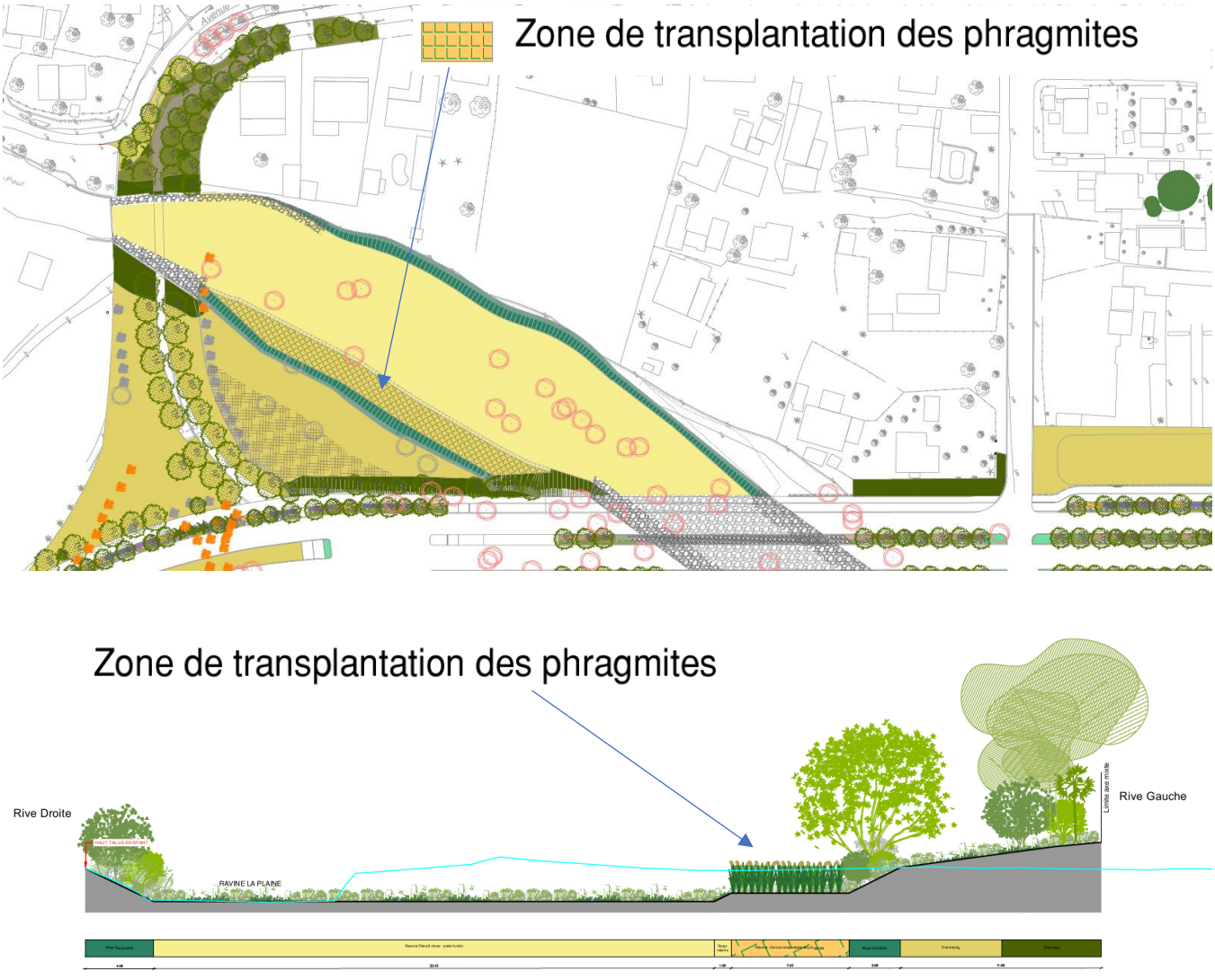


Figure 2 Localisation de la zone de transplantation de phragmites et coupe paysagère de principe de l'aménagement

Ces mesures visent à maintenir les stations identifiées et à éviter toute disparition des espèces concernées, notamment par des actions de conservation, de déplacement ou de gestion écologique adaptées.

Au regard de ces éléments, les impacts du projet sur ces espèces restent localisés et maîtrisés, et ne remettent pas en cause le maintien dans un état de conservation favorable des populations à l'échelle de leur aire de répartition naturelle, conformément aux conditions prévues par l'article L.411-2 du Code de l'environnement.

- Enjeux habitat

Demande de la DEAL

Le dossier précise que le projet n'interfère pas avec la Réserve Naturelle Nationale de l'Étang Saint-Paul (RNESP). Comme indiqué dans la demande de compléments du 4 mars 2025, le gestionnaire de la réserve devrait être consulté pour s'assurer que les mesures de réduction d'impact soient suffisantes pour garantir l'absence d'impact en réserve.

La RNESP prévoit des actions de renaturation similaires à la MR07 prévue dans le dossier. Une mutualisation des moyens peut être envisagée pour gagner en efficacité.

Comme indiqué dans la demande de compléments du 28 novembre 2024, le pétitionnaire devra amender le dossier par une analyse de l'incidence du recalibrage de la ravine La Plaine et préciser les mesures prises pour préserver les équilibres écologiques au niveau de l'embouchure de la ravine de l'Étang en réserve naturelle.

Réponse apportée :

Le gestionnaire de la Réserve Naturelle Nationale de l'Étang de Saint-Paul (RNESP) a été rencontré dans le cadre des études du projet, notamment lors de la phase Avant-Projet (AVP), afin d'échanger sur les enjeux écologiques du secteur et sur les modalités de prise en compte de la réserve dans la conception du projet.

Par ailleurs, la RNESP est associée au suivi du projet dans le cadre du comité de pilotage (COPIL). À ce titre, elle est régulièrement informée de l'avancement des études et des orientations retenues.

La mesure MR07 est prévue au sein de l'emprise du projet, sur le tronçon aval de la ravine La Plaine. Elle vise à mettre en place une valorisation écologique et paysagère permettant de renforcer la continuité écologique le long de la ravine, en lien avec les milieux naturels situés à l'aval et, plus largement, avec les espaces de la Réserve Naturelle Nationale de l'Étang de Saint-Paul (RNESP).

Les impacts et cette mesure n'interviennent toutefois pas dans le périmètre de la réserve naturelle et n'est pas directement liée aux actions de gestion susceptibles d'y être menées. La mesure constitue une action complémentaire dans l'emprise du projet, localisée à proximité de la réserve mais en dehors de celle-ci.

Une mutualisation éventuelle de certaines actions sera envisagée avec la RNESP le moment venu. Néanmoins, les secteurs d'intervention étant distincts, cette coordination devra être appréciée au moment de la mise en œuvre opérationnelle de la mesure. La temporalité de mise en œuvre de la mesure est difficilement précise à ce jour. Elle dépend : du délai d'instruction, de l'obtention de l'autorisation, du lancement du chantier, des travaux d'abord de recalibrage de la section de ravine concernée pour enfin mettre en œuvre la valorisation paysagère et écologique proposée. La mesure interviendra donc à une échéance qui est à date éloignée et qui permettra, le moment venu (notamment lors de sa préparation anticipée), d'étudier en lien avec la RNESP si certaines actions sont mutualisables.

Enfin, le recalibrage ne va pas au-delà de la Ravine la Plaine et non plus jusqu'à sa confluence avec la ravine de l'Etang. "*les équilibres écologiques au niveau de l'embouchure de la ravine de l'Etang*" tel qu'indiqués sont géographiquement au-delà, et ne seraient éventuellement perturbés que par des éléments d'ordres physiques de la phase de chantier par ex. : turbidité, pollutions accidentelles etc. ou en exploitation liés aux débits et potentiels phénomènes hydro sédimentaires ou morphologiques. Or, le dimensionnement prend en compte donc ces enjeux (physico-chimie, débit, impact hydro sédimentaire maitrisés et assainissement amélioré en phase d'exploitation, ...) et les impacts bruts chantier sont aussi traités par des mesures dans le dossier. Le Groupement considère donc que ces éléments sont déjà de nature à complètement répondre à la remarque.

- Mesures ERC MR03 – Mise en place des travaux sensibles en dehors de la période de plus forte activité pour les chauves-souris (été austral)

Demande de la DEAL

Pour contrôler la bonne application de la mesure, le service instructeur et le pétitionnaire doivent s'entendre dès à présent sur ce qui constitue des « travaux sensibles ». Le détail doit être ajouté au dossier.

Réponse apportée :

Les travaux sensibles correspondent aux interventions susceptibles de générer des perturbations potentielles pour la faune, en l'occurrence pour les chiroptères, en lien avec :

- La production de bruits et vibrations importants ;
- L'émission de poussières ;
- La mise en œuvre d'éclairages artificiels ;
- Et, de manière générale, les travaux susceptibles de générer des perturbations durant les périodes de plus forte activité biologique, notamment entre le crépuscule et l'aube.

La période de sensibilité identifiée correspond principalement à la saison estivale, période de plus forte activité des chiroptères.

Dans ce contexte, il est rappelé que les travaux de nuit sont proscrits dans le cadre du projet.

De plus, afin de garantir une bonne prise en compte des enjeux écologiques, un repérage et un balisage des espèces ou habitats à enjeux seront actualisés au démarrage du chantier, afin de disposer d'une connaissance à jour des enjeux écologiques pré-identifiés en phase étude et, le cas échéant, nouvellement présents sur le site.

Le chantier sera par ailleurs accompagné par une coordination environnementale, associant la maîtrise d'ouvrage et la maîtrise d'œuvre, afin de veiller à la bonne application des mesures environnementales prévues et d'adapter, si nécessaire, les dispositions opérationnelles. Ce dispositif est couramment mis en œuvre sur des projets similaires à La Réunion et fait l'objet d'un retour d'expérience solide dans le cadre de nombreuses opérations déjà instruites par les services de l'État, notamment vis-à-vis des chiroptères.

- Mesures ERC MR07 – Renaturation de la partie aval de la ravine La Plaine

Demande de la DEAL

Cette mesure de réduction est à requalifier en mesure de compensation d'impact. La mesure doit être plus précise.

La localisation est floue : « aval de la ravine, zone A ». La localisation doit être clairement identifiée et communiquée dans le dossier de demande de dérogation espèce protégée. Une carte doit être ajoutée.

La superficie de la zone concernée par la renaturation doit être précisée pour comparaison avec la surface impactée.

Réponse apportée :

La mesure MR07 vise à mettre en œuvre une renaturation écologique des abords de la ravine La Plaine, au sein de l'emprise du projet. Cette mesure n'est pas considérée comme une mesure de compensation au sens strict, dans la mesure où les habitats concernés sur le secteur présentent des enjeux écologiques qualifiés de moyens.

La seule espèce concernée par une compensation spécifique correspond à la station de Phragmites, pour laquelle une mesure adaptée est prévue.

La mesure MR07 vise à :

- Introduire une palette végétale d'intérêt écologique ;
- Renforcer la diversité floristique des milieux restaurés ;
- Améliorer la qualité écologique des berges et abords de la ravine.

Les espèces introduites seront issues de collectes de semences réalisées sur des individus proches afin de garantir la cohérence écologique locale, mais situés hors emprise du chantier.

Les habitats humides autres que les phragmites ont vocation à se reconstituer spontanément en fonction des conditions hydrologiques et hydromorphologiques qui se mettront en place après travaux, lesquelles resteront globalement comparables à celles observées actuellement.

La mesure vise ainsi à générer une plus-value écologique sur les espaces réaménagés, sans correspondre à une compensation stricte d'une perte d'habitat.

En termes de surface, la renaturation couvre la totalité de la surface impactée soit :

- 5 800m² de berges plantées
- 660m² de zone de compensation de phragmite
- 2 900 m² de berges avec semis de prairie uniquement

S'agissant de la localisation cartographique, préexistante dans le dossier global, elle sera reprécisée dans la fiche mesure du VNEI et du DDEP. Elle est rappelée en annexe 4.

- Calendrier des travaux et prise en compte de l'avifaune

Demande de la DEAL

Le calendrier des travaux et le phasage doivent être précisés : le dossier doit indiquer la date prévisionnelle de début et de fin des travaux de recalibrage puis préciser la date à partir de laquelle débuteront les travaux de plantation.

Le service instructeur doit avoir connaissance de la période estimée pendant laquelle les oiseaux nicheurs pourraient être privés d'habitat.

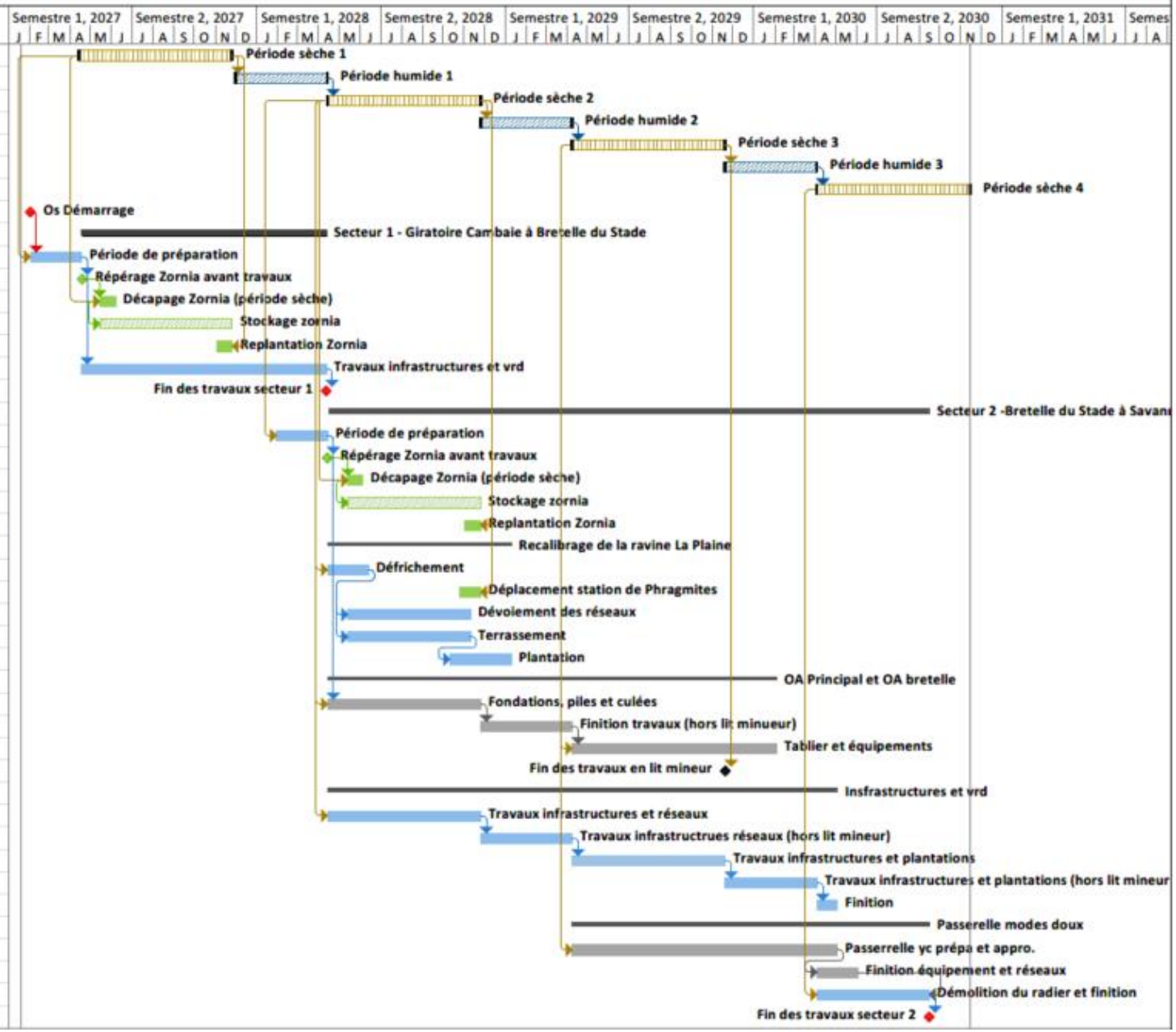
Le cas échéant, il pourrait être pertinent de proposer une mesure de compensation d'impact pour ces espèces.

Réponse apportée :

Le calendrier prévisionnel des travaux est précisé ci-après :

Prolongement et réaménagement de l'axe mixte de Saint-Paul
Principe de planning prévisionnel de travaux

N°	Nom de la tâche	Durée
1	Période sèche 1	7,5 mé
2	Période humide 1	4,5 mé
3	Période sèche 2	7,5 mé
4	Période humide 2	4,5 mé
5	Période sèche 3	7,5 mé
6	Période humide 3	4,5 mé
7	Période sèche 4	7,5 mé
8	Os Démarrage	0 jr
9	**Secteur 1 - Giratoire Cambaie à Bretelle du Stade**	**311 jrs**
10	Période de préparation	2,5 mé
11	Répérage Zornia avant travaux	0 jr
12	Décapage Zornia (période sèche)	0,75 mé
13	Stockage zornia	6,5 mé
14	Replantation Zornia	0,75 mé
15	Travaux infrastructures et vrd	12 mé
16	Fin des travaux secteur 1	0 jr
17	**Secteur 2 -Bretelle du Stade à Savanna**	**685 jrs**
18	Période de préparation	2,5 mé
19	Répérage Zornia avant travaux	0 jr
20	Décapage Zornia (période sèche)	0,75 mé
21	Stockage zornia	6,5 mé
22	Replantation Zornia	0,75 mé
23	**Recalibrage de la ravine La Plaine**	**192 jrs**
24	Défrichement	2 mé
25	Déplacement station de Phragmites	1 mé
26	Dévoiement des réseaux	6 mé
27	Terrassement	6 mé
28	Plantation	3 mé
29	**OA Principal et OA bretelle**	**471 jrs**
30	Fondations, piles et culées	7,5 mé
31	Finition travaux (hors lit minueur)	4,5 mé
32	Tablier et équipements	10 mé
33	Fin des travaux en lit mineur	0 jr
34	**Insfrastructures et vrd**	**536 jrs**
35	Travaux infrastructures et réseaux	7,5 mé
36	Travaux infrastructrues réseaux (hors lit mineur)	4,5 mé
37	Travaux infrastructures et plantations	7,5 mé
38	Travaux infrastructures et plantations (hors lit mineur)	4,5 mé
39	Finition	1 mé
40	**Passerelle modes doux**	**375 jrs**
41	Passerrelle yc prépa et appro.	13 mé
42	Finition équipement et réseaux	2 mé
43	Démolition du radier et finition	5,5 mé
44	Fin des travaux secteur 2	0 mé



Il décrit notamment :

- les travaux de recalibrage de la ravine ;
- les opérations de plantation et de renaturation ;
- et la durée globale du chantier.

Ces éléments demeurent toutefois indicatifs au stade actuel des études, le calendrier définitif dépendant notamment du délai d'instruction et de l'obtention des autorisations nécessaires, de l'attribution des marchés et des mises au point éventuelles en phase d'EXEcution.

La prise en compte des périodes de sensibilité de la faune sera quoi qu'il en soit appliquée, avec des principes évidents qui seront respectés tels que des interventions réduites en périodes cyclonique à risque de crues, qui sont des périodes favorables à la fréquentation des oiseaux d'eau par exemple.

Les inventaires réalisés montrent que le secteur présente un intérêt nettement inférieur à celui de la RNESP, les observations d'oiseaux d'eau y étant ponctuelles et sans reproduction observée.

Le risque de fréquentation ponctuelle ne peut être totalement exclu mais sera pris en compte dans le cadre des mesures prévues pour le chantier, notamment :

- ME02 (repérage et balisage écologique)
- MA01 et MA02 (coordination environnementale).

Un suivi écologique spécifique sera également réalisé pendant 5 années après les travaux.

Dans ce contexte, la mise en place d'une mesure de compensation pour privation temporaire d'habitat pour les oiseaux d'eau (non nicheurs sur la zone lors des inventaires) n'apparaît pas pertinente.

- Récolte de graines et dérogation espèces protégées

Demande de la DEAL

L'action de récolte doit être présentée dans le dossier. La méthodologie doit être clairement précisée.

Ce mode opératoire sera présenté pour avis au CBNM avant d'être présenté au CNPN afin de solidifier la demande.

Il conviendra également de préciser dans le dossier que ces espèces ne seront pas concernées par les travaux, y compris les travaux de recalibrage de la ravine. Enfin, il sera précisé à quelle distance des travaux les espèces se situent afin de s'assurer qu'il n'est pas nécessaire de les mettre en évidence pour Un repérage par toute personne travaillant sur le chantier.

Réponse apportée :

À ce stade du projet, il n'est pas possible de préciser de manière exhaustive la méthodologie opérationnelle (au-delà des espèces cibles, de leur localisation géographique d'ensemble proche du site d'aménagement et où les espèces cibles sont présentes, ou encore le nombre d'individus, cela étant déjà bien), ces interventions étant prévues en phase d'aménagement paysager, soit en fin de calendrier du projet et, autrement dit dans plusieurs années à date, seront précisées le moment venu.

Par ailleurs, et comme déjà stipulé dans les dossiers, la mise en œuvre de la mesure a fait l'objet d'une consultation préalable du CBNM, sera anticipée et coordonnée par la maîtrise d'œuvre, le paysagiste et la coordination environnementale de chantier (MA01), et fera l'objet d'échanges et validations avec la DEAL et le CBNM avant réalisation.

Si nécessaire, ces actions pourront faire l'objet d'un CERFA spécifique ultérieurement, lorsque les modalités précises seront objectivement connues.

Il est également rappelé qu'une erreur matérielle s'est glissée dans le CERFA, mentionnant le Bois de Paille en Queue (*Monarrhenus salicifolius*). Cette espèce n'est pas concernée par le projet, et ne figure donc pas dans la palette végétale retenue (y compris dans la fiche mesure associée) et ne correspond pas aux conditions écologiques du site. Par conséquent, aucune espèce concernée par le projet ne nécessite de saisine du CNPN.

L'action de récolte de semences concerne des individus existants situés hors emprise du projet, qui ne sont donc pas impactés par aucun des travaux ni par l'emprise définitive de projet.

Ces prélèvements seront réalisés à proximité du site, notamment aux alentours de la RNESP (mais hors d'elle) et en rive droite de la ravine de l'étang notamment, afin de garantir une cohérence écologique et génétique des plantations à réaliser ensuite dans la zone d'application de la mesure.

Le besoin de les matérialiser n'apparait pas nécessaire vis à vis du chantier de fait. Par ailleurs et dans tous les cas, vis à vis du chantier, toutes les espèces à enjeux feront l'objet d'un éventuel balisage avant chantier, tel que prévu dans le dossier par la ME02, même si dans ce cas précis les espèces évoquées ne sont pas concernées.

Elles seront en revanche et bien entendu identifiées dans le cadre du suivi de la mise en œuvre de la mesure.

- Lutte contre les espèces exotiques envahissantes

Demande de la DEAL

Une action de suivi et de lutte contre les EEE de 10 ans est un minimum.

Réponse apportée

La lutte contre les espèces exotiques envahissantes est prévue dans le cadre de la mesure MR10, applicable durant les phases de chantier et d'exploitation.

Il est précisé désormais que la durée minimale de mise en œuvre est prévue sur 10 ans.

Cette action sera accompagnée par le suivi écologique prévu dans la mesure MS01.

Le gestionnaire assurera par ailleurs l'entretien à long terme des emprises, permettant de prolonger cette action au-delà de cette durée.

Dans les secteurs susceptibles d'être rétrocédés à d'autres gestionnaires, les conventions associées intégreront la nécessité de maintenir ces actions dans la durée.

- MR_08 – Déplacement des horizons superficiels du sol

Demande de la DEAL

Le calendrier de la mesure / phasage doit être communiqué. La période propice pour réaliser les travaux de décapage doit être précisée.

La zone de stockage des terres doit être indiquée et localisée à l'aide d'une carte. Ces terres devront être entreposées sous une première bâche géotextile puis une seconde imperméable pendant toute la durée de stockage.

Le dossier prévoit un relargage des substrats où sont situés les individus de l'espèce protégée Zornia gibbosa, sur les berges de noues.

Avant travaux, l'espèce protégée est située sur un milieu naturel, à savoir une savane herbacée sub-primaire.

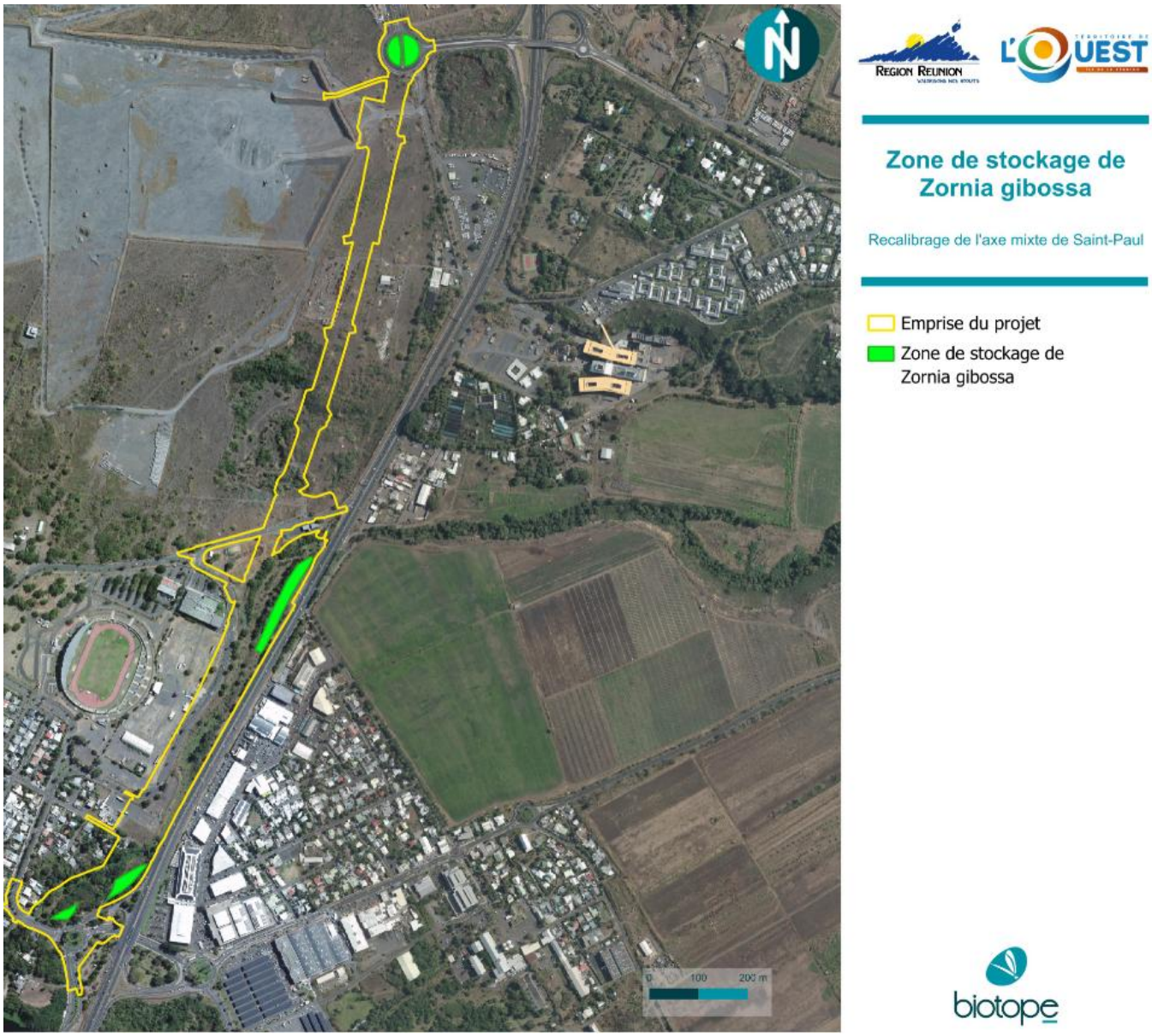
Après application de la mesure, les espèces protégées seront situées sur un milieu anthropisé – elles perdront donc leur statut de protection.

Réponse apportée

La période propice au décapage coïncidera à l'ouverture des emprises respectera de fait les principes suivants : hors saison d'émergence des espèces, et donc de *Zornia gibbosa*. Les opérations seront donc privilégiées durant la phase de dormance végétative, correspondant à l'hiver austral. Ce point sera consolidé dans le phasage du chantier lors de sa préparation. Le calendrier de la mesure s'inscrit donc dans celui de chantier mentionné préalablement. Les zones de stockage seront matérialisées pour éviter tout risque que le chantier les détériore.

Les modalités de stockage proposées sont retenues. Les terres seront entreposées sous une première bâche géotextile puis une seconde bâche imperméable pendant toute la durée du stockage.

Les zones de stockage des terres et banques de graines de zornia sont localisée dans la carte ci-dessous :



Il est toutefois précisé que ces dispositions constituent des principes de gestion, dans la mesure où l'organisation précise des zones de stockage dépendra également :

- du phasage des travaux ;
- et des zones disponibles au sein de l'emprise de chantier.

Des ajustements pourront donc intervenir en cours de chantier, notamment pour permettre le déplacement temporaire des stockages avant leur mise en œuvre finale, lors de la phase d'aménagement paysager.

Les horizons de sols seront ensuite réutilisés dans le cadre des aménagements écologiques du projet dans les mêmes zones que celles de stockage, notamment sur les berges de la ravine la Plaine rive gauche et sur les espaces réaménagés du rond-

point de Cambaie, afin de favoriser la reconstitution de la végétation locale. La localisation initiale de cette translocation qui visait les noues a finalement été réévaluée au profit de zones d'aménagement futur plus favorable à l'espèce.

- Le milieu de savane herbacée sub-primaire

Demande de la DEAL

Le milieu de savane herbacée sub-primaire à enjeu sera définitivement perdu et non compensé.

Le but de l'application de la séquence Éviter-Réduire-Compenser est de présenter un milieu naturel après travaux qui présente zéro perte nette de biodiversité.

Les travaux concernant ce milieu doivent faire l'objet d'une nouvelle analyse. Dans le cas où les impacts seraient inévitables, alors le pétitionnaire sera dans l'obligation de proposer une mesure de compensation d'impact.

La compensation de l'impact sur la savane devra prendre en compte l'analyse des impacts cumulés.

L'impact indirect du fossé sur le milieu en phase exploitation devra également être évalué et le cas échéant pris en compte (risque de dégradation du milieu si le volume d'eau est supérieur à l'état initial, très sec).

Réponse apportée

Le rapport précise que les principales stations impactées de Zornia sont d'origine anthropique, localisées notamment sur des délaissés et accotements routiers. Ces milieux correspondent à des habitats pionniers sur substrats drainants, qui sont susceptibles de se reconstituer naturellement après travaux.

Ces stations ne sont donc pas uniquement associées à l'habitat de savane herbacée évoqué, mais également à des milieux perturbés d'origine anthropique.

S'agissant de l'habitat 87.191 – Savanes herbacées, au niveau de la Plaine Chabrier, les emprises du projet conduiront effectivement à la disparition de quelques zones relictuelles. Toutefois, ces secteurs apparaissent dégradés et en cours de colonisation par des espèces exotiques envahissantes buissonnantes.

Il convient également de rappeler que ces formations correspondent à des savanes herbacées secondaires communes sur l'île, par opposition aux savanes primaires plus rares localisées notamment aux abords de la Rivière des Galets (LACOSTE & PICOT, 2014). Dans ce contexte, les habitats présents dans la zone d'emprise correspondent à des savanes communes, et non à des savanes primaires au sens strict.

Par ailleurs, l'aménagement du projet conduira à la création de délaissés et d'accotements routiers, qui pourront constituer des habitats de substitution favorables à *Zornia*. Ces espaces, associés aux zones de valorisation paysagère de type prairial, présentent des surfaces nettement supérieures aux surfaces directement impactées.

Par ailleurs, une lutte contre les espèces exotiques envahissantes est prévue dans le cadre des mesures du projet.

Au regard de ces éléments, l'impact résiduel sur ces milieux a été évalué comme faible.

L'analyse complémentaire en termes d'impact et de bilan sur l'absence de perte nette de biodiversité sur l'habitat 87.191 savanes herbacées conclue sur le résultat suivant :

Habitats impactés	ENJEUX	Habitat d'espèce	Surface impactée (ha)	Surface habitat 974 (estimation bibliographique)	Mesures concernées	Surface restaurée	Delta impact / mesures (ha)	Impact résiduel	Compensation écolgique
87.191 savanes herbacées	Fort	Habitat Zornia Chasse et transit Busard de Maillard et Chiroptères	0,614	Croisement avec la couche des habitat littoraux de la Réunion 2016 406,4 ha	MR08	0,91	0,296	Positif	Non

Il permet de comprendre que l'habitat cible et l'impact est relatif (0,15%) à l'échelle de l'habitat type selon les données issues de la cartographie des habitats semi-xérophiles de La Réunion, qu'un gain net est visé grâce à la mesure MR08, qu'il n'est en conséquence pas nécessaire de procéder à des compensations. Enfin il appartient difficilement concevable par ailleurs et comme échangés lors des rencontres entre MO, MOE, DEAL et experts, d'exiger du seul projet de l'Axe mixte dont l'impact est très réduit et sur un habitat dégradé, de faire une approche cumulée des projets ayant un impact sur cet habitat.

Enfin, Le fossé n'existe plus dans la V2 du PROjet, et, bien qu'il ait été exigé de Biotope de faire des inventaires complémentaires à ce propos et à sa charge, il ne fait plus partie du projet donc il a été supprimé de l'ensemble des cartes associées pour éviter toute ambiguïté.

- MR_11 – Adaptation du choix des ouvrages d'art sur la ravine La Plaine pour limiter le risque de collision

Demande de la DEAL

En l'état, la mesure ne permet pas au service instructeur de s'assurer de la conformité du projet avec la réglementation en vigueur concernant les espèces protégées.

Les spécificités techniques de l'ouvrage d'art retenu doivent être précisées et comparées avec celles de l'ouvrage qui n'a pas été retenu.

La notion de « moindre incidence » doit être argumentée et prouvée avec des données chiffrées.

Les hauteurs de vol et comportements des espèces protégées susceptibles d'entrer en collision avec l'ouvrage doivent être analysés puis comparés avec l'emplacement de l'ouvrage.

Le cas échéant, la séquence ERC doit être appliquée pour atténuer les impacts sur la biodiversité.

Réponse apportée

Le choix de l'ouvrage retenu a déjà été justifié dans le rapport, notamment au regard d'autres solutions jugées plus problématiques, en particulier en matière de franchissement hydraulique et de gestion du risque d'inondation.

Le projet prévoit un tablier sans superstructure (sans hauban) et un éclairage adapté positionné en rives et non au centre de l'ouvrage, conformément aux choix de conception présentés dans le dossier.

Les analyses comparatives réalisées dans le cadre des études EPOA sont présentées dans le rapport d'évaluation qui précise les caractéristiques techniques ayant conduit au choix de la solution retenue.

S'agissant de la passerelle, l'ouvrage retenu est similaire à celui existant au franchissement de la ravine de l'Étang.

À ce stade, il n'est pas avéré que l'ouvrage retenu présente un risque particulier de collision pour l'avifaune.

Par ailleurs, il n'existe pas actuellement de données chiffrées relatives aux comportements et altitudes de vol des espèces concernées dans ce secteur. L'enjeu identifié localement ne justifie pas la réalisation d'analyses spécifiques de ce type.

Les observations réalisées dans le cadre des inventaires montrent que l'enjeu avifaunistique est localement réduit et apparaît davantage lié aux travaux de recalibrage et à la perte temporaire d'habitats favorables à la fréquentation, plutôt qu'à la présence de l'ouvrage lui-même.

Le suivi écologique prévu dans le cadre du projet comprend un suivi avifaunistique, qui permettra de prendre toute action correctrices nécessaires à ce propos.

Ainsi, au regard des éléments disponibles et des choix de conception retenus, aucun impact avéré sur l'avifaune sensible n'est identifié à ce stade.

- MC_01 – Création d'un habitat

Demande de la DEAL

Les retours aux demandes de compléments ont permis de caractériser un nouvel impact du projet sur une espèce protégée, classée « en danger critique d'extinction » sur la liste rouge des espèces menacées, Phragmites mauritianus.

Une mesure de compensation est proposée dans le dossier pour atteindre un gain de biodiversité. Cette mesure doit être précisée.

Il n'est pas précisé si l'application de la mesure sera effectuée sur la ravine La Plaine une fois les travaux terminés ou sur un autre emplacement.

La zone prévue pour la compensation doit être communiquée dans le dossier. La preuve de la maîtrise foncière doit être apportée. Le phasage des opérations doit être précisé.

Les retours d'expérience cités dans la mesure doivent être communiqués au service instructeur pour analyse.

Le CBNM doit être consulté pour solidifier le dossier.

Réponse apportée

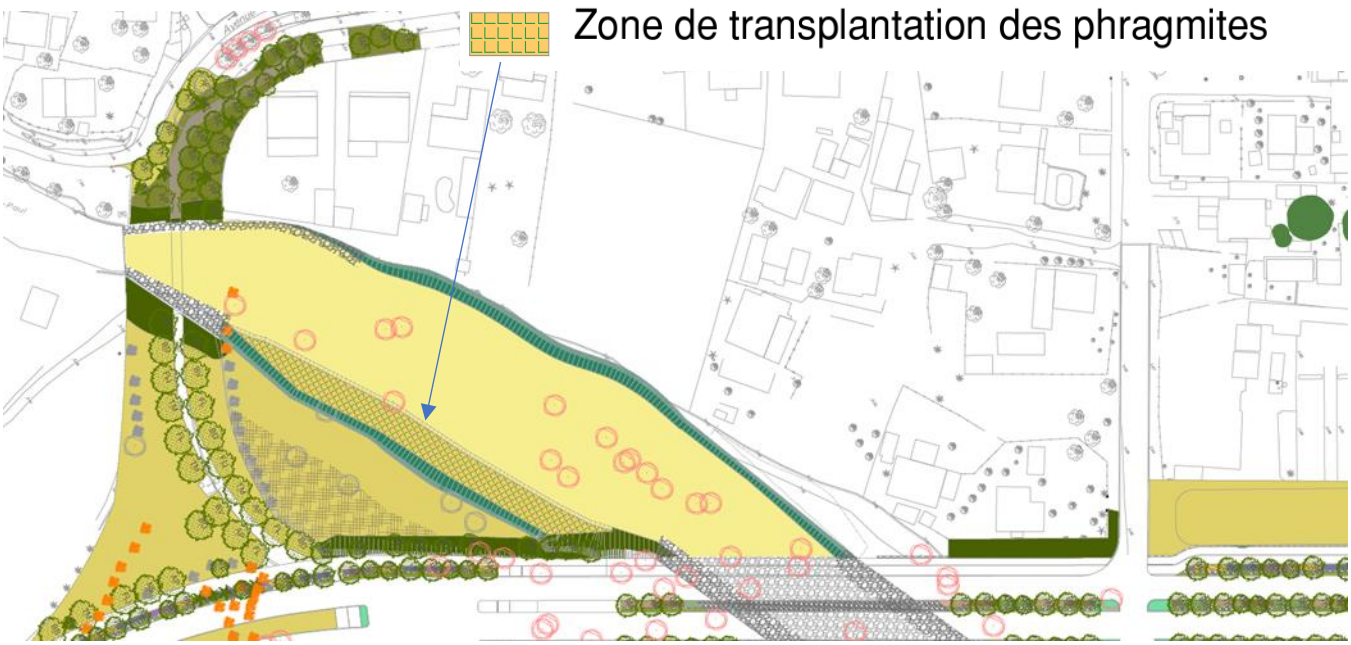
Les inventaires 2025 ont effectivement mis en évidence une station de phragmites subspontanée dans la zone en eau du tronçon aval de la ravine la plaine et qui, comme démontré lors d'un passage de contrôle (spontané cette fois-ci) de 2026, se situe dans une zone largement anthropisée et faisant même l'objet d'entretien dont la station identifiée en 2025 en a fait de lourds frais (cf. remarque et photos associées). Ce point peut laisser penser aussi qu'elle ait pu être très peu détectable en 2021 dont les prises de vues aériennes démontre d'une situation d'entretien également autour des inventaires initiaux (et régulièrement entre les deux périodes de plus).

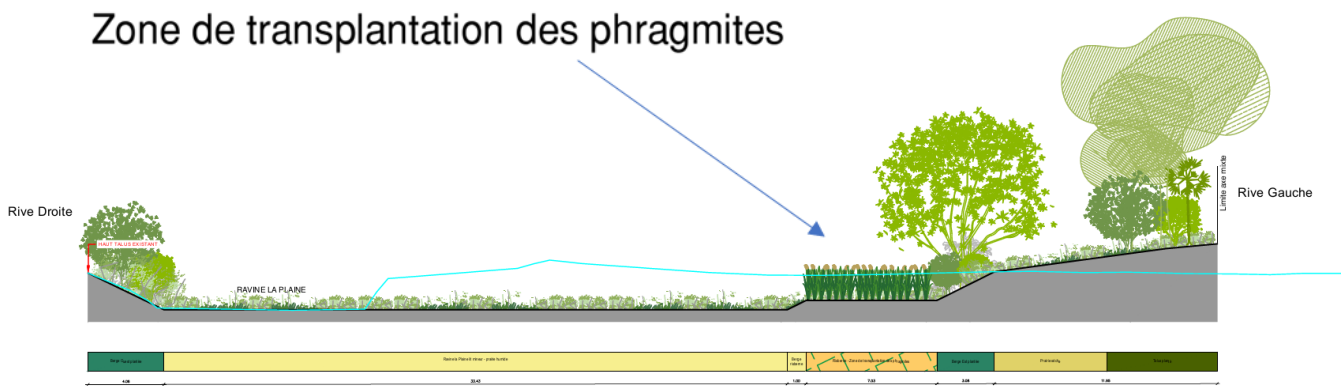
La fiche de mesure compensatoire MC-01 précise que l'objectif est de tripler la surface de la station de phragmites suite à sa mise en œuvre. Le bilan de cette mesure et s'agissant de l'ensemble des milieux assimilés « humides » du secteur porte les résultats suivants :

Habitats impactés	ENJEUX	Habitat d'espèce	Surface impactée (ha)	Surface habitat 974 (estimation bibliographique)	Mesures concernées	Surface restaurée	Delta impact / mesures (ha)	Impact résiduel	Compensation écolgique
2.1.3.12 Végétation hélophytique	Fort	**Présence de phragmites m.** Reproduction oiseaux forestiers Reproduction Caméléon panthère Chasse Chiroptères Libellule -Reproduction/Alimentation Reproduction transit alimentation pour la faune aquatique	0,022	Croisement avec la couche des habitat littoraux de la Réunion 2016 264,4 ha	MR07 + MC01	*3 = 660 m²	0,044	Positif	MC01
2.1.3.2 Végétation aquatique hélophytique à Ipomoea aquatica et Ludwigia stolonifera	Fort	Reproduction oiseaux forestiers Reproduction Caméléon panthère Chasse Chiroptères Libellule -Reproduction/Alimentation Reproduction transit alimentation pour la faune aquatique	0,058		MR07	identique à l'impact - Totalité MR07	0	NUL	Non
2.1.6.2 Prairie humide à Cenchrus purpureus	Fort	Reproduction oiseaux forestiers Reproduction Caméléon panthère Chasse Chiroptères Libellule -Reproduction/Alimentation Reproduction transit alimentation pour la faune aquatique	0,011						
59.211 végétation marécageuse de basse altitude (Réunion)	Fort	Habitat Poule d'eau et Héron strié	0,405				0	NUL	Non

Soit en cumul 0,496 ha ou 0,19% de la surface totale de ces habitats à l'échelle de la cartographie des habitats littoraux de La Réunion (264,4 ha), l'absence de perte nette de biodiversité et un gain net (*3) spécifiquement à la mesure MCO1 concernant phragmites sp.

La mesure MC_01 sera mise en œuvre dans la zone aménagée de la ravine La Plaine, et non sur un autre emplacement. La localisation est jointe à nouveau ci-dessous :





Concernant la maîtrise foncière, la ravine La Plaine relève du Domaine Public Fluvial (DPF) et se situe dans le périmètre du PAPI de Saint-Paul ainsi que dans le périmètre de la Déclaration d'Utilité Publique (DUP) du projet. La Région intervient dans le cadre d'une co-maîtrise d'ouvrage avec le Territoire de l'Ouest, via une convention à établir. La gestion future s'inscrit dans le cadre des compétences GEMAPI du Territoire de l'Ouest, les conventions correspondantes étant en cours de préparation.

Le phasage de la mesure sera comparable à celui prévu pour la mesure MR07. La mise en œuvre interviendra après les travaux de reprofilage de la ravine, lorsque les conditions seront réunies pour préparer la zone d'accueil de l'habitat. Les opérations seront réalisées hors périodes cycloniques. L'intervention de déplacement elle-même sera rapide, en s'étant préalablement assuré que les conditions hydromorphologiques de la zone de réception étaient favorables.

Les retours d'expérience (REX) cités dans la mesure peuvent être les suivants :

Il est précisé que, dans le cadre des études menées, les experts de Biotope ont déjà consulté des spécialistes, notamment le chef des pépinières du CBNM, lors de la constitution du dossier, ainsi que des experts mobilisés dans le cadre du projet VEGETALI.

Il s'agit d'un hélophyte à fort développement rhizomateux, indigène des zones humides (et largement représenté à cette échelle) de l'océan Indien et d'Afrique orientale, avec une bonne capacité de reprise lorsque les conditions hydrologiques sont favorables. Concernant la transplantation : transfert de mottes ou de fragments de rhizomes en période humide, avec une forte dépendance au fonctionnement hydrologique du site et, malgré tout et comme toute action similaire, une part d'incertitude sur la réussite, nécessitant la mise en œuvre d'un suivi également prévu au dossier.

S'agissant de sources supplémentaires nous pouvons rappeler et qui tendent à démontrer le bon potentiel de réussite de la mesure, elles sont mentionnées en suivant :

- Kew Science / Plants of the World Online (Royal Botanic Gardens, Kew) – fiche taxonomique officielle et répartition mondiale :

https://powo.science.kew.org/taxon/urn:lsid:ipni.org:names:415950-1

- GBIF – données de répartition et statut taxonomique :

https://www.gbif.org/species/5828105

- Conservatoire botanique national de Mascarin – fiche flore Mascareignes (Mascarine Cadetiana) :

https://mascarine.cbnm.org/index.php/flore/index-de-la-flore/nom?code_taxref=706638

- MozambiqueFlora – description botanique détaillée de l'espèce :

https://www.mozambiqueflora.com/speciesdata/species.php?species_id=104030

- PROTA / PlantUse – écologie et traits biologiques en Afrique tropicale :

https://plantuse.plantnet.org/fr/Phragmites_mauritianus_%28PROTA%29

- Propagate One, your ultimate online resource for all things plant propagation https://propagate.one/?s=phragmites&id=122538

La consultation formelle du CBNM pourra être engagée au moment de la préparation de la mise en œuvre de la mesure, lorsque les modalités opérationnelles seront définies. Compte tenu de la temporalité du projet et du fait que cette mesure interviendra lors d'une phase ultérieure du chantier, cette concertation sera menée en amont de sa réalisation, le moment venu.

Les éléments suivants complètent le dossier :

- les plans des mesures et le zonage associé ;
- la précision du phasage des opérations ;
- les retours d'expérience cités dans le dossier.

En fin d'analyse, un nouveau tableau présentant la surface de chaque habitat impacté après mise en place de la séquence ERC permet de savoir si le projet est à l'équilibre (zéro perte nette de biodiversité) ou si des mesures supplémentaires doivent être proposées.

Réponse apportée

La majeure partie des habitats présents dans l'emprise du projet présente une valeur écologique ne nécessitant pas d'analyse détaillée de type bilan global de surfaces.

S'agissant des habitats à enjeux, et en particulier des milieux humides associés à la section de la ravine La Plaine concernée par les travaux, ceux-ci seront reconstitués a minima à l'identique en surface. Pour ce qui concerne la station de phragmites, la surface restaurée sera triplée dans le cadre de la mesure de compensation prévue.

Concernant les habitats 87.191 – savanes herbacées, correspondant à des savanes secondaires communes (végétation semi-naturelle secondaire), une analyse spécifique sera proposée. Ces milieux pourront par ailleurs se redévelopper sur les espaces de délaissés et d'accotements créés par le projet, qui feront désormais l'objet d'une gestion et d'un entretien, contrairement à la situation actuelle.

Dans ce contexte, la production d'un tableau exhaustif portant sur l'ensemble des habitats, dont une part importante correspond à des milieux anthropiques, présenterait un intérêt limité.

En revanche, un tableau de synthèse ciblé sur les habitats jugés à enjeux est fourni ci-après :

Habitats impactés	ENJEUX	Habitat d'espèce	Surface impactée (ha)	Surface habitat 974 (estimation bibliographique)	Mesures concernées	Surface restaurée	Delta impact / mesures (ha)	Impact résiduel	Compensation écolgique
2.1.3.12 Végétation hélophytique	Fort	**Présence de phragmites m.** Reproduction oiseaux forestiers Reproduction Caméléon panthère Chasse Chiroptères Libellule -Reproduction/Alimentation Reproduction transit alimentation pour la faune aquatique	0,022	Croisement avec la couche des habitat littoraux de la Réunion 2016 264,4 ha	MR07 + MC01	*3 = 660 m²	0,044	Positif	MC01
2.1.3.2 Végétation aquatique hélophytique à Ipomoea aquatica et Ludwigia stolonifera	Fort	Reproduction oiseaux forestiers Reproduction Caméléon panthère Chasse Chiroptères Libellule -Reproduction/Alimentation Reproduction transit alimentation pour la faune aquatique	0,058		MR07	identique à l'impact - Totalité MR07	0	NUL	Non
2.1.6.2 Prairie humide à Cenchrus purpureus	Fort	Reproduction oiseaux forestiers Reproduction Caméléon panthère Chasse Chiroptères Libellule -Reproduction/Alimentation Reproduction transit alimentation pour la faune aquatique	0,011						
59.211 végétation marécageuse de basse altitude (Réunion)	Fort	Habitat Poule d'eau et Héron strié	0,405				0	NUL	Non
87.191 savanes herbacées	Fort	Habitat Zornia Chasse et transit Busard de Maillard et Chiroptères	0,614	Croisement avec la couche des habitat littoraux de la Réunion 2016 406,4 ha	MR08	0,91	0,296	Positif	Non
87.193 fourrés secondaires de diverses espèces exotiques à tendance semi-xérophile	Moyen	Nidification oiseaux forestiers Caméléon panthère Chasse et transit Busard de Maillard et Chiroptères	7,586	#	Aménagement paysager global et entretien	identique à l'impact - Totalité via traitement paysager et entretien	0	NUL	Non
87.191 savanes herbacées x 87.193 fourrés secondaires de diverses espèces exotiques à tendance semi-xérophile	Moyen		2,712	#					
		Sous total surfaces impactées habitats enjeu fort	1,11				0,34	**Impact positif en surfaces restauré**	
		Milieux "humides" ou assimilés impactés	0,496	264,4	Surface habitat régional estimé				
				0,19%	**Impact habitat régional**				
		87.191 Savanes jugées à "enjeu fort" (zornia) impactés	0,614	406,4	Surface habitat régional estimé				
				0,15%	**Impact habitat régional**				

Ce tableau permet d'évaluer, au regard des données disponibles sur leur répartition régionale, l'absence de perte nette significative de biodiversité, et d'identifier de plus, les gains nets évoqués.

2.2. Gestion des eaux pluviales

2.2.1. Principe général

- Délimitation des bassins versants

Demande de la DEAL

Le nouveau principe de gestion des eaux pluviales a modifié la délimitation des bassins versants. Cette délimitation n'est pas expliquée.

Les plans fournis dans l'annexe technique ne permettent pas de justifier la délimitation des bassins versants.

Il conviendra de transmettre les éléments demandés dans la pièce P6 :

- *indication par des flèches des sens d'écoulement ;*
- *indication du plus long chemin hydraulique utilisé pour les calculs.*

Il conviendra de justifier les barrières hydrauliques notamment vis-à-vis des eaux s'écoulant en amont de la route. À ce titre, les fonctionnements hydrauliques décrits dans les pièces P5 et P6 permettront de justifier les découpages.

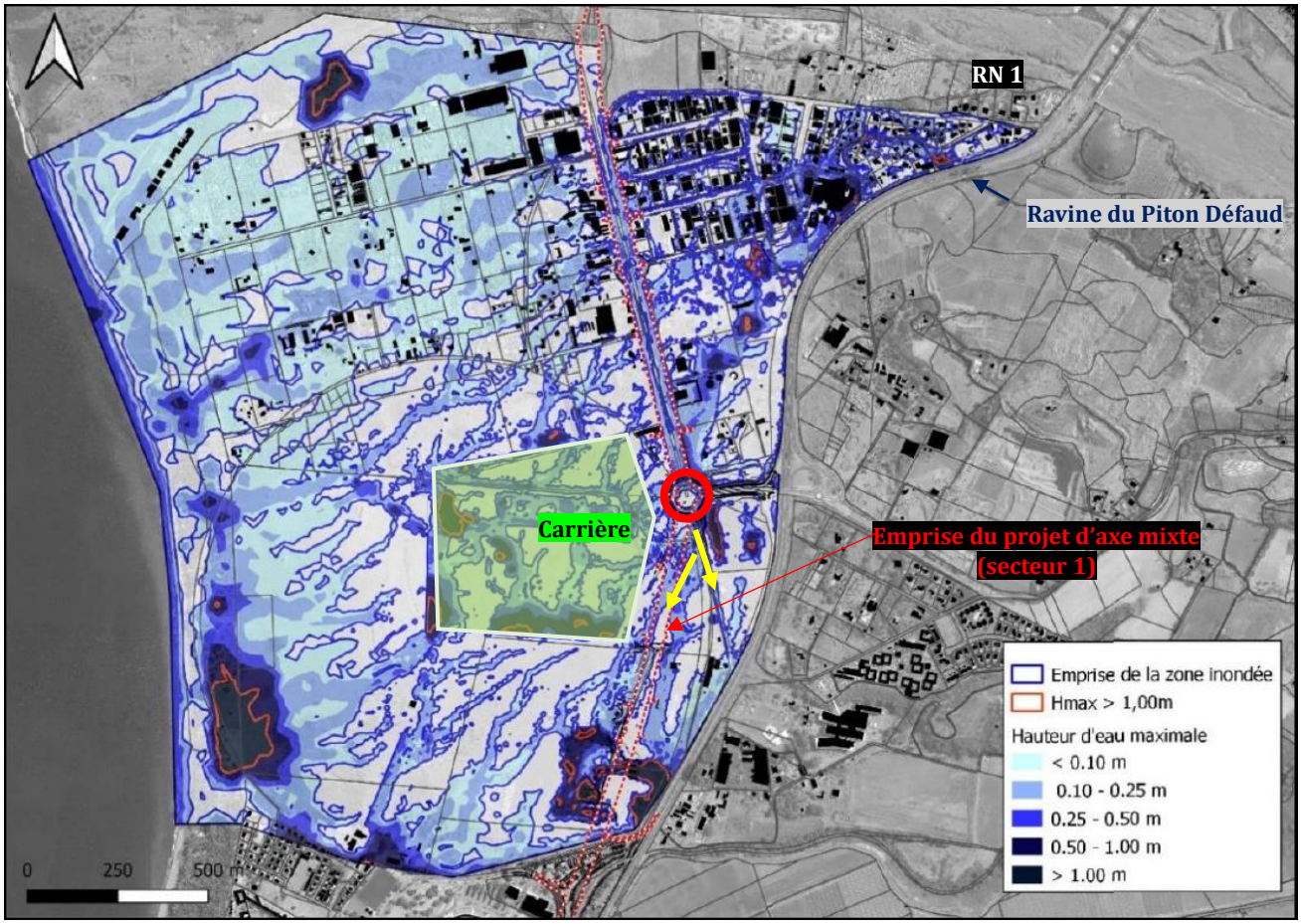
Réponse apportée

Les éléments décrits dans ce qui suit répondent spécifiquement aux volets P5 et P6 de l'annexe 2 de la DEAL. Pour les autres volets (P1 à P4), se référer à l'annexe n°1 fournie en fin de document.

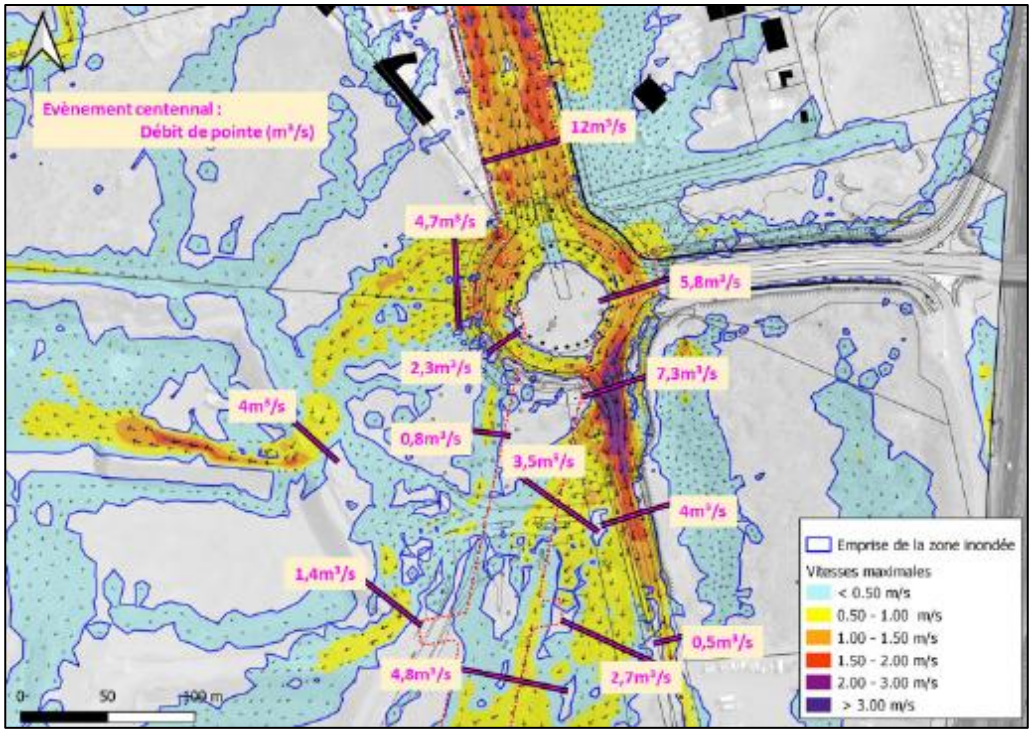
Vis-à-vis de l'état initial :

- *Secteur n°1*

Le secteur n°1 de l'axe mixte s'inscrit dans la Plaine de Cambaie qui constitue l'ancien cône de déjection de la Rivière des Galets. Aucune ravine n'est recensée sur cette zone et les écoulements qui peuvent y être observés sont soit issus d'un ruissellement pluvial de surface, soit issus des débordements de la Ravine du Piton Défaud (située nettement plus au *nord*). Les écoulements de cette ravine et des bassins versants de la ZAC de Cambaie ont fait l'objet d'une analyse spécifique dans le cadre des études AVP de l'opération (modélisation 2D) qui a permis de décrire précisément son fonctionnement et son incidence sur le projet. Pour mémoire, la figure suivante synthétise les écoulements et les hauteurs d'eau maximales pour un événement centennal.

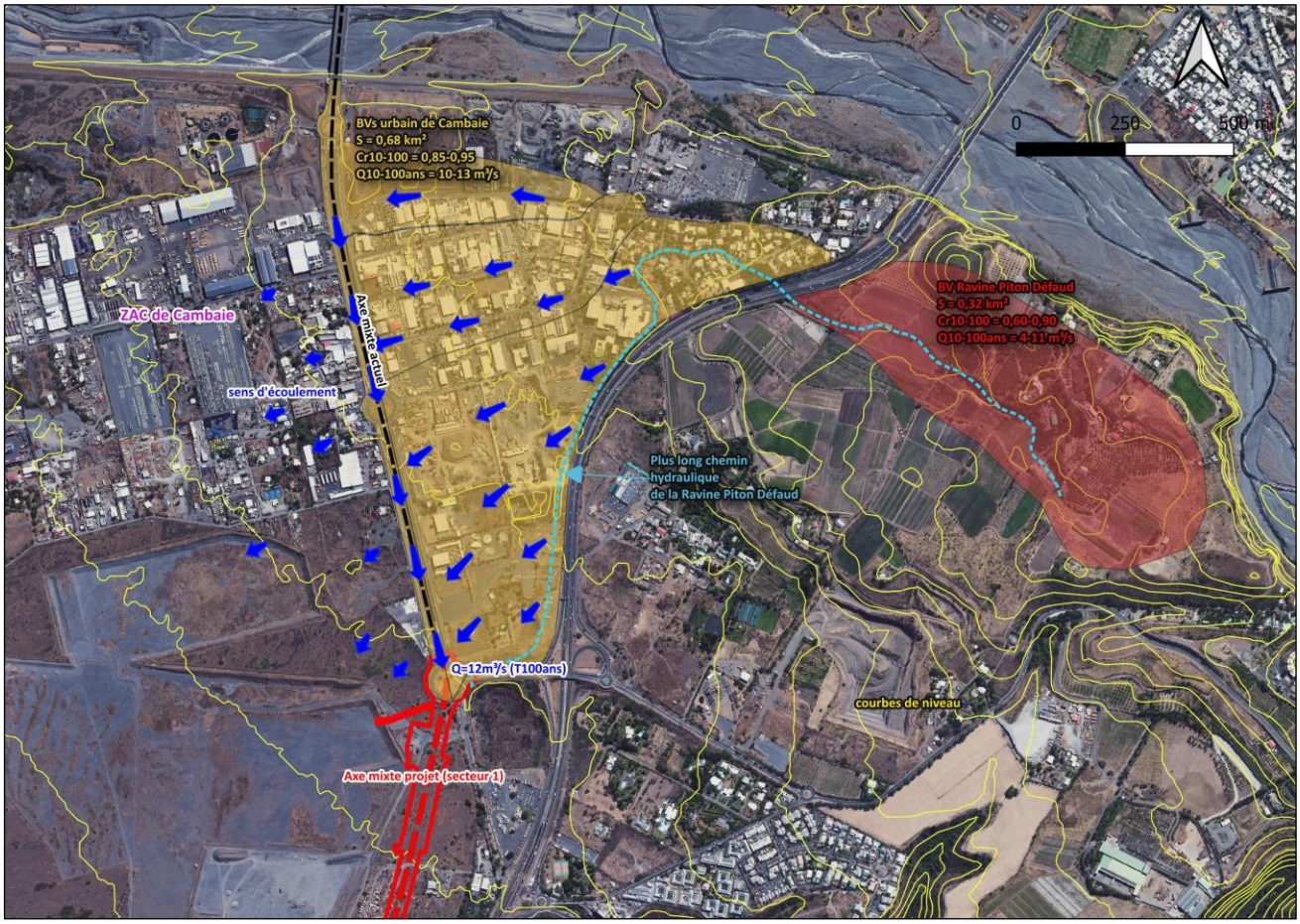


Cette modélisation a mis en évidence qu'une forte proportion des écoulements issus de ces bassins versants était interceptée par l'axe mixte actuel qui fait office de drain. Le surplus franchit cette voie et s'étale dans la plaine en rejoignant de manière diffuse l'océan. Sur l'axe mixte actuel, les eaux sont en partie captées par l'ouvrage pluvial de type cadre qui chemine sous la voie (et se jette dans la Ravine La Plaine) et s'écoulent également directement sur la chaussée en direction du *sud* et du secteur 1 du projet de prolongement de l'axe mixte (vers le giratoire de Cambaie – Cf. cercle rouge sur la figure précédente). Le débit drainé par l'axe mixte actuel est évalué à 12 m³/s par la modélisation – Cf. extrait de l'AVP sur la figure ci-dessous).



Au-delà de ce giratoire, les écoulements se séparent globalement en deux flux : un premier s'orientant vers l'*ouest* (zone des carrières matérialisée par un polygone vert sur la figure précédente) et un second le long de la voie d'accès au commerce Hyperjardin qui se sépare également en 2 sur les 150 m après le giratoire (cf. flèches jaunes). C'est à partir de ce second flux que le projet d'axe mixte peut être affecté par des écoulements issus de la Ravine du Piton Défaud.

Pour ces écoulements, il existe donc plusieurs exutoires que sont la Ravine La Plaine, l'étang Saint-Paul et l'Océan Indien. La figure fournie ci-après synthétise ce fonctionnement.



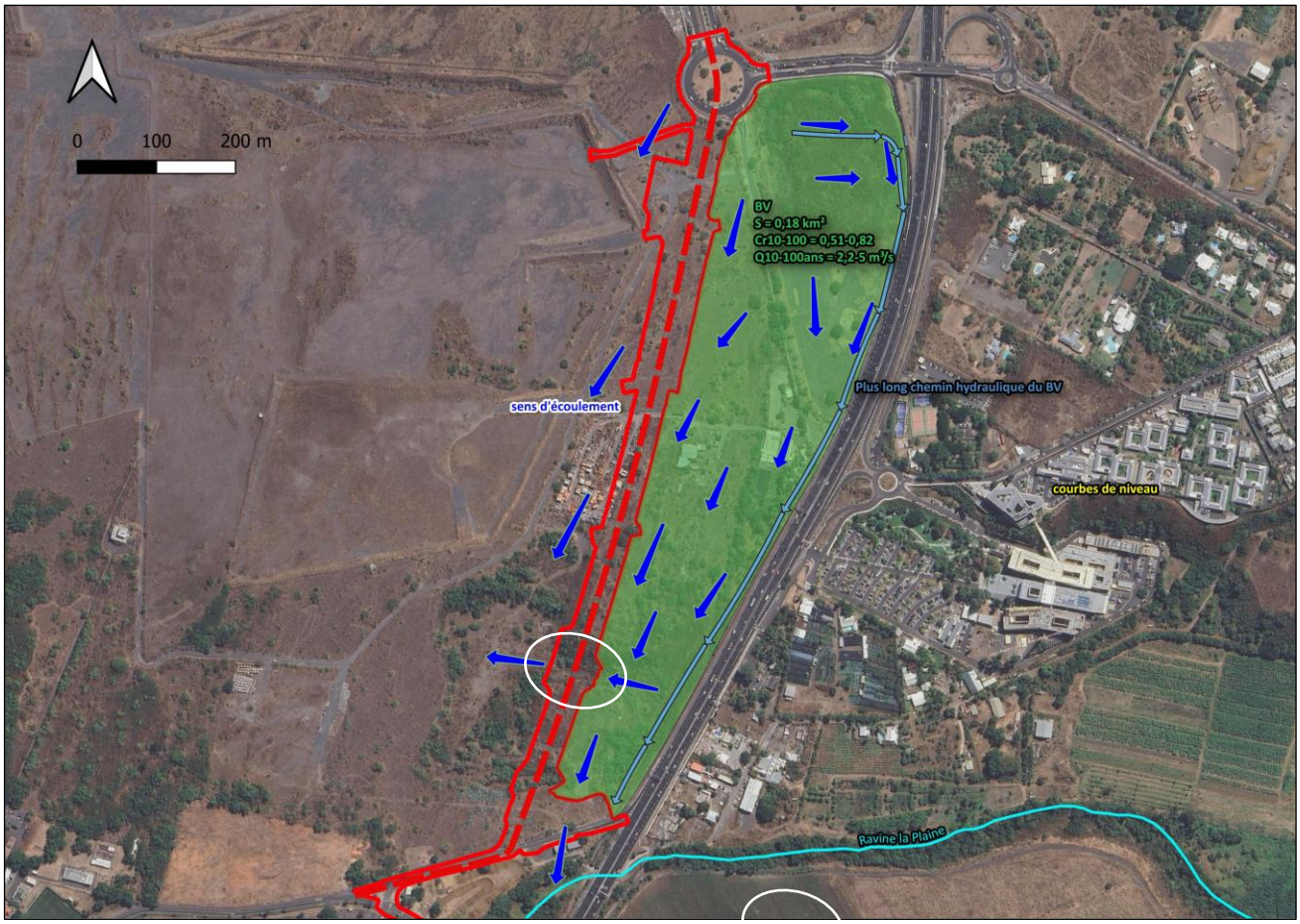
Un second bassin versant intéresse le secteur 1 de l'axe mixte et se situe en amont de ce dernier. Il est délimité au *nord* par la bretelle d'accès Cambaie / RN 1 (en remblai) et à l'*est* par le remblai de la RN 1.

Ce bassin versant est actuellement très peu urbanisé : une seule voie assure la desserte du commerce Hyperjardin et supporte la voie vélo régionale (VVR). Il s'inscrit dans l'emprise de la future ZAC Phaonce.

Aucune ravine ou thalweg ne draine ce bassin versant, les écoulements s'effectuant de façon diffuse et s'orientant naturellement au *sud-ouest* en direction du quartier Jacquot et de la Ravine La Plaine (de façon quasi-parallèle au tracé du futur axe mixte - Cf. courbes de niveaux de la figure suivante).

Aujourd'hui, naturellement, l'essentiel des eaux de ce bassin versant est intercepté par une zone topographiquement basse (cf. ellipse blanche sur la figure suivante) qui renvoie les flux vers l'*ouest* et les dépressions topographiques situées en aval. Les eaux ruisselant au *sud* de cette zone rejoignent la Ravine La Plaine.

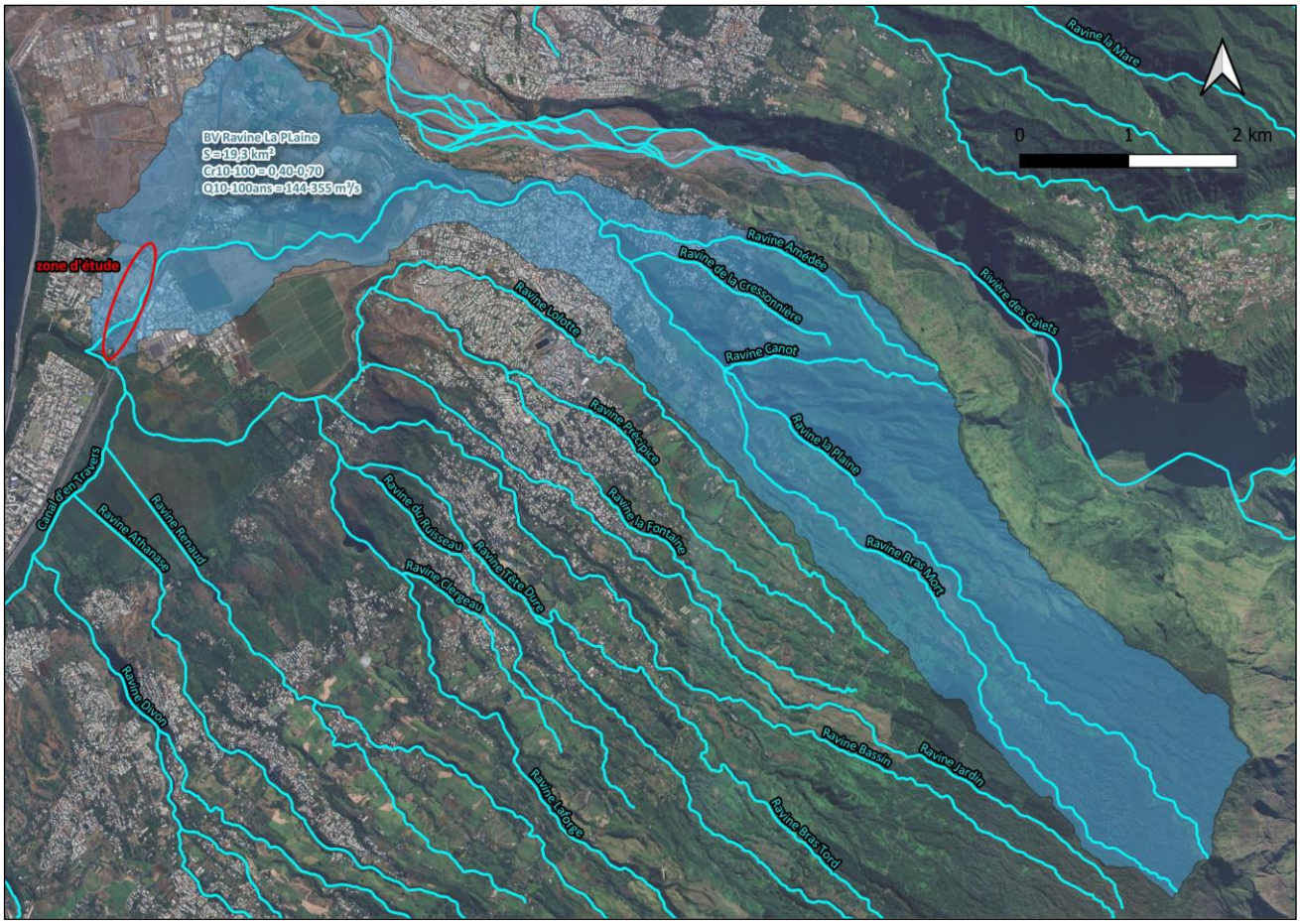
Deux exutoires sont donc identifiés ici : la Ravine La Plaine et l'Etang Saint-Paul.

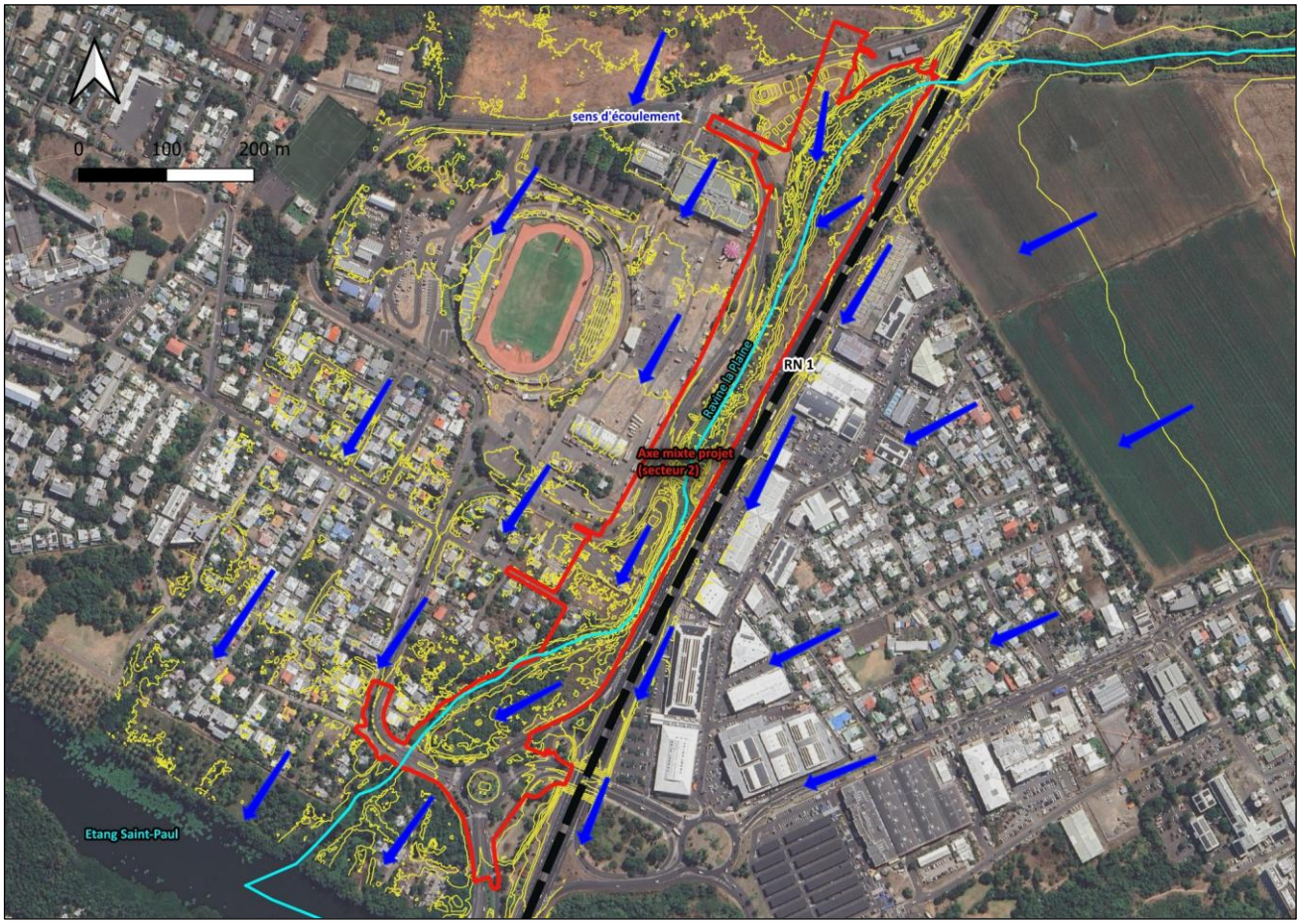


- *Secteur n°2*

Le secteur n°2 du projet d'axe mixte est concerné par le bassin versant de la Ravine La Plaine dont il longe le lit mineur sur le kilomètre précédant son embouchure dans l'étang Saint-Paul (cf. plan du BV sur la figure page suivante). Pour rappel, la ravine franchit la RN 1 (en remblai insubmersible) à l'aide d'un ouvrage d'une capacité limitante. Pour un événement de crue centennale, d'importants débordements ont donc lieu en amont de cet ouvrage et longe la RN 1 en traversant la zone d'activités de Savanna pour finalement rejoindre au sud l'étang de Saint-Paul. Le débit qui franchit la RN 1 n'est toutefois pas totalement contenu dans le lit mineur de la Ravine La Plaine si bien que des débordements ont lieu en rive droite (la rive gauche de la ravine étant occupée par le remblai de la RN 1) en direction du quartier Jacquot et rejoignent naturellement l'étang de Saint-Paul qui constitue l'exutoire de ces eaux.

La figure présentée également page suivante synthétise le fonctionnement actuel.


BV Ravine La PLaine
S = 19,9 km²
Cr10-100 = 0,40-0,70
Q10-100ans = 144-355 m³/s
zone d'étude
Ravine la Mare
Ravine Amédée
Ravine de la Cressonnière
Rivière des Galets
Ravine Canot
Ravine Jolotte
Ravine Précipice
Ravine la Plaine
Ravine la Fontaine
Ravine Bras Mort
Ravine du Ruisseau
Ravine Tête Dure
Ravine Chargeau
Canal d'en Travers
Ravine Ramaud
Ravine Athanase
Ravine Divon
Ravine Bassin
Ravine Jardin
Ravine Forge
Ravine Bras Tord
0
1
2 km


sens d'écoulement
0
100
200 m
RN 1
Ravine la Plaine
Axe mixte projet
(secteur 2)
Etang Saint-Paul

Vis-à-vis de l'état projet :

- *Secteur n°1*

A l'état projet, la voirie mise en place suivra globalement le terrain naturel et ne formera donc pas d'obstacles aux écoulements. Comme par ailleurs, son tracé est quasi perpendiculaire aux courbes de niveau, les écoulements longeront la voirie. Par sécurité, un fossé longitudinal au futur axe mixte pourra néanmoins être mis en œuvre (côté *est*) pour intercepter les eaux pouvant tout de même franchir la voirie et qui seront dès lors transférées vers la dépression existante située au *sud* du secteur (cf. figure page 24). A terme, ce fossé limitrophe à l'axe mixte sera repris dans le cadre des aménagements futurs de la ZAC Phaonce.

Seul le tronçon de voirie franchissant cette dépression sera en remblai mais sera muni de deux canalisations DN800 pour assurer la transparence hydraulique du projet. Sa capacité est évaluée à 1,70 m³/s (avec une pente longitudinale de 0,50 %) ce qui permet de faire transiter le débit de période de retour 5 ans de ce bassin versant (sans mise en charge). Pour un débit de période de retour 30 ans (3,30 m³/s), les canalisations sont mises en charge sur une hauteur de 1,20 m. A titre d'information, le remblai de la future voirie à ce niveau atteint un peu plus de 7,50 m (fond des dépressions à une altitude moyenne de 5,80 m NGR), ce qui laisse une revanche significative par rapport à l'altimétrie de la voirie (prévue entre 13,20 et 14,50 m NGR sur ce tronçon).

Pour assurer une bonne transition des écoulements de part et d'autre de ces canalisations, des ouvrages d'entonnement seront mis en place tandis qu'un dispositif anti-érosion sera disposé en sortie d'ouvrages.

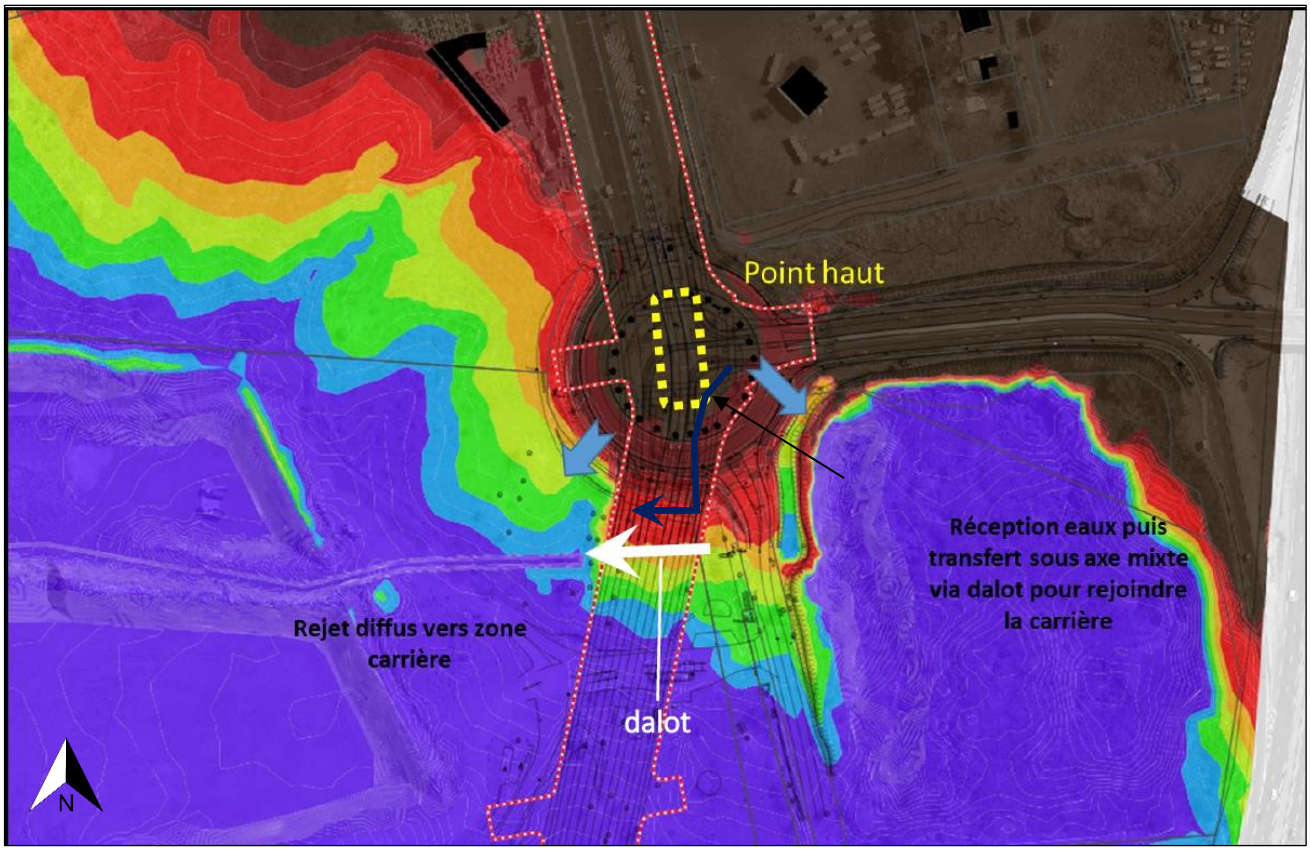
A terme, le projet de ZAC Phaonce aura la charge de gérer les eaux de ce bassin versant et de les rejeter vers un exutoire compatible. A noter que des concertations entre les porteurs des projets d'axe mixte et de ZAC Phaonce (Région et TO) ont d'ores et déjà eu lieu et se poursuivent pour coordonner la réalisation des projets respectifs.

Au final, les écoulements et les exutoires actuels ne seront par conséquent pas modifiés pour l'état projet.

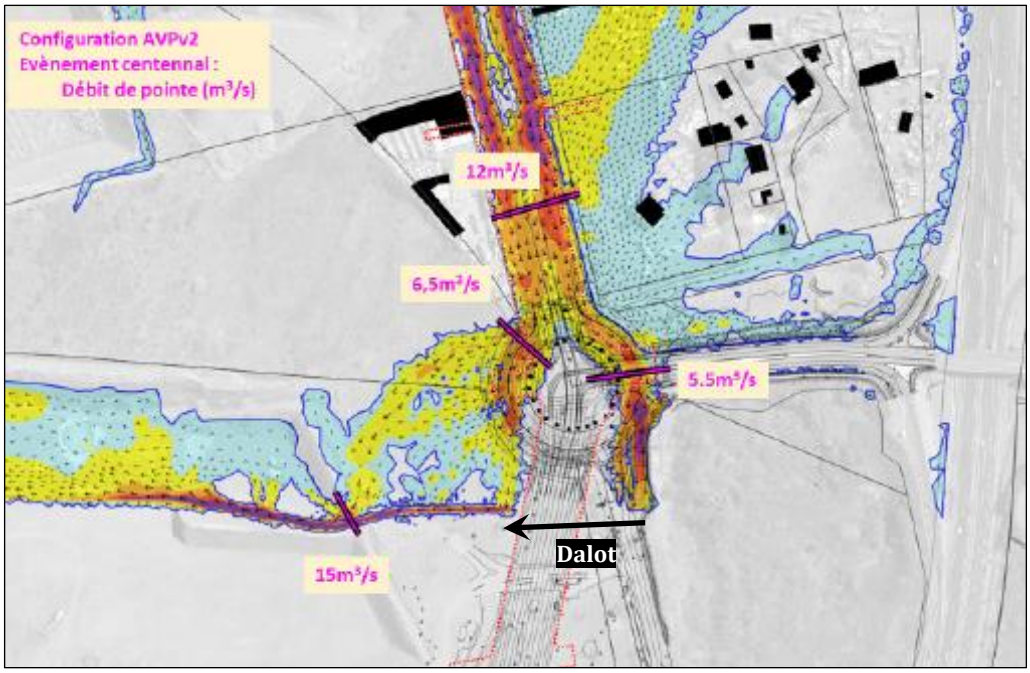
Vis-à-vis des apports d'eau actuels issus des écoulements de la Ravine du Piton Défaud et des bassins versants urbains de Cambaie, il est rappelé que le giratoire de Cambaie (situé à l'extrémité *nord* du secteur 1) fera l'objet d'un aménagement pour éviter l'inondation de la nouvelle voie. Cet aménagement inclut :

- Un rehaussement du centre du giratoire pour orienter les eaux vers l'extérieur de ce dernier ;
- La mise en place de bordures de trottoirs abaissées afin de favoriser l'évacuation des eaux de part et d'autre de l'axe mixte (côté *ouest* et *sud-est* - Cf. flèches bleues sur la figure suivante) ;
- Création d'un canal en U côté *sud-est* du giratoire pour intercepter les eaux avant de les transférer côté mer via un dalot sous l'axe mixte (2,00 x 1,00 m à 1 % de pente).

La figure page suivante illustre le fonctionnement envisagé.

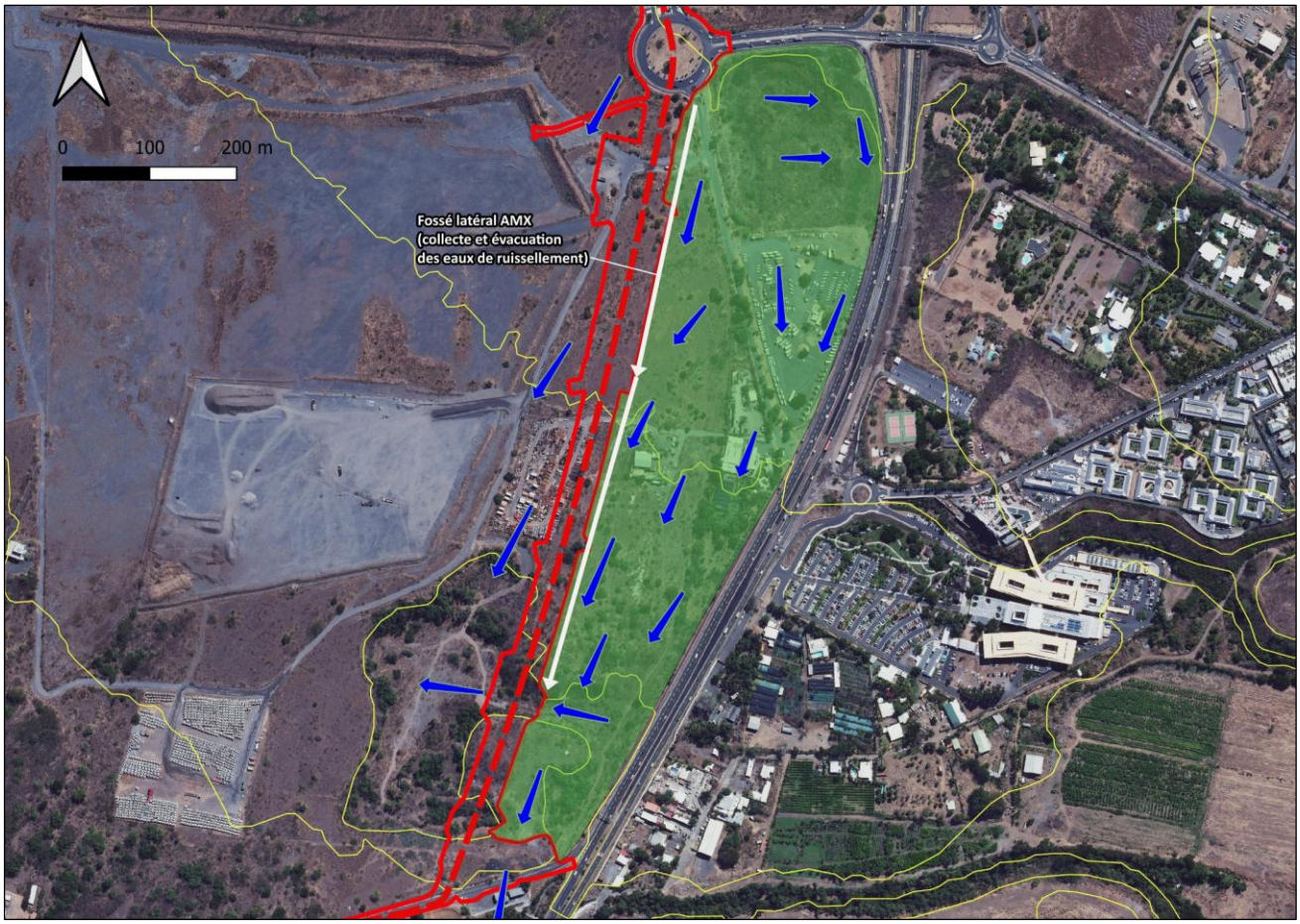


Cette configuration a été intégrée à la modélisation mathématique et les résultats sont retranscrits sur la figure suivante.



Cet aménagement interceptera ainsi les eaux pour les transférer vers la plaine de Cambaie au travers d'un fossé. Pour mémoire, ces eaux rejoignent d'ores et déjà aujourd'hui la plaine de Cambaie mais sensiblement plus au *sud*. En sortie de dalot, un ouvrage d'entonnement ainsi qu'un dispositif anti-érosif seront mis en place.

Au final, cet aménagement permet de résoudre la problématique des apports d'eaux issus de la Ravine du Piton Défaud et des bassins versants urbains de la ZAC de Cambaie.



- *Secteur n°2*

  Sur le secteur 2, le lit mineur de la Ravine La Plaine va être légèrement déplacé (proximité OH RN 1), pour permettre la réalisation de la future voirie, et sa capacité sera homogénéisée pour contenir une crue de période de retour 10 ans. Ses berges feront également l'objet d'un traitement paysager global (plantations d'espèces végétales) ce qui permettra de les stabiliser. La fréquence des débordements vers le quartier Jacquot s'en trouvera ainsi réduite. Sur ce secteur, le futur axe mixte sera également mis en œuvre au plus près du terrain naturel si bien qu'il ne générera pas d'incidences sur le fonctionnement hydraulique de la zone. **Les sens d'écoulements présentés sur la carte représentative de l'état initial, tout comme les exutoires, restent donc valables**.

- Noues et cloisons proposées

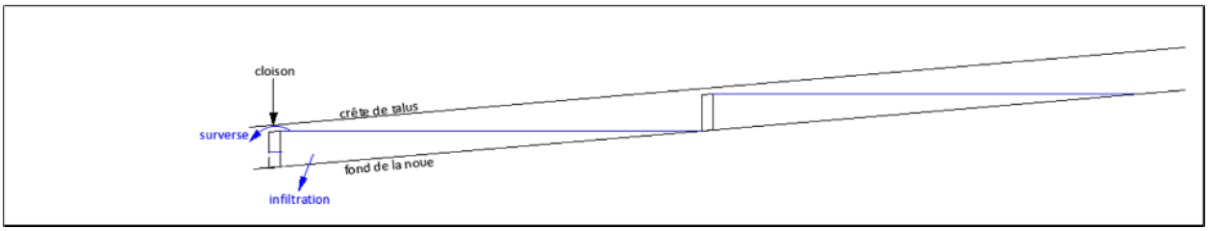
Demande de la DEAL

Le mémoire en réponse a bien tenu compte de la remarque émise dans le courrier du 28 novembre 2024 à savoir un nombre trop important de cloisons rendant difficile le calcul de bassins en série. Pour autant, le calcul des débits de fuite n'est pas précisé et le nombre de cloisons choisi n'est pas justifié.

Le pétitionnaire devra compléter son dossier en précisant les calculs des débits de fuite et en justifiant le nombre de cloisons choisi. Par-ailleurs, il serait opportun d'intégrer au dossier une coupe transversale des noues précisant le positionnement des cloisons, les pentes entre les cloisons et le débit de fuite au niveau de chaque cloison.

Réponse apportée

Pour rappel, les cloisons ont pour fonction le ralentissement des écoulements et non un rôle de rétention-régulation des débits. Par ailleurs, la position des cloisons dépend de la pente longitudinale des noues sachant que le principe retenu est d'implanter une cloison dès la fin du plan d'eau formé par la cloison qui lui succède (cf. schéma explicatif sur la figure page suivante).



- Regards à 2 orifices

Demande de la DEAL

Le pétitionnaire évoque dans son dossier des « ouvrages de fuite » constitués d'un regard composé de 2 « ouvrages de régulation des débits » et d'un « ouvrage de surverse ».

Aucun plan de détail de cet ouvrage n'a été fourni mais il semble qu'il s'agisse d'un simple regard composé de 2 orifices de fuite.

Le 1er orifice est dimensionné pour rejeter un débit de 80 % de Q_2initial et le second un débit de 80 % de Q_{30}initial.

Ce principe adopté est à revoir. Si le pétitionnaire souhaite mettre un ouvrage à multi-orifices, il devra alors se conformer au principe présenté.

Dans le cas présent, il convient de prendre 0,80 × Q_2initial et 0,80 × Q_{20}initial.

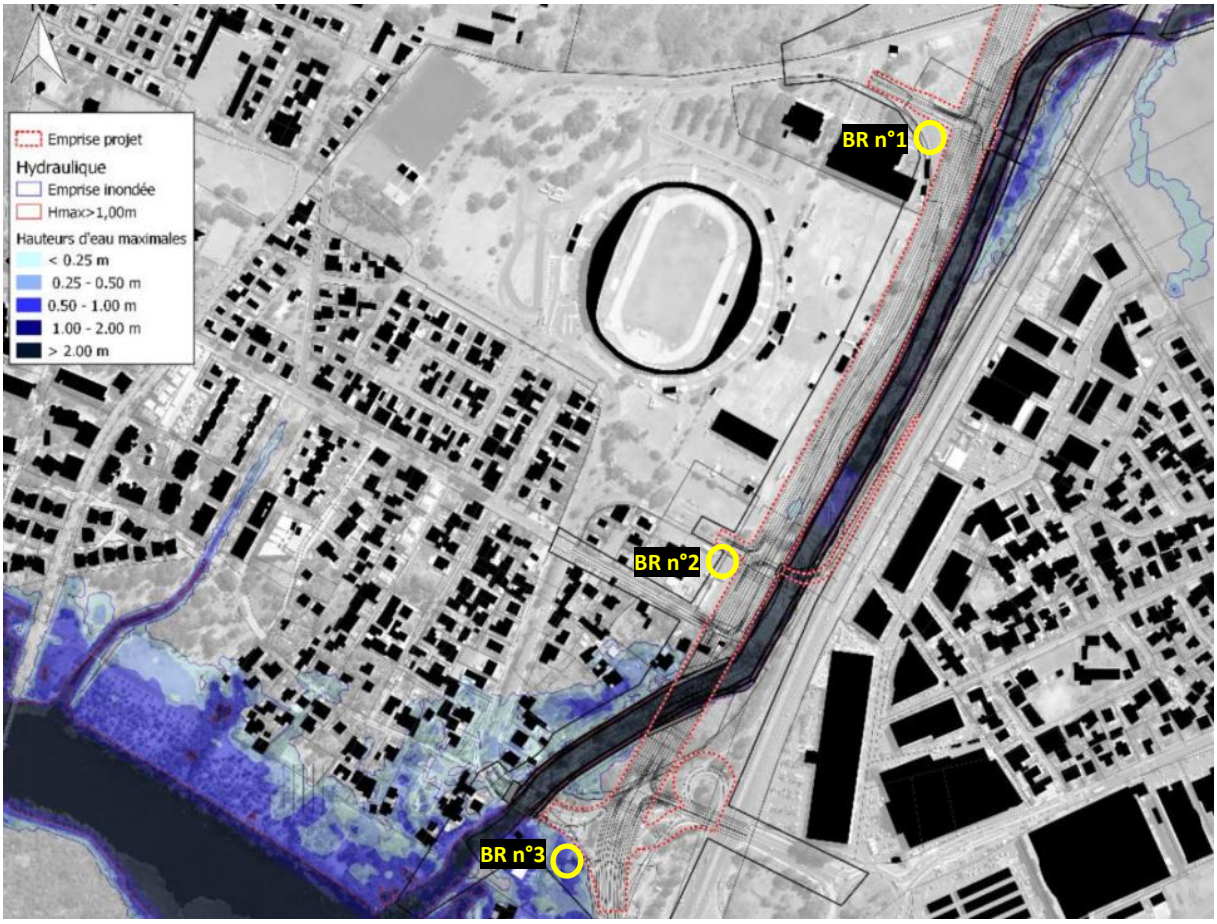
Il conviendra de vérifier, pour des pluies de retour de 2, 5, 10, 20 et 30 ans, que les débits rejetés par les 2 orifices sont inférieurs à 80 % du débit initial.

La position des orifices devra être justifiée en précisant le niveau de l'eau dans le regard pour les différentes occurrences de pluie citées ci-dessus.

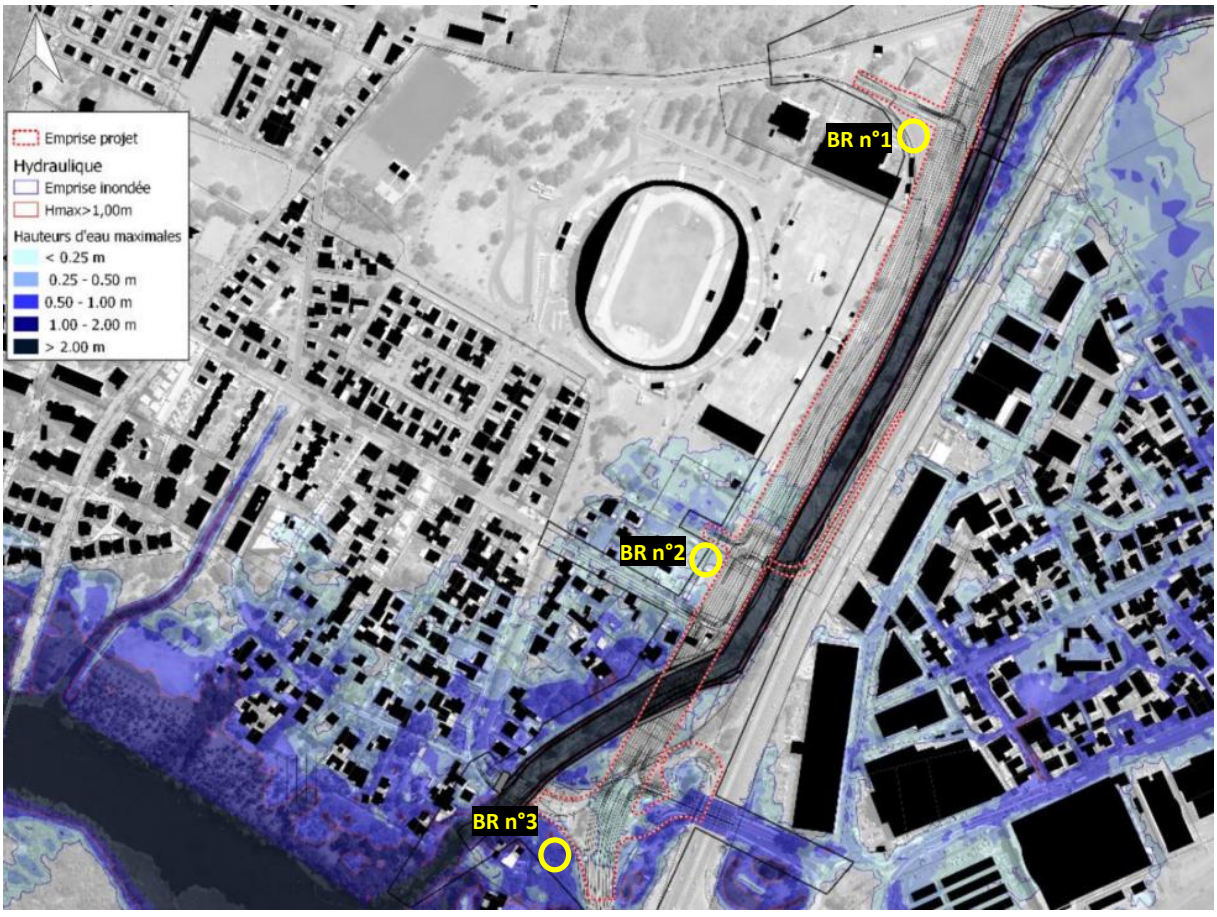
Réponse apportée

Pour mémoire, le SDEP de St-Paul, qui s'applique au projet et se substitue au guide des EP de la DEAL, classe la zone du projet en réglementation forte ce qui implique de mettre en œuvre un dispositif de rétention assurant un rejet inférieur ou égal à 80 % du débit initial pour une période de retour choisie suivant la norme NF-EN-752. Dans le cas présent, cette période est prise égale à 30 ans. Le projet prévoit néanmoins d'ajouter un orifice supplémentaire pour réguler également le débit de période de retour 2 ans (afin que pour cette période de retour, le débit rejeté soit également équivalent à 80% du débit initial).

La vérification des débits rejetés pour des périodes de retour intermédiaires a toutefois été menée pour chacun des bassins proposés. Les résultats sont retranscrits dans le tableau synthétique présenté ci-après. A noter toutefois que, compte-tenu de l'inondabilité de certains bassins du secteur 2 à partir de la crue de période de retour 10 ans de la Ravine La Plaine (cf. implantation des futurs bassins sur les cartes des zones inondables état projet page suivante), leurs ouvrages de restitution ont été revus : Q_{30ans} pour le bassin de rétention n°1, Q_{20ans} pour le BR n°2 et Q_{10ans} pour le BR n°3.



Crue de période de retour 10 ans de la Ravine La Plaine



Crue de période de retour 30 ans de la Ravine La Plaine

BR1 du secteur 1				
T (ans)	**V (m³)**	**Q_{rejet} (80 % Qinit) – l/s**	**Hauteur d'eau BR (m)**	**Ouvrages restitution**
2	120	122	0.32	Section 0.50*0.20m
5	175	212	0.41	Section 0.50*0.20m + surverse 4.00*0.05m
10	225	278	0.44	Section 0.50*0.20m + surverse 4.00*0.08m
20	260	392	0.48	Section 0.50*0.20m + surverse 4.00*0.12m
30	270	460	0.50	Section 0.50*0.20m + surverse 4.00*0.14m
BR1 du secteur 2				
T (ans)	**V (m³)**	**Q_{rejet} (80 % Qinit) – l/s**	**Hauteur d'eau BR (m)**	**Ouvrages restitution**
2	150	28	0.80	Section DN125
5	110	49	0.88	Section DN125 + surverse 0.65*0.08m
10	107	64	0.91	Section DN125 + surverse 0.65*0.11m
20	90	91	0.97	Section DN125 + surverse 0.65*0.17m
30	85	107	0.99	Section DN125 + surverse 0.65*0.19m
BR2 du secteur 2				
T (ans)	**V (m³)**	**Q_{rejet} (80 % Qinit) – l/s**	**Hauteur d'eau BR (m)**	**Ouvrages restitution**
2	190	180	0.80	Section 0.40*0.20m
5	210	256	0.90	Section 0.20*0.40m + surverse 1.65*0.10m
10	230	313	0.94	Section 0.20*0.40m + surverse 1.65*0.14m
20	250	395	0.99	Section 0.20*0.40m + surverse 1.65*0.19m
BR3 du secteur 2				
T (ans)	**V (m³)**	**Q_{rejet} (80 % Qinit) – l/s**	**Hauteur d'eau BR (m)**	**Ouvrages restitution**
2	175	59	0.85	Section 0.17*0.15m
5	145	95	0.95	Section 0.17*0.15m + surverse 0.75*0.10m
10	145	121	0.99	Section 0.17*0.15m + surverse 0.75*0.15m

- Cas particulier du bassin de rétention du BV2 du secteur 1

Demande de la DEAL

Le pétitionnaire devra justifier le dimensionnement du bassin de rétention du BV2 avec des débits entrants tels que précisés ci-dessus. Cette justification ne pourra se faire qu'en fusionnant les BV1 et BV2.

Dans tous les cas, il conviendra de fournir le dimensionnement du réseau enterré ainsi que les calculs associés.

Il sera également précisé pourquoi les eaux ne peuvent transiter dans les noues

Réponse apportée

Sur le secteur 1 de l'axe mixte, deux bassins versants ont été distingués pour tenir compte des différences de perméabilité des sols rencontrés : bonne sur le *nord* et moyenne sur le *sud*, et ainsi considérer une infiltration des eaux pluviales dans les noues sur le BV1 dans le dimensionnent du projet hydraulique.

Considérant un coefficient de perméabilité sur la zone *nord* de $3{,}4.10^{-4}$ m/s[1] et un taux de colmatage de 50 %[2], le débit infiltré maximal sur le BV1 atteint 310 l/s ce qui correspond globalement à un débit de période de retour 5 ans.

Pour une pluie de période de retour 30 ans, le débit non infiltré atteint donc 235 l/s et représente environ 60 % du débit initial Q_{30ans}, soit une valeur inférieure aux prescriptions du SDEP de Saint-Paul.

Au-delà du BV1, ces eaux sont transférées dans la noue latérale *est* du BV2 qui rejoint le bassin de rétention situé en aval du BV2. La capacité de cette noue permet de contenir cet apport complémentaire[3].

Comparativement au dossier initial, les caractéristiques du bassin de rétention ont été revues en regroupant les 2 bassins versants (BV1 et BV2) en un seul tout en tenant bien évidemment compte de l'infiltration s'effectuant sur le BV1. A titre d'information, la surface globale de ce BV atteint 3,5 ha.

[1] Cf. étude de sol en annexe du présent document
[2] Référence guide ASTEE, Association Scientifique et Technique pour l'Eau et l'Assainissement
[3] Capacité maximale à plein bord de la noue ≈ 650 l/s – Débit maximal intercepté = 385 l/s (150 + 235)

Le volume utile de son bassin de rétention est ainsi évalué à 270 m³ (volume maximal déterminé suivant la méthode des pluies – cf. tableau fourni au point précédent). Comme pour tous les autres ouvrages de rétention, un dispositif de régulation sera mis en place en sortie du bassin (incluant la part infiltrée sur le BV1). Ses dimensions sont également fournies dans le tableau cité.

De la même manière, cet ouvrage aura pour rôle complémentaire d'assurer la dépollution des eaux drainées (en respectant le taux d'abattement des MES de 80 %). Or, pour atteindre cet objectif, la surface minimale du bassin doit être de 760 m² soit près de 2 fois la surface nécessaire pour assurer la fonction de régulation. Comparativement aux autres bassins de rétention, celui du secteur 1 observera donc des hauteurs d'eau plus faibles avec une surverse calée 0,36 m au-dessus du fond du bassin (7,20 m NGR).

Les plans de cet ouvrage sont présentés en annexe n°1 du présent document.

- Comparaison avec les contre-calculs

Demande de la DEAL

En absence de justificatifs des dimensions des ouvrages de gestion des EP fournis par le pétitionnaire, la DEAL a réalisé un pré-dimensionnement afin de vérifier certaines données fournies par le pétitionnaire.

Les résultats obtenus diffèrent nettement de ceux fournis :

- *Débit d'infiltration sur le BV1 de la section 1*

La surface d'infiltration obtenue est au minima de :

(0.5+1.4/2+0.6/2) × 550 = 825 m² × 4 = 3 300 m² contre 2 050 m² indiqués dans le dossier.

Le pétitionnaire devra donc fournir la justification de la valeur obtenue.

Les débits infiltrés sont estimés à 0,561 m³/s. Cette valeur permet d'infiltrer l'intégralité des pluies trentennales.

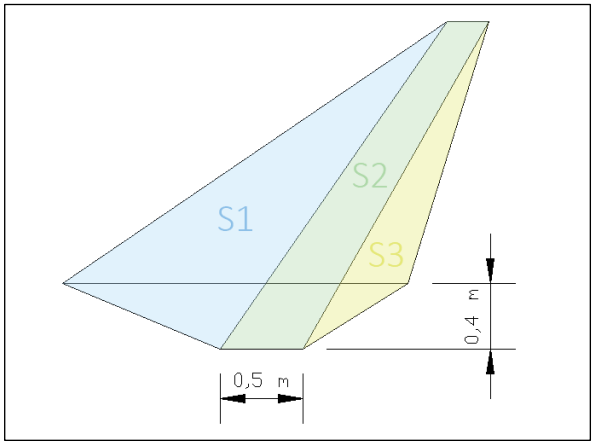
- *Débit d'infiltration sur les autres bassins versants*

Sur les autres secteurs, bien que la perméabilité soit plus faible, il peut être toutefois intéressant de prendre en compte le débit de fuite correspondant à cette infiltration.

Réponse apportée

Sur le BV1 du secteur 1, où l'infiltration est possible, les noues s'étendent sur un linéaire total de 1 600 m et suivront la pente du TN qui varie entre 1,5 et 4,5 %, ce qui revient à mettre en place 3,5 à 11 cloisons par 100 ml de noue (suivant la pente considérée). En effet, plus la pente longitudinale de la noue est forte, plus il est nécessaire de mettre en place des cloisons pour que celle-ci joue pleinement son rôle de ralentisseur des écoulements et d'infiltration en maximisant la surface d'échange.

En amont de chaque cloison se forme une retenue d'eau qui permet un échange avec le sous-sol sur une surface équivalente à S1+S2+S3 (cf. schéma suivant).



La surface totale d'échange avec le sous-sol est ainsi estimée à 1850 m². Avec un coefficient de perméabilité de $3{,}4.10^{-4}$ m/s et un taux de colmatage de 50 %, le débit infiltré maximal atteint 310 l/s.

Sur les autres BV et secteur de l'axe mixte, la perméabilité est nettement plus faible ($2{,}5.10^{-5}$ m/s en moyenne) et bien qu'elle ne soit pas nulle, elle a été négligée par sécurité.

- Autres observations sur les documents fournis

Demande de la DEAL

Le dossier précise que « des carrefours étant prévus le long du projet, les noues seront interrompues et par conséquent prolongées par des ouvrages enterrés (buses). Des ouvrages d'entonnement, destinés à faciliter la transition entre noue et ouvrage, seront mis en place ».

Le pétitionnaire devra préciser comment les eaux seront recueillies dans les noues au niveau des carrefours (par exemple par la mise en place de caniveaux à grille).

Il devra bien évidemment fournir le dimensionnement des ouvrages enterrés et les calculs associés.

La gestion des EP du parking situé à proximité du pôle d'échange n'est pas indiquée.

Réponse apportée

Les noues seront en effet interrompues au niveau des carrefours et seront donc remplacées par des ouvrages enterrés constituées de canalisations ou de cadres[4] dimensionnés pour le débit Q_{30ans}. Les eaux pluviales ruisselant sur les carrefours seront naturellement orientées vers les noues situées en aval de ces derniers qui recueilleront donc ces eaux. Pour rappel, les noues seront séparées des voies de circulation (et donc des carrefours) à l'aide de bordures ajourées ce qui permet le passage des eaux de ruissellement pluvial. A ce stade, aucune grille-avaloir n'est envisagée au niveau des carrefours.

2.2.2. Insuffisance du dossier

Demande de la DEAL

Comme demandé dans le courrier du 28 novembre 2024, des éléments de compréhension nécessaires pour apprécier le bon fonctionnement du projet de gestion des eaux pluviales sont encore manquants et doivent être fournis (annexe 2).

Il manque notamment les plans tels que précisés dans cette annexe. Aucun détail de calcul n'a été fourni.

En l'absence de ces éléments, il est très difficile de fournir un avis complet sur le dossier.

Réponse apportée

Cf. réponses au point n°1 du chapitre 2.2.1. et annexes n°1 (plans projet) et n°2 (exemple de calcul de bassin de rétention) en fin de document.

- Infiltration

Demande de la DEAL

Comme indiqué dans la précédente demande de compléments, la recherche d'une infiltration maximale des eaux de ruissellement peut être une solution à approfondir, mais doit être justifiée par le calcul.

Les capacités d'infiltration seront vérifiées par des études de sol.

Les études de sol justifiant les capacités d'infiltration n'ont pas été fournies depuis la dernière demande.

[4] Ces cadres seront mis en place sur la noue latérale Est qui recueillera le débit non-infiltré du BV1 en plus des eaux issues du BV2

Réponse apportée

Cf. annexe n°3 au présent dossier (extrait des études de sol). Pour rappel, la perméabilité est nettement plus faible sur les autres BV et secteurs de l'axe mixte (2,5.10^{-5} m/s en moyenne), et bien qu'elle ne soit pas nulle, elle a été négligée par sécurité.

2.2.3. Entretien des ouvrages

Demande de la DEAL

La charte de gestion écologique n'est pas assez précise quant aux obligations d'entretien des ouvrages.

Comme indiqué dans la première demande de compléments, le pétitionnaire devra s'engager à réaliser une convention avec la collectivité indiquant les modalités d'entretien de l'ensemble des ouvrages hydrauliques (noues, buses, bassins de rétention…). Par-ailleurs, il s'engage à transmettre ce document au service en charge de la Police de l'Eau.

Réponse apportée

Une convention est en cours de rédaction entre La Région et l'EPCI.

2.2.4. Recalibrage de la ravine La Plaine

Demande de la DEAL

Le courrier du 28 novembre 2024 demande au pétitionnaire de transmettre des éléments précisant l'impact de ce type de travaux (et les mesures associées) sur l'étang de Saint-Paul en termes hydraulique, faunistique et floristique. Par ailleurs, le courrier recommandait que le pétitionnaire sollicite l'avis de la Réserve Naturelle Nationale Étang de Saint-Paul.

Compte tenu que la ravine est recalibrée pour une période de retour de 10 ans, il conviendrait de prendre en compte le bassin versant de la ravine dans les calculs hydrauliques de la voie.

Le pétitionnaire n'a pas répondu à l'ensemble de ces éléments.

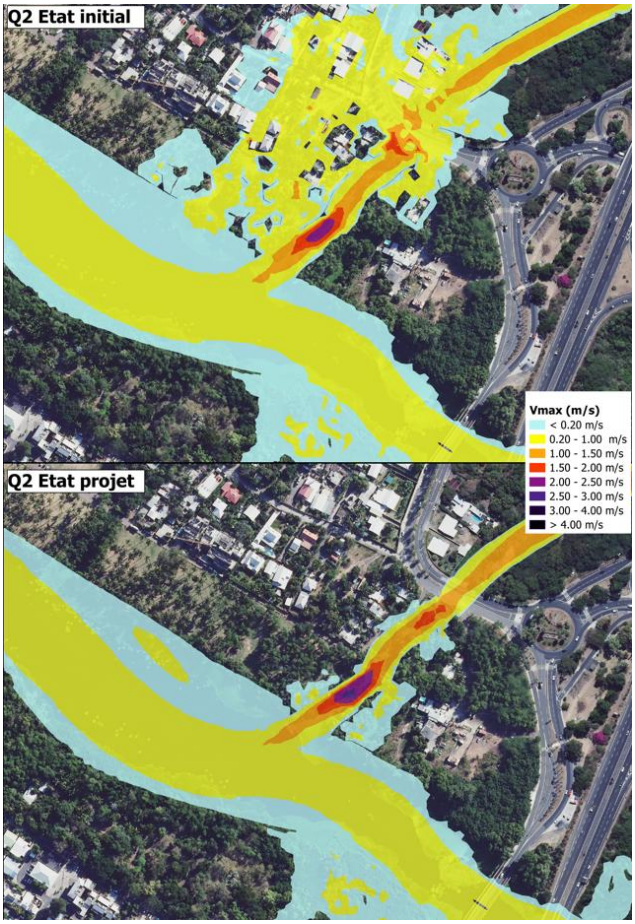
Réponse apportée

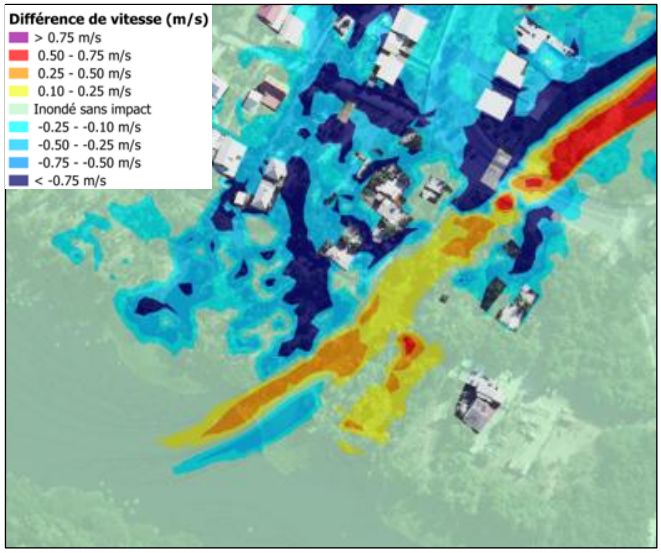
Pour mémoire, le projet vise à redresser l'axe du lit mineur de la Ravine de La Plaine et à le recalibrer entre ses franchissements par la RN 1 en amont et l'avenue du stade en aval, soit un linéaire de 1 km.

L'objectif de ces travaux est d'une part de permettre la réalisation de l'axe mixte et d'autre part de réduire le risque de débordement de la ravine (qui affecte notamment le quartier Jacquot). Compte-tenu de l'emprise foncière disponible, le recalibrage permettra de contenir une crue de période de retour 10 ans. Les berges de la ravine feront ainsi l'objet d'un traitement paysager de sorte à créer une ripisylve sachant que les berges actuelles sont quasi dénuées de végétation.

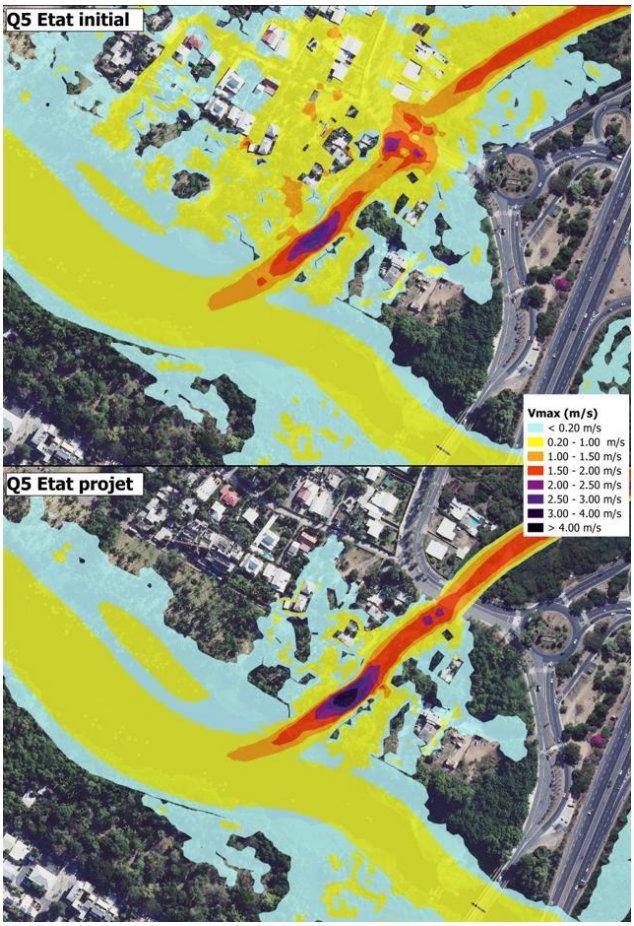
L'incidence de ce projet sur les conditions actuelles d'écoulement de la ravine a été appréciée à l'aide d'un modèle mathématique en 2D (Télémac). Les calculs ont été réalisés pour plusieurs débits de crue (2, 5, 10, 30 et 100 ans) et deux états (actuel et projet).

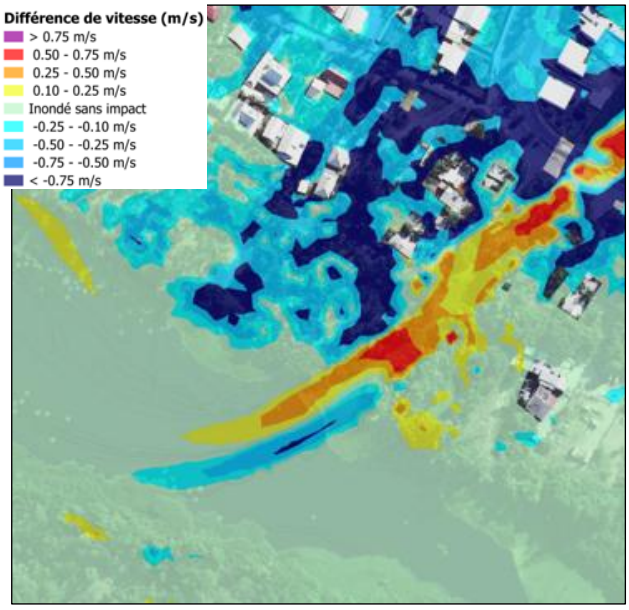
Les résultats de calculs ont été traduits sous la forme de cartes d'évolution des hauteurs d'eau et de vitesses. Ces cartes sont fournies ci-après.





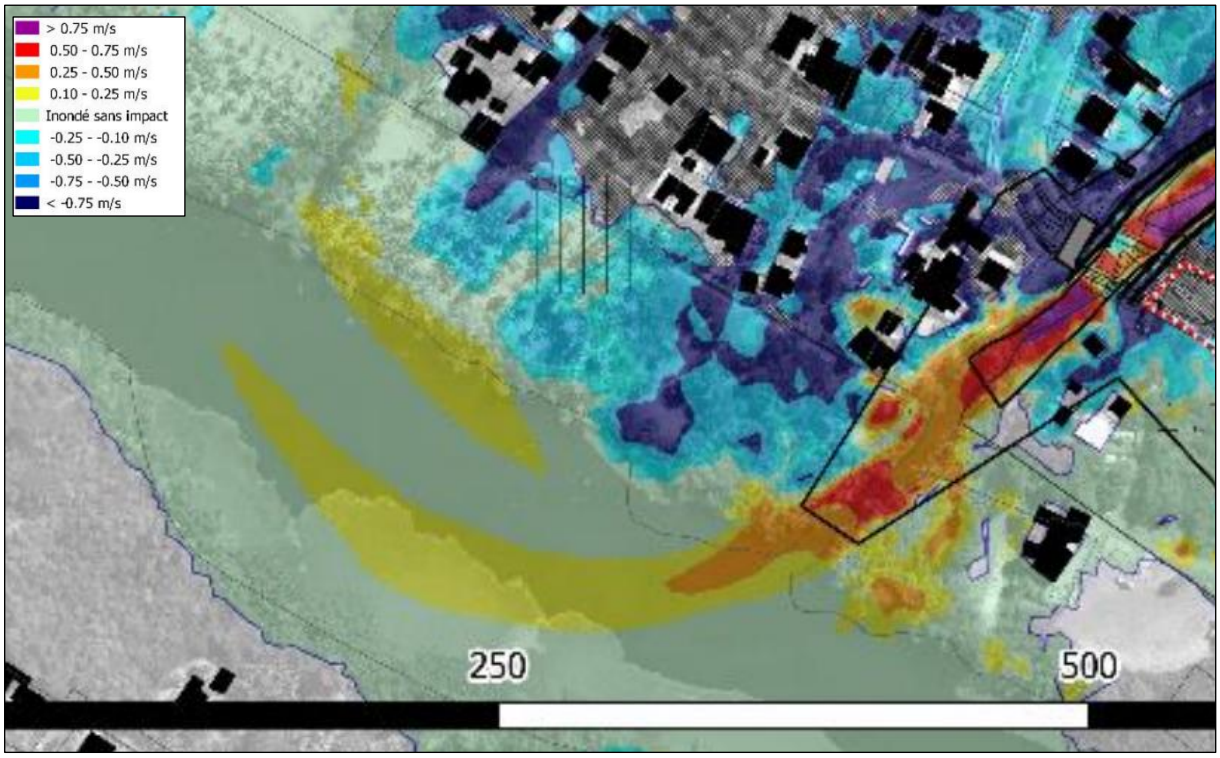
Crue de période de retour 2 ans



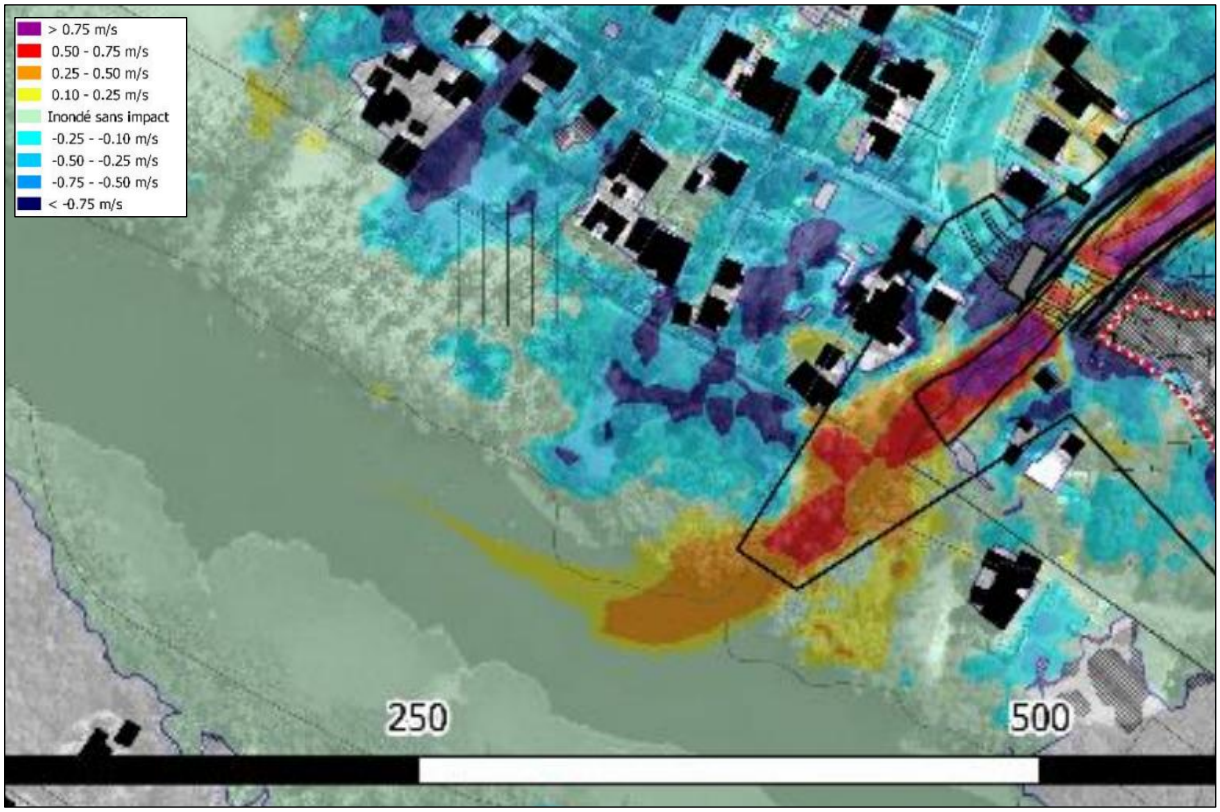


Crue de période de retour 5 ans

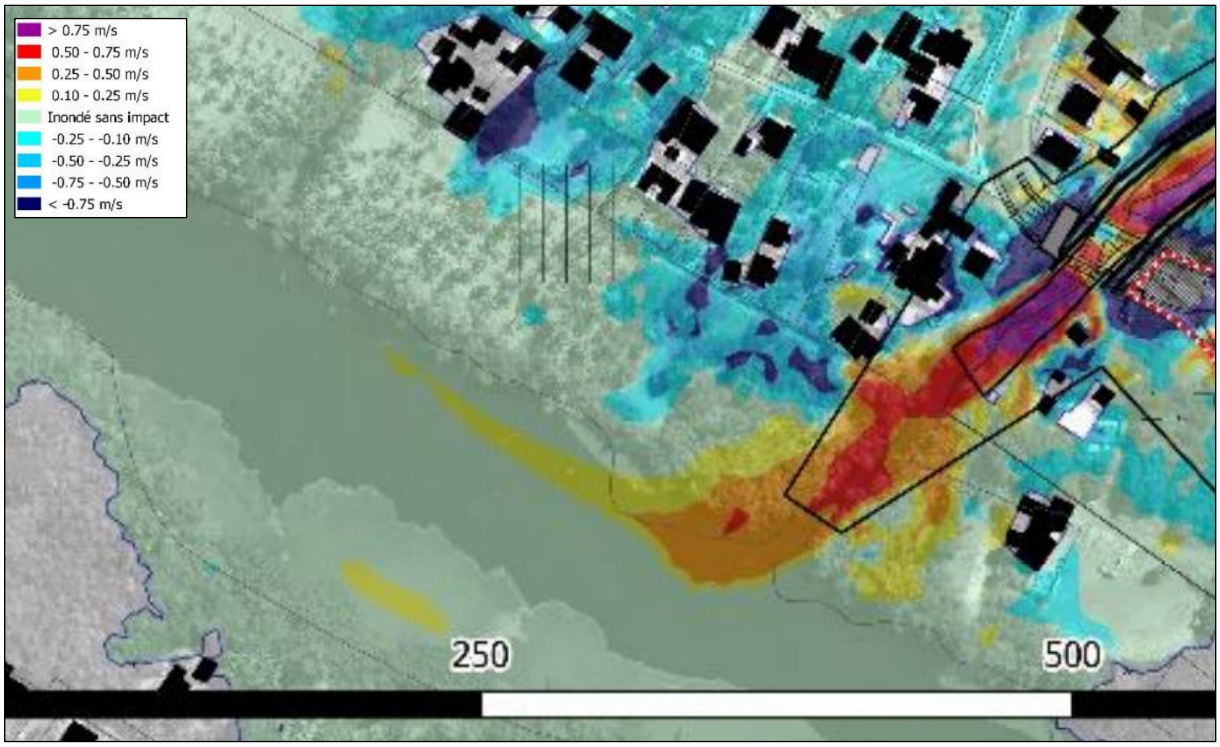
Pour les crues dites « courantes » (périodes de retour 2 et 5 ans), les vitesses d'écoulement apparaissent légèrement accentuées en aval du radier existant à l'état projet : < 0,50 m/s. On note toutefois que cela reste circonscrit au lit mineur de la ravine et au droit de son embouchure dans l'étang. Comme le montrent les figures précédentes, l'étang et ses berges ne sont en revanche pas impactés.



Incidence du projet sur les vitesses de la crue de période de retour 10 ans



Incidence du projet sur les vitesses de la crue de période de retour 30 ans



Incidence du projet sur les vitesses de la crue de période de retour 100 ans

Pour la crue de période de retour 10 ans (crue de dimensionnement du lit mineur de la Ravine La Plaine), l'évolution des vitesses maximales reste mesurée et principalement localisée autour de l'embouchure. Bien qu'une augmentation de la vitesse soit relevée à proximité de la rive opposée (comprise entre 0.10 et 0.25 m/s), elle n'est pas de nature à déstabiliser la berge existante étant donné que la vitesse calculée reste compatible avec la résistance assurée par une berge végétalisée (< 2 m/s).

Quant aux crues plus rares (30 et 100 ans), on constate à nouveau que les variations de vitesses restent cantonnées à l'embouchure de la ravine dans l'étang. Par conséquent, ce dernier ne subira pas de désordres du fait de la réalisation du projet de recalibrage du lit de la Ravine La Plaine.

Quoiqu'il en soit, il est envisagé, par précaution, de mener une surveillance visuelle des berges de l'étang à l'issue des travaux et sur une période minimale de 5 ans dans le but d'identifier toute évolution de ses berges potentiellement liée aux apports en crue de la Ravine La Plaine.

Enfin, le bassin versant de la Ravine La Plaine n'est pas pris en considération dans les calculs hydrauliques car les bassins versants routiers de l'axe mixte et de la ravine sont déconnectés.

2.2.5. Traitement de la pollution des eaux pluviales

Demande de la DEAL

Le projet envisage différents systèmes pour traiter la pollution des eaux pluviales :

- *un décanteur lamellaire avant rejet dans la ravine La Plaine pour la bretelle de sortie de la RN1 ;*
- *des vannes de sectionnement manuel à l'extrémité aval de chaque noue et en sortie de chaque bassin de rétention, en cas de pollution accidentelle.*

Le pétitionnaire devra démontrer l'efficacité de ce type de dispositif dans le traitement de la pollution des eaux pluviales. Un mémo précisant le traitement de la pollution des eaux est également joint à ce courrier (annexe 4).

Réponse apportée

Les eaux pluviales générées par ruissellement sur la bretelle de sortie de la RN 1 (rive gauche de la Ravine La Plaine) ne peuvent être raccordées au réseau principal du projet (noues) qui se situe en rive droite. Par ailleurs, du fait de la très faible disponibilité foncière (bretelle coincée entre la RN 1 et la ravine), seul un dispositif compact et enterré peut être proposé. Ces ouvrages sont normés et répondent aux objectifs d'abattement des MES (et des charges polluantes qui leur sont

associées), soit 75 % a minima. Ici, le choix s'est porté sur un décanteur lamellaire, et non un séparateur à hydrocarbures, car il s'agit d'un système nettement plus adapté au traitement des matières en suspension, qui constituent le gros de la pollution associée à une voirie. Par ailleurs, pour assurer son efficacité dans le temps, une surveillance et un entretien régulier sont indispensables et seront mis en place par le gestionnaire de la voirie.

2.2.6. Traitement de la pollution des eaux pluviales

- Mesures relatives à la gestion des déchets

Demande de la DEAL

La mesure xii « L'usage de substances toxiques ou dangereuses sera limité au maximum » doit être modifiée comme suit : « L'usage de substances toxiques ou dangereuses est interdit. »

Réponse apportée

La mesure xii est modifiée ainsi : « L'usage de substances toxiques ou dangereuses est interdit, sauf en cas de nécessité technique dûment justifiée. Dans ce cas, leur utilisation est strictement encadrée et fait l'objet de mesures de prévention adaptées visant à éviter tout risque de pollution (stockage sécurisé, dispositifs de rétention, gestion des déchets, procédures d'intervention en cas de déversement accidentel). »

- Mesures relatives au risque inondation

Demande de la DEAL

La mesure xxviii précise que « les travaux en zone rouge au PPR seront réalisés autant que possible pendant la période sèche. » Cette mesure ne répond pas à l'enjeu fort identifié en termes d'inondation.

Réponse apportée

De manière générale, les travaux en lien avec la Ravine La Plaine s'effectueront hors période cyclonique, d'une part pour éviter tout écoulement dans le lit mineur et d'autre part d'un niveau bas de l'étang de Saint-Paul. Par ailleurs, aucune installation de chantier et stockage de matériaux n'auront lieu en zone rouge du PPR, tout comme aucun stationnement d'engins ne se fera dans le lit mineur. Des procédures d'alerte et de repli seront également envisagées.

- Tableau des mesures ERC

Demande de la DEAL

Le tableau des mesures ERC présenté en page 36 du résumé non technique n'a pas intégré les mesures demandées dans la demande de compléments du 28 novembre 2024. Ce tableau devra être mis à jour.

Réponse apportée

Le tableau est mis à jour.

3. Analyse sur les enjeux sanitaires (ARS)

Demande de la DEAL (avis ARS repris)

Pour rappel, l'ARS La Réunion a émis un avis sanitaire le 25 avril 2022 à propos du cadrage préalable de ce projet ainsi que le 30 octobre 2024 sur le dossier dans sa version de juillet 2024.

L'avis sanitaire complet du 30 octobre 2024 est réservé assorti de recommandations compte tenu des incertitudes de l'évaluation de risque sanitaire et de la compatibilité sanitaire avec les aménagements futurs à sa périphérie (ZAC Phaonce notamment) dans le cadre d'une démarche globale (Eco-cité).

La version d'août 2025 du dossier comporte un mémoire en réponse aux avis des services de l'État qui apporte des informations satisfaisantes vis-à-vis des sujets suivants :

- *l'articulation entre les projets de l'axe mixte et de la ZAC Phaonce ainsi que les adaptations possibles (mais non confirmées) pour limiter l'exposition de la population riveraine à la pollution de l'air et au bruit liés aux axes routiers (axe mixte et RN1) ;*

- *le cadre méthodologique des études d'impact sur l'air et le bruit (notes techniques de juillet 2025) et des résultats de modélisation ;*

- *l'impact du projet sur le trafic routier du secteur.*

Toutefois, la compatibilité sanitaire d'un projet d'axe routier majeur, particulièrement polluant et bruyant (sans mobilité électrique dominante), avec de futures zones d'habitation doit être recherchée et consolidée. L'incertitude des modélisations en matière d'air et de bruit devrait également s'accompagner d'un renforcement des mesures d'évitement, de réduction des émissions ou de protection contre les expositions des populations riveraines. Une surveillance de l'air et du bruit en phase d'exploitation par des mesurages réguliers mériterait d'être prescrite pour vérifier les résultats des modélisations et prendre des mesures correctives le cas échéant.

Enfin, les recommandations relatives aux mobilités actives ne semblent pas avoir été prises en compte.

En définitive, les conclusions générales et orientations de la demande de compléments précédente sont maintenues.

L'ARS La Réunion émet un avis sanitaire favorable au projet d'axe mixte. Cependant, des réserves fortes sont maintenues en ce qui concerne la compatibilité sanitaire des projets d'axe mixte et de ZAC Phaonce pour les populations riveraines en l'état actuel des dossiers.

Réponse apportée

Le projet d'axe mixte relève d'une maîtrise d'ouvrage propre à l'infrastructure routière, distincte de celle des projets d'aménagement urbain associés, notamment la ZAC Phaonce. Chaque opération est ainsi responsable de la prise en compte des enjeux sanitaires dans son périmètre.

Néanmoins, le projet d'axe mixte a été conçu en intégrant, dans la limite de son périmètre, les enjeux liés à son insertion dans un secteur en mutation urbaine.

À ce titre, plusieurs dispositions ont été intégrées afin de limiter les nuisances à la source et anticiper la présence future de populations à proximité, notamment :

- une limitation de la vitesse à 50 km/h, abaissée à 30 km/h au droit du pôle d'échanges ;

- la prise en compte des enjeux acoustiques dès la conception, notamment par le recours à des solutions de réduction du bruit à la source ;

- une conception de l'infrastructure adaptée à son environnement urbain futur.

Les modélisations réalisées montrent que les niveaux de pollution atmosphérique restent inférieurs aux seuils réglementaires, et que les niveaux sonores ne dépassent pas les seuils réglementaires au droit des habitations existantes.

Les incertitudes associées à ces modélisations ont été identifiées et analysées dans le dossier, conformément aux pratiques en la matière.

Les recommandations relatives à l'organisation urbaine (éloignement des habitations, organisation du bâti, écrans acoustiques, etc.) relèvent des projets d'aménagement urbain associés, et ne peuvent être mises en œuvre dans le cadre du présent projet d'infrastructure.

Concernant les mobilités actives, le projet d'axe mixte intègre des aménagements dédiés et sécurisés, conformes aux recommandations du CEREMA, notamment :

- des pistes cyclables dimensionnées avec une largeur de 2,5 m par sens, offrant des conditions de circulation confortables ;

- une séparation physique des flux entre les circulations motorisées et les mobilités actives ;

- un traitement paysager des abords, avec des alignements d'arbres contribuant à l'ombrage et au confort d'usage.

Le projet prévoit également la mise en place d'un box vélo sécurisé au niveau du pôle d'échanges.

Les autres leviers de développement des mobilités actives (organisation urbaine, intermodalité, équipements associés) relèvent des opérations d'aménagement urbain associées et des autorités compétentes.

Enfin, le projet prévoit un suivi en phase d'exploitation, dont les modalités sont précisées comme suit :

- une campagne de mesures à la mise en service de l'infrastructure ;
- une campagne de mesures à 5 ans ;
- et une campagne de mesures à 10 ans.

Ce suivi permettra :

- de vérifier les résultats des modélisations ;
- et, le cas échéant, d'identifier d'éventuels ajustements relevant du périmètre du projet.

Il est précisé que ce suivi porte sur les situations existantes à la date de mise en service de l'infrastructure, notamment en ce qui concerne les habitations riveraines présentes à cette échéance.

Les éventuelles évolutions d'occupation du sol postérieures, notamment dans le cadre des projets d'aménagement urbain, relèvent des maîtrises d'ouvrage concernées, dans le cadre de leurs propres procédures.

.

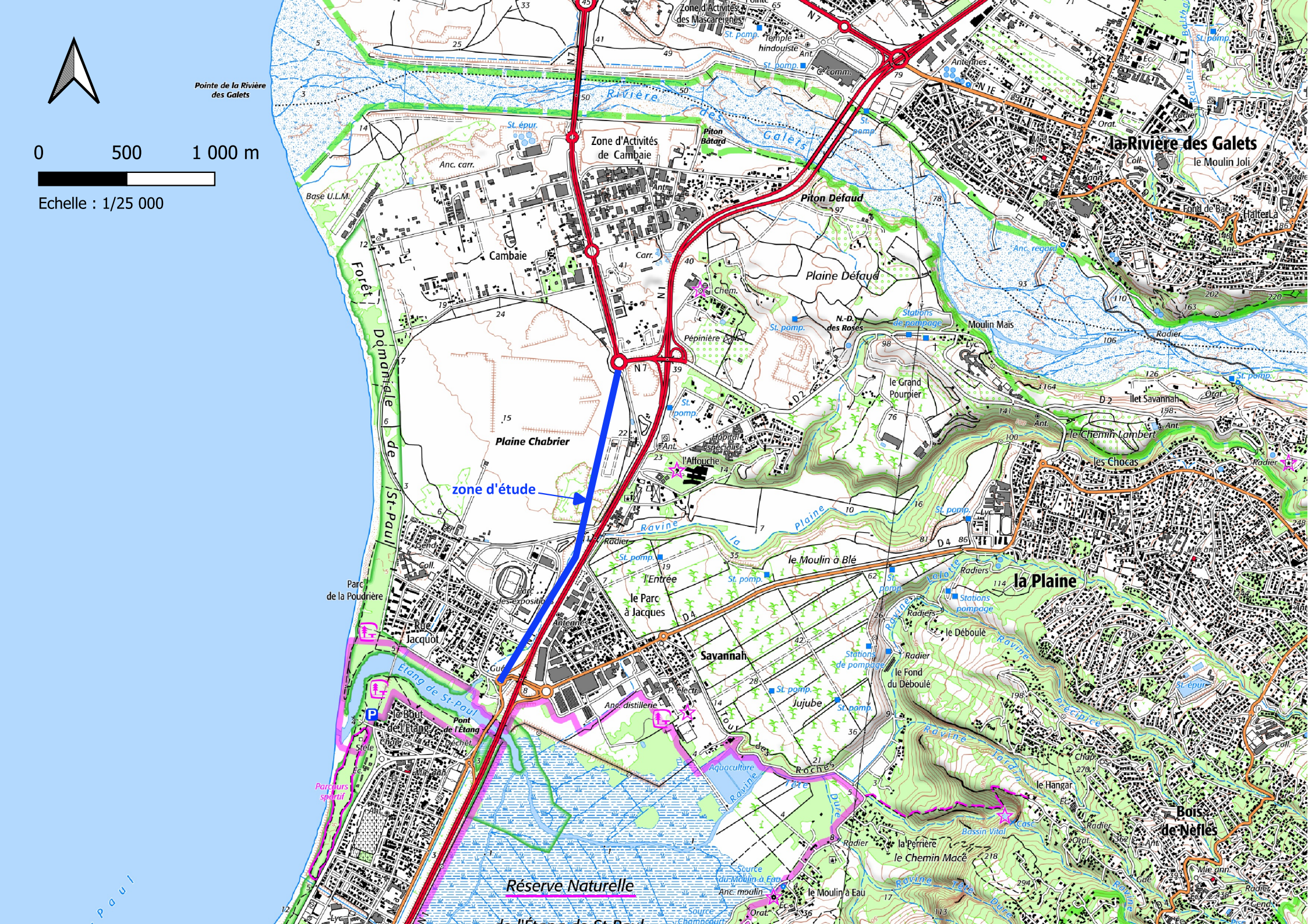
ANNEXE N°1 – Eléments de réponse en lien avec l'annexe n°2 de la DEAL

DOSSIER DE DEMANDE D'AUTORISATION ENVIRONNEMENTALE RELATIF AU PROJET DE PROLONGEMENT ET REAMENAGEMENT DE L'AXE MIXTE DE SAINT-PAUL

Courrier et note technique DEAL du 17/12/2025 référencés SEB/UPEI-427/AM/2025-1015

P1 - Plan de localisation

La carte à l'échelle 1/25 000 est fournie page suivante.



0
500
1 000 m
Echelle : 1/25 000
Pointe de la Rivière des Galets
Zone d'Activités de Cambaie
Piton Bâtard
Piton Défaud
Plaine Défaud
Cambaie
Plaine Chabrier
zone d'étude
Forêt Domaniale de St-Paul
Rivière des Galets
la Rivière des Galets
le Moulin Joli
Halte-Là
Moulin Maïs
N.-D. des Roses
le Grand Pourpier
Ilet Savannah
le Chemin Lambert
les Chocas
l'Affouche
Ravine la Plaine
le Moulin à Blé
la Plaine
l'Entrée
le Parc à Jacques
Savannah
Parc de la Poudrière
Rue Jacquot
Étang de St-Paul
le Bout de l'Étang
Pont de l'Étang
Parcours sportif
le Déboulé
le Fond du Déboulé
Jujube
Tour des Roches
Aquaculture
Réserve Naturelle
le Hangar
Bois de Nèfles
la Perrière
le Chemin Macé
le Moulin à Eau
Bassin Vital
Ravine Précipice
Ravine Jardin
Ravine Tête Dure
Source du Moulin à Eau
Source Champcourt
Anc. distillerie
Anc. moulin
Anc. carr.
Base U.L.M.
Pépinière
Hôpital spécialisé
Stations de pompage
Radiers
Radier
Antennes
Temple hindouiste
Zone d'Activités des Mascareignes

P2 - Plan cadastral

- Secteur n°1

- Secteur n°2

P3 - Plan du projet

Les plans des réseaux humides du projet sont fournis dans les pages qui suivent aux échelles 1/250 et 1/500.

PRO
PROLONGEMENT DE L'AXE MIXTE
SECTEUR 1
PLAN GENERALE DES RESEAUX PROJETES
ARTELIA
PLAN N°
01.5
ECH: 1/500
CARREFOUR
CINEMA CAMBAIE
Carrefour C6
Slade
A
A'
GIRATOIRE
CAMBAIE
Carrefour C1
PÔLE D'ECHANGE

GIRATOIRE CAMBAIE Carrefour C1

Tranchée drainante

Piste

Futur espace billetique (hors projet)

Fossé

ancien réseau

Fossé U béton 2.00x0.70

Fossé U béton 2.30x0.70

Franchissement agricole – Garde-corps bois

Garde-corps bois

Embouchement libre

Grille anti-intrusion

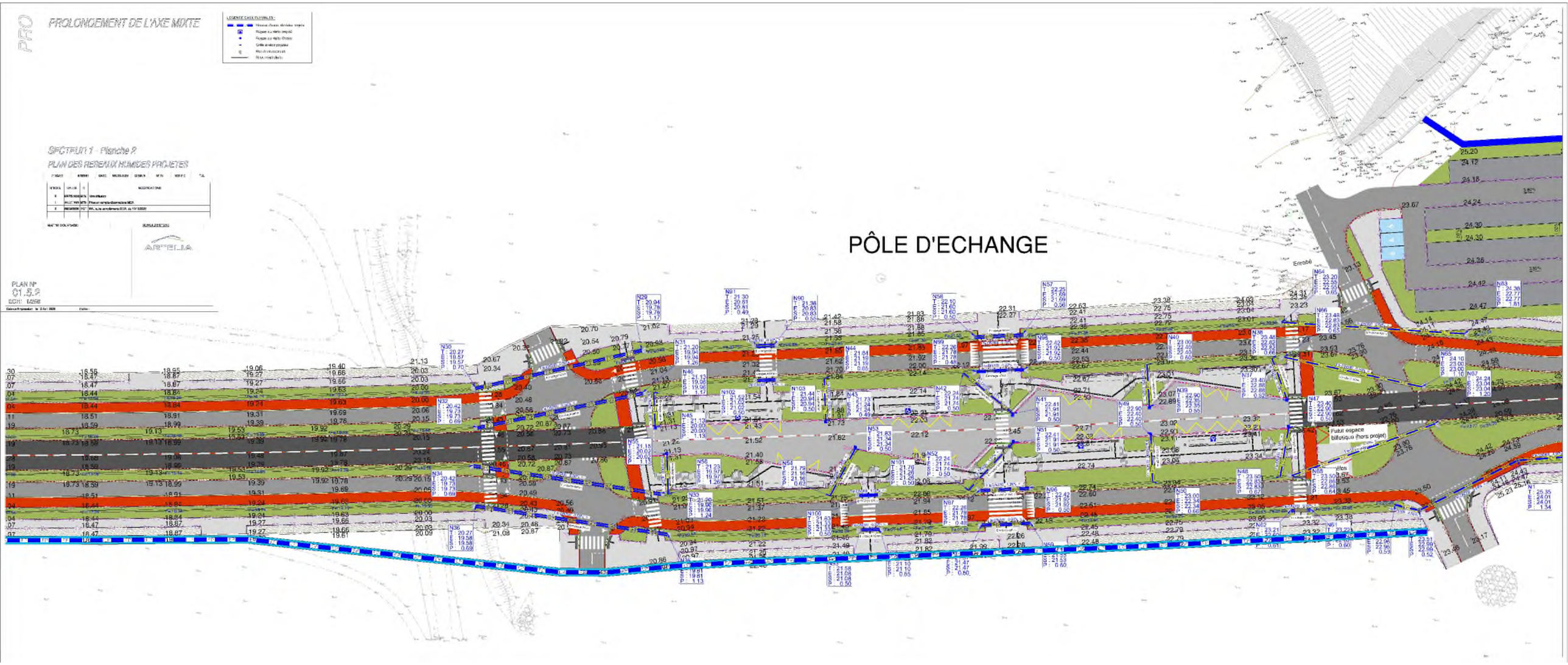
Calibre béton EP 2.00x1.00

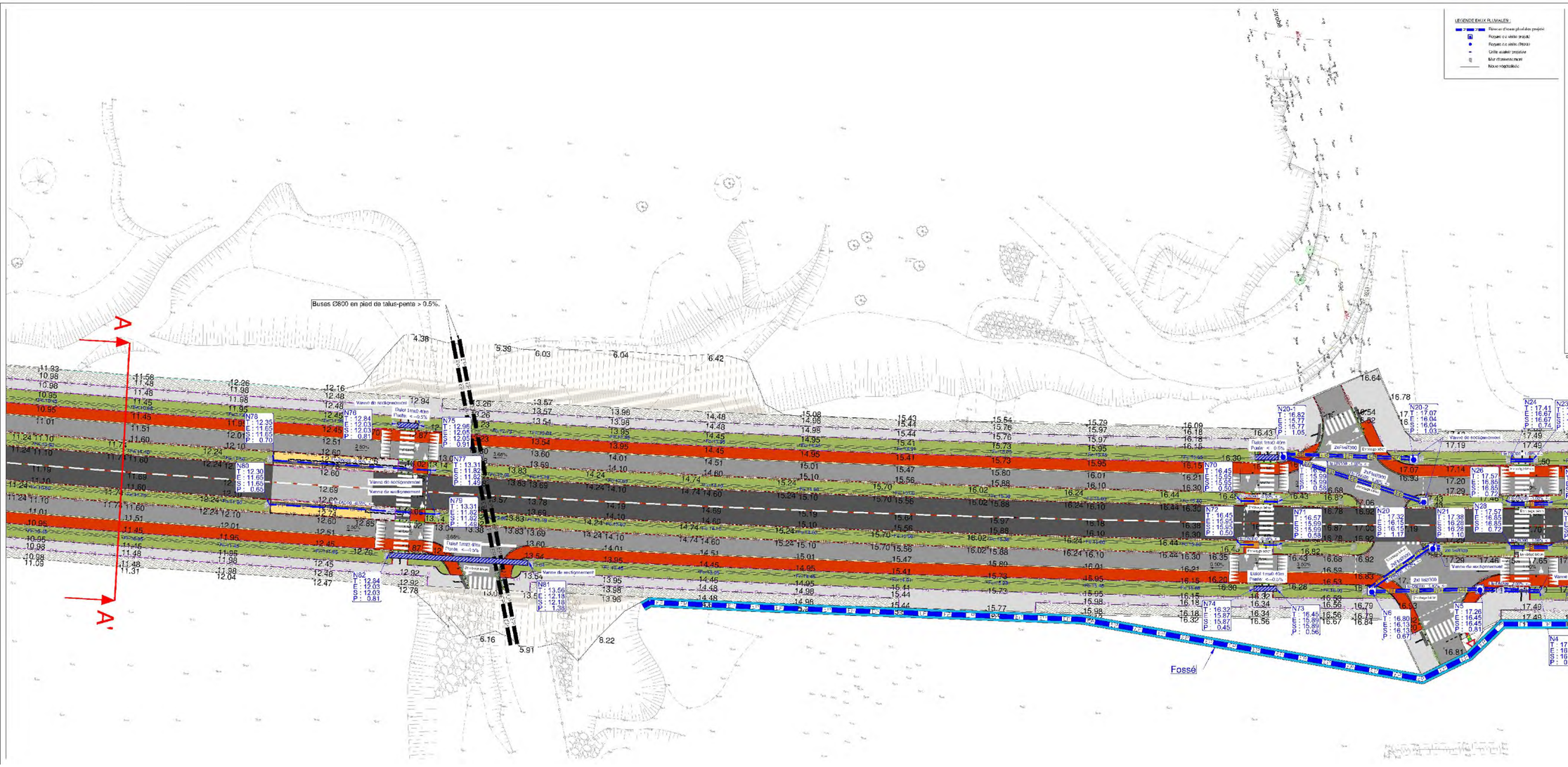
Refoulement du fossé béton + chute EP

Bassin de rétention

Bassin de rétention

Bassin de rétention


PRO
PROLONGEMENT DE L'AXE MIXTE
SECTEUR 1 - Planche 2
PLAN DES RESEAUX HUMIDES PROJETES
ARTELIA
PLAN N°
01.5.2
ECH: 1/250
PÔLE D'ECHANGE
Enrobé
Futur espace
billetique (hors projet)



PRO

PROLONGEMENT DE L'AXE MIXTE

SECTEUR 1 - Planche 3

PLAN DES RESEAUX HUMIDES PROJETES

PROJET							
INDICE	DATES		MODIFICATIONS				
0	AVRIL 2008	MTN	Mise en Enquête				
1	AVRIL 2008	MTN	Prise en compte observations MDA				
2	09/04/2025	FCT	MAJ suite complémentaire DEAL du 10/10/2025				

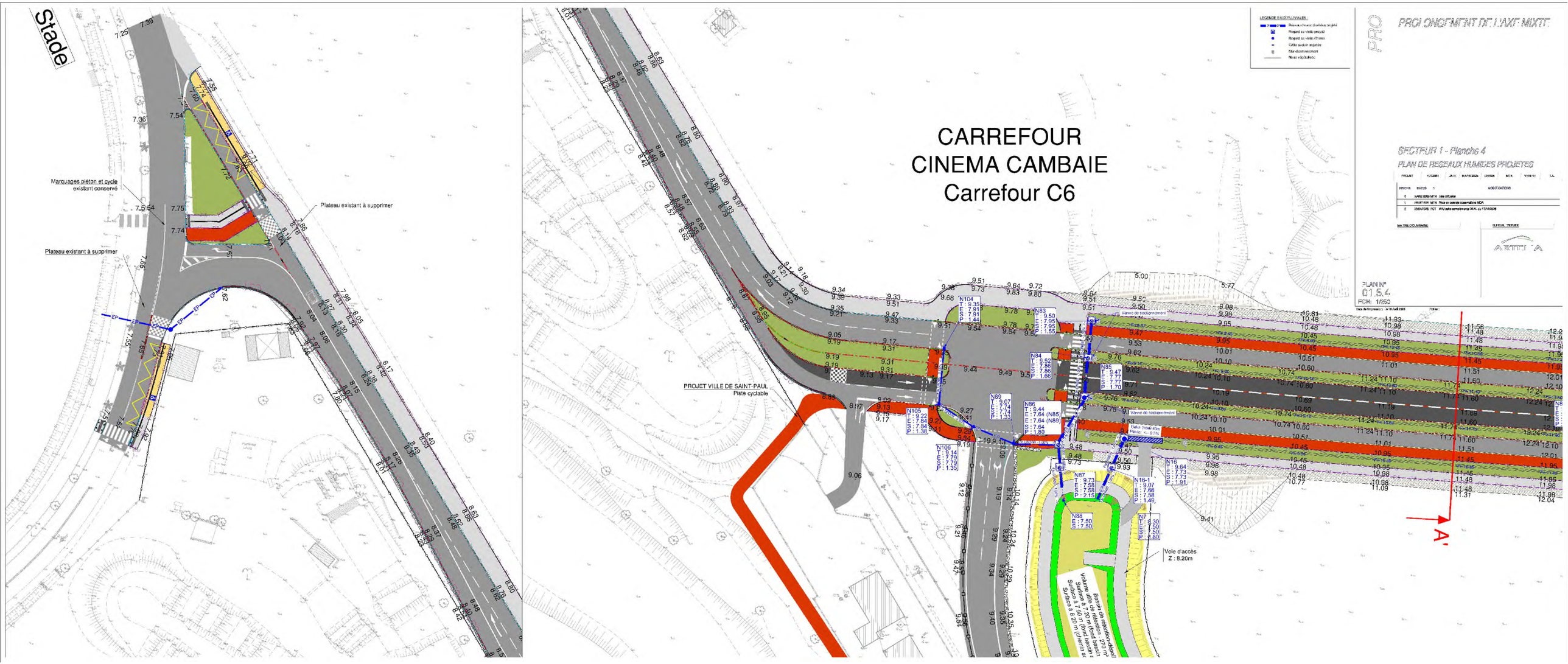
MATRIC D'OUVRAGE:

SUIVI AVEC

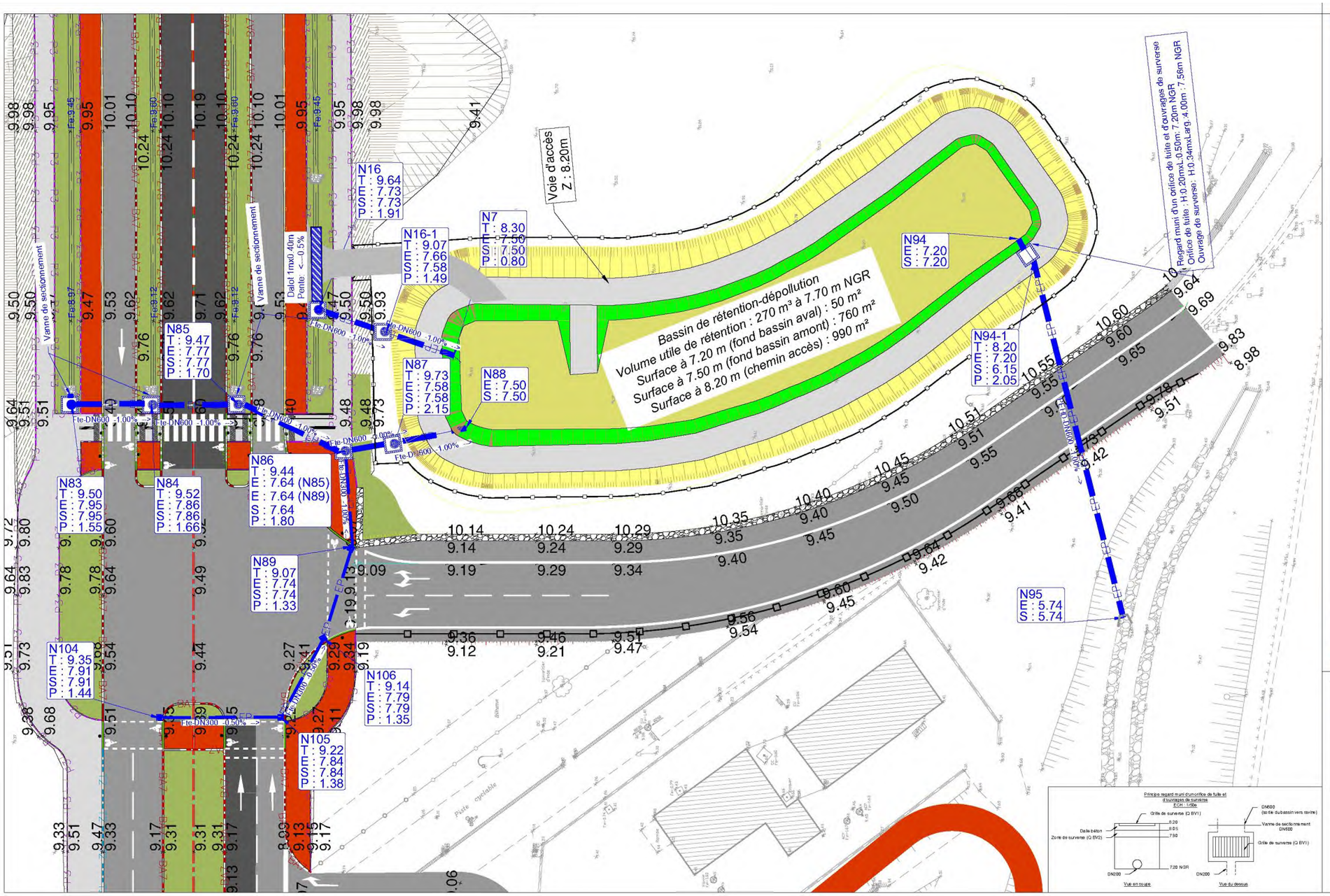
ARTELIA

PLAN N°
01.5.3
FCH: 1/250

Date de l'impression : 16 Avril 2026



Stade
Marquages piéton et cycle existant conservé
Plateau existant à supprimer
Plateau existant à supprimer
CARREFOUR
CINEMA CAMBAIE
Carrefour C6
PROJET VILLE DE SAINT-PAUL
Piste cyclable
Vole d'accès
Z : 8.20m
A'
PROLONGEMENT DE L'AXE MIXTE
SECTEUR 1 - Planche 4
PLAN DE RESEAUX HUMIDES PROJETES
PLAN N°
01.5.4
FCH: 1/250



PRO

PROLONGEMENT DE L'AXE MIXTE

SECTEUR 1 - Bretelle de sortie RN1
PLAN DE RESEAUX HUMIDES PROJETES

PROJET	4702681	DATE	MARS 2025	DESSIN	MTN	VERIFIE	TJL

INDICES	DATES	D	MODIFICATIONS
0	MARS 2025	MTN	1ère diffusion
1	JUILLET 2025	MTN	Prise en compte observations MOA
2	08/04/2026	FCT	MAJ suite compléments DEAL du 17/12/2025

MAITRE D'OUVRAGE:

Région Réunion
www.regionreunion.com

BUREAU D'ETUDE

ARTELIA
ZONE UP
VILLES & PAYSAGES

PLAN N°
01.5.5
ECH: 1/250

Date de l'impression: le 10 Avril 2026 Fichier :

LEGENDE EAUX PLUVIALES :

- Réseau d'eaux pluviales projeté
- Regard de visite projeté
- Regard de visite Ø1000
- Grille avaloir projetée
- Mur d'entonnement
- Noue végétalisée

PRO

PROLONGEMENT DE L'AXE MIXTE

SECTEUR 1 - Fossé Giratoire

PLAN DES RESEAUX HUMIDES PROJETES

PROJET	4702681	DATE	MARS 2025	DESSIN	MTN	VERIFIE	TJL

INDICES	DATES	D	MODIFICATIONS
0	MARS 2025	MTN	Pro diffusion
1	JUILLET 2025	MTN	Prise en compte observations MOA
2	09/04/2026	FCT	MAJ suite compléments DEAL du 17/12/2025

MAITRE D'OUVRAGE:

Région Réunion
www.regionreunion.com

BUREAU D'ETUDE:

ARTELIA

VILLES & PAYSAGES

PLAN N°
01.5.6
ECH: 1/250

Date de l'impression : le 10 Avril 2026

Fichier :

LEGENDE REVETEMENTS - SECTION COURANTE :

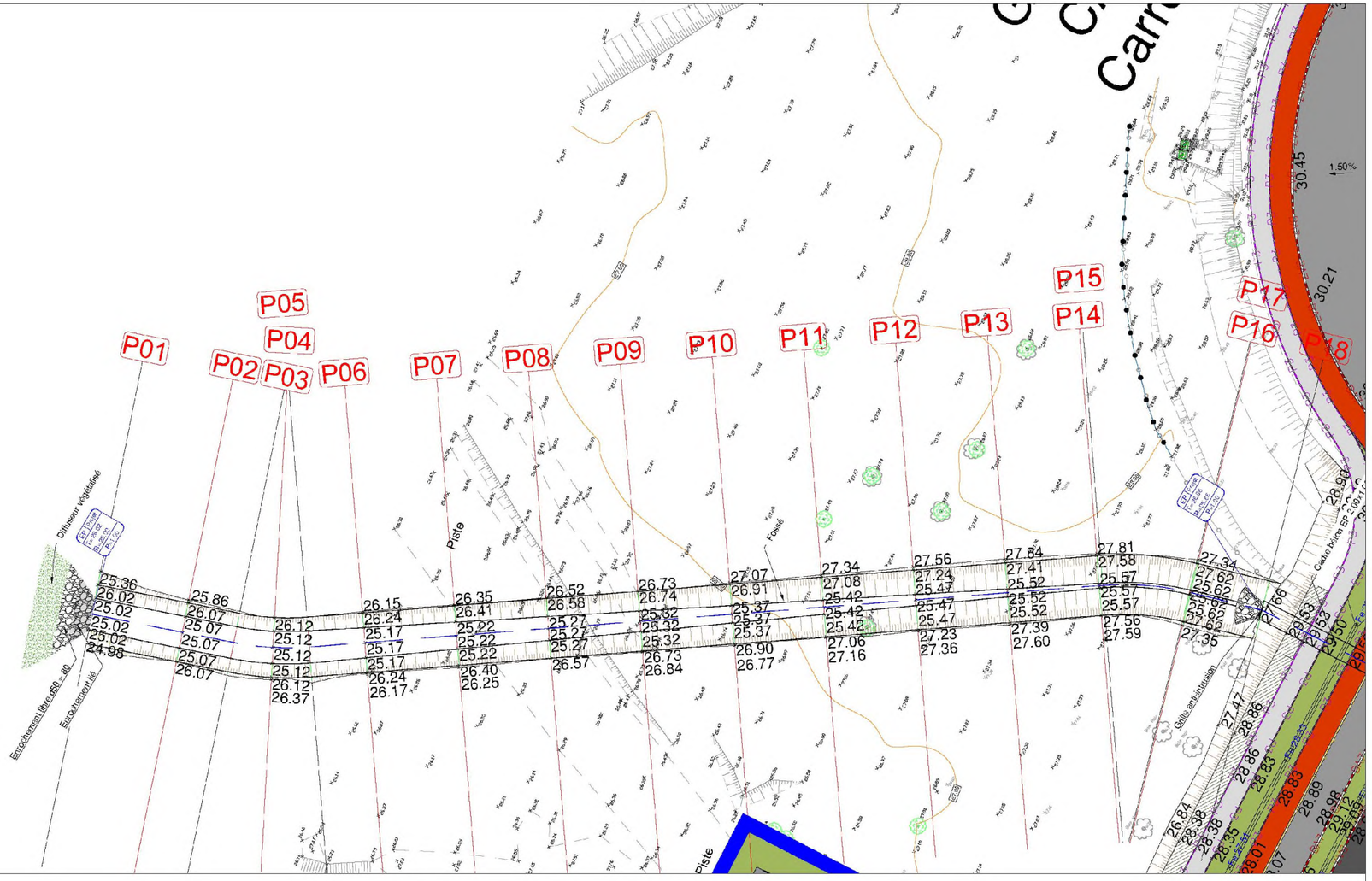
- Chaussée TCSP : 65cm GNT 0/80 + 10cm GNT 0/31.5 – 9cm EME 2 0/14 + 4cm BBM 0/10 + 2.5cm BBTM 0/10
- Chaussée TCSP au droits des stations : 50cm GNT 0/80 + 10cm GNT 0/31.5 – 16cm BC3 + 22CM BC5
- Chaussée VL : 40cm GNT 0/80 + 10cm GNT 0/31.5 – 10cm EME 2 0/14 + 10cm EME 2 0/14 + 4cm BBM 0/10 + 2.5cm BBTM 0/10
- Piste cyclable : 40cm GNT 0/80 + 10cm GNT 0/31.5 – 10cm EME 2 0/14 + 10cm EME 2 0/14 + 6.5cm BB 0/6 de couleur rouge
- Trottoir : 15cm GNT 0/31.5 + 4cm BB 0/6
- Quai Bus : 15cm GNT 0/31.5 + 12cm béton sablé de couleur claire
- Bande multiable : 30cm de mélange terre-pierre
- Espace vert / Noue végétalisée

LEGENDE REVETEMENTS - PARKING P+R :

- Voie centrale : 30cm GNT 0/80 + 10cm GNT 0/31.5 – 4cm BB 0/6
- Stationnement PMR : 15cm GNT 0/31.5 + 4cm BB 0/6
- Stationnement : 20cm GNT 0/80 + 20cm GNT 0/31.5 + 10cm GNT P 6/20

xx.xx Point de nivellement projet

*Fil d'eau noue végétalisée



Covadis

Axe : Fossé

Profil dessiné par COVADIS

Echelle en X : 1/250

Echelle en Y : 1/100

PC : 16.00 m

Numéro de profils en travers	P01	P02	P03	P04	P05	P06	P07	P08	P09	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P18
Altitudes TN	25.02	25.35	25.16	25.15	25.16	25.17	25.23	25.59	25.96	25.92	27.22	27.55	27.73	27.65	27.36	27.35	
Altitudes Projet	25.02	25.07	25.10	25.12	25.14	25.17	25.22	25.27	25.32	25.37	25.42	25.47	25.52	25.57	25.62	25.66	
Ecarts Projet - TN	0.00	-0.28	-0.06	-0.03	-0.02	0.00	-0.06	-0.32	-0.64	-0.55	-0.80	-0.08	-0.21	-0.12	0.26	-0.31	
Abscisses	0.00	10.00	15.70	20.00	23.83	30.00	40.00	50.00	60.00	70.00	80.00	90.00	100.00	110.00	119.87	129.00	
Distances partielles		10.00	5.70	4.30	3.83	6.17	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	9.87	9.14	
Pentes et rampes										RAMPE L = 128.00 m P = 0.80 %							
Alignements droits et courbes		DROITE L = 15.70 m		ARC R = 30.00 m L = 9.23 m		DROITE L = 89.46 m								ARC R = 20.00 m = 9.46 m		DROITE L = 9.14 m	

PRO

COMMUNE DE SAINT-PAUL

PROLONGEMENT DE L'AXE MIXTE

PLAN DES RESEAUX HUMIDES PROJETES

Secteur n°2 - Planche 1/4

ARTELIA

PLAN N°
1.5.1
ECH : 1/250

Ravine La Plaine

Ravine La Plaine

ETANG
St-PAUL

Bassin de rétention-dépollution BR3
Volume utile de rétention : 175 m³ à 2,75 m NGR
Surface à 1,90 m (fond bassin) : 194 m²
Surface à 2,90 m (chemin accès) : 391 m²

BR3

2 buses DN1000
avec clapet anti retour

2 buses DN1000
avec clapet anti retour

Raccordement à l'existant

CHAUSSEE ROYALE

CHAUSSEE N° 1A

PRO

COMMUNE DE SAINT-PAUL

PROLONGEMENT DE L'AXE MIXTE

PLAN DES RESEAUX HUMIDES PROJETES

Secteur n°2 - Planche 2/4

ARTELIA

PLAN N°
1.5.2
ECH : 1/250

NOUVELLE BRETELLE
DE SORTIE
Carrefour C9

2 buses DN1000
avec clapet anti retour

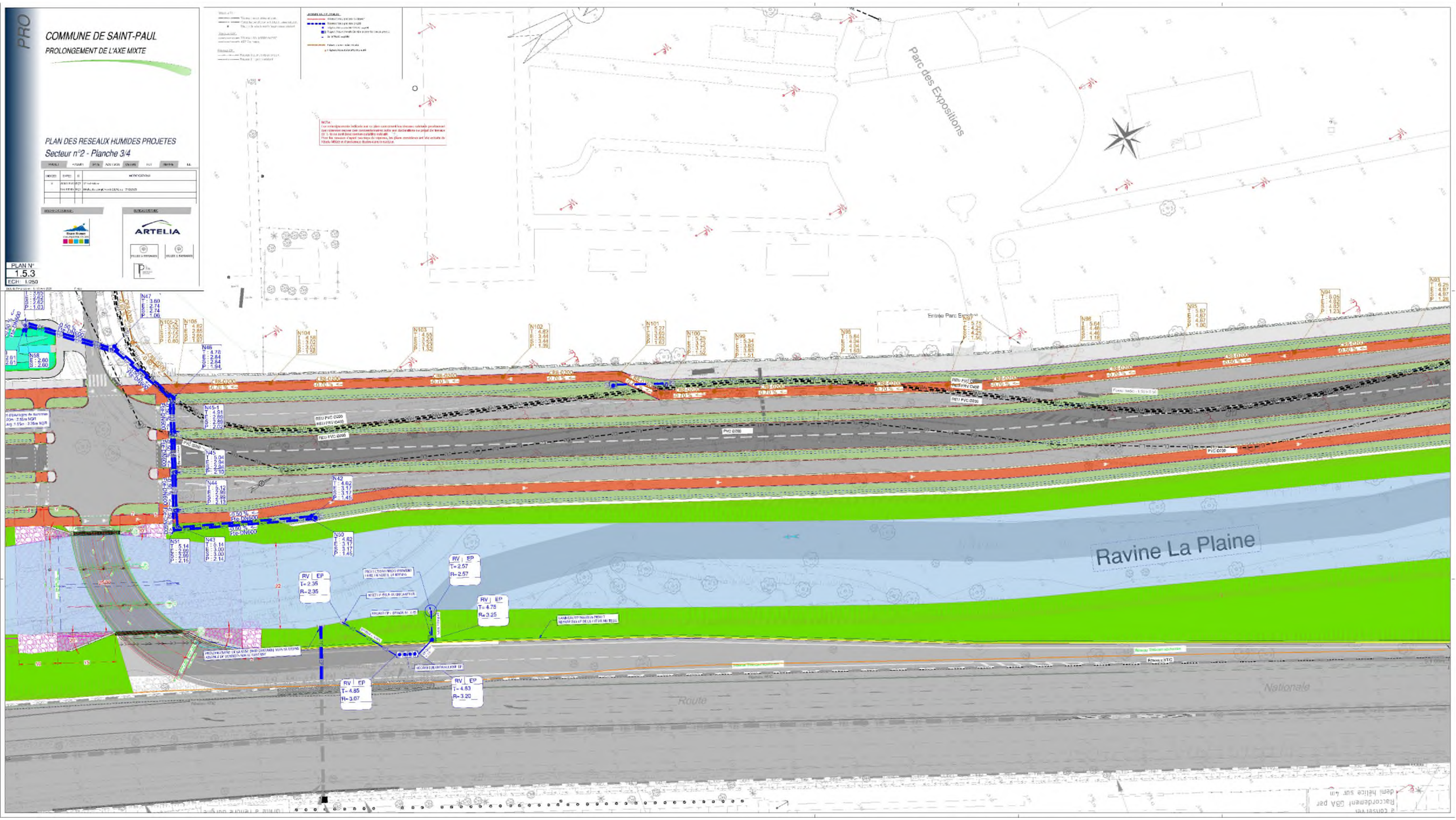
2 buses DN1000
avec clapet anti retour

Bassin de rétention-dépollution BR2
Volume utile de rétention : 250 m³ à 3.55 m NGR
Surface à 2.55 m (fond bassin) : 396 m²
Surface à 3.55 m (chemin accès) : 677 m²

BR2

Nationale

N°1


PRO
COMMUNE DE SAINT-PAUL
PROLONGEMENT DE L'AXE MIXTE
PLAN DES RESEAUX HUMIDES PROJETES
Secteur n°2 - Planche 3/4
ARTELIA
PLAN N°
1.5.3
ECH: 1/250
Parc des Expositions
Entrée Parc Expositions
Ravine La Plaine
Route
Nationale
RV EP
T= 2.35
R= 2.35
RV EP
T= 2.57
R= 2.57
RV EP
T= 4.75
R= 3.25
RV EP
T= 4.85
R= 3.07
RV EP
T= 4.83
R= 3.20

PRO

COMMUNE DE SAINT-PAUL

PROLONGEMENT DE L'AXE MIXTE

PLAN DES RESEAUX HUMIDES PROJETES

Secteur n°2 - Planche 4/4

ARTELIA

PLAN N°
1.5.4
ECH: 1/250

Bassin de rétention-dépollution BR1
Volume utile de rétention : 150 m³ à 6.37 m NGR
Surface à 5.57 m (fond bassin) : 195 m²
Surface à 6.57 m (chemin accès) : 380 m²

BR1

CARREFOUR
CINEMA CAMBAIE
Carrefour C6

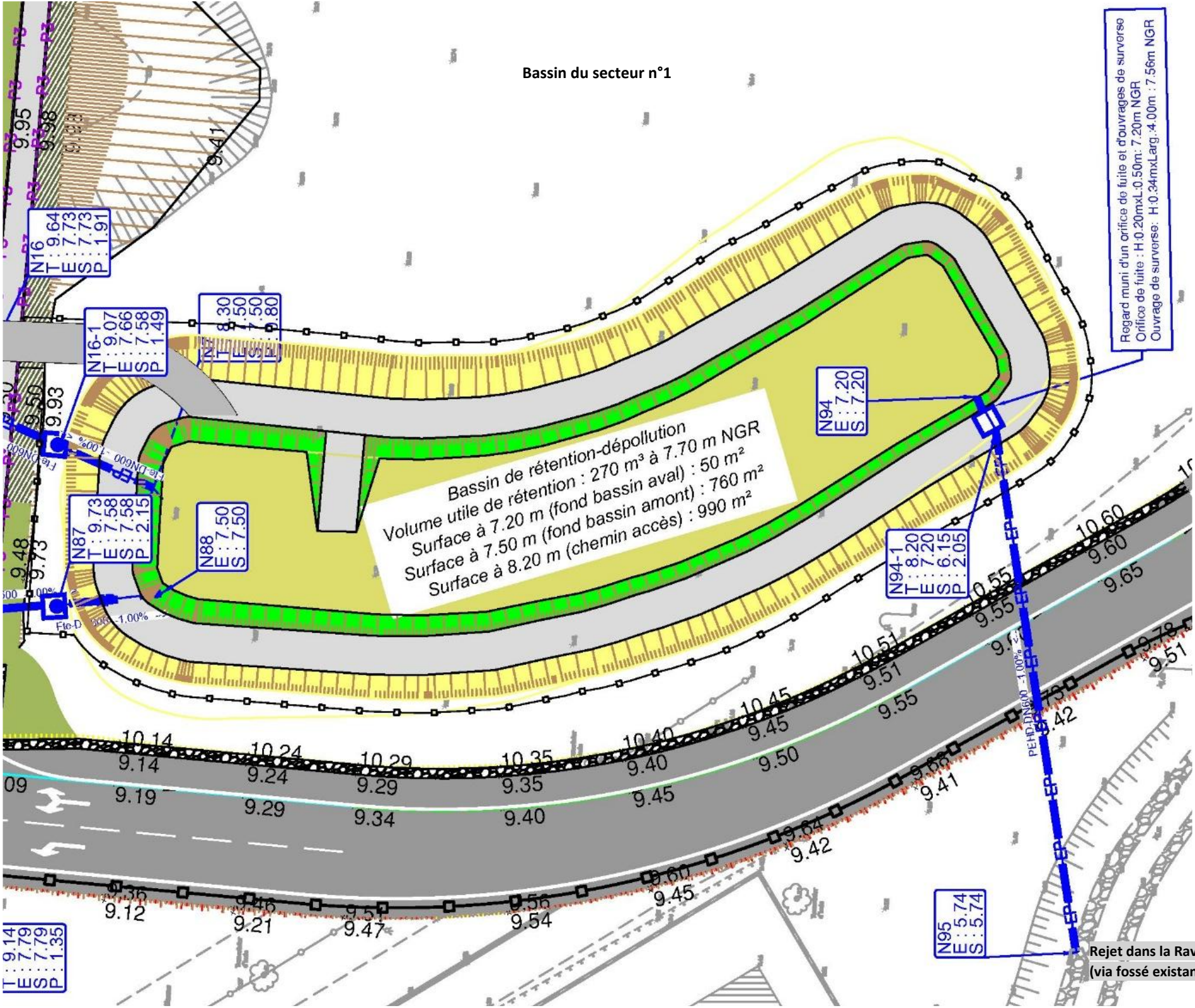
<--vers St-Paul

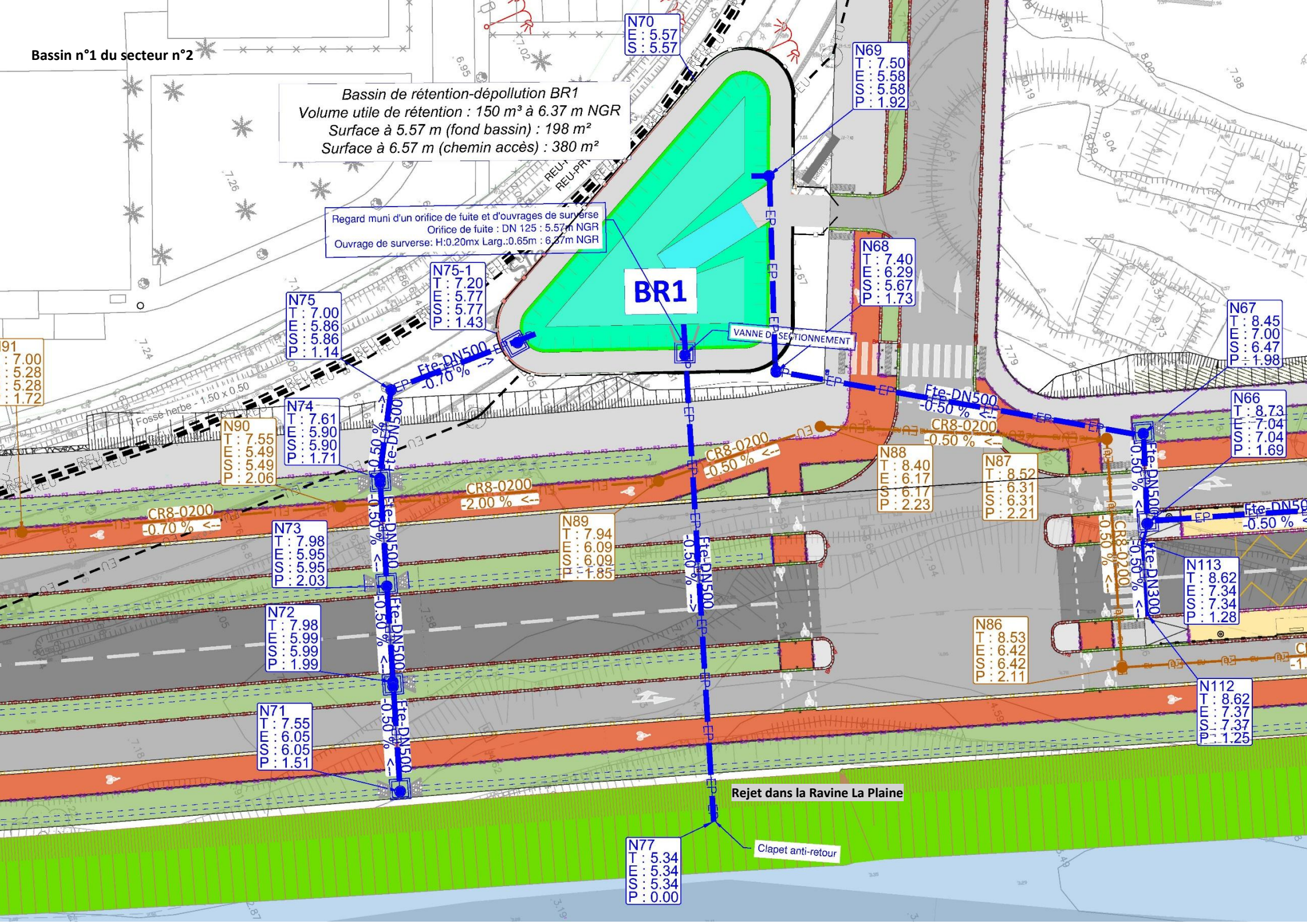
BRETELLE DE SORTIE

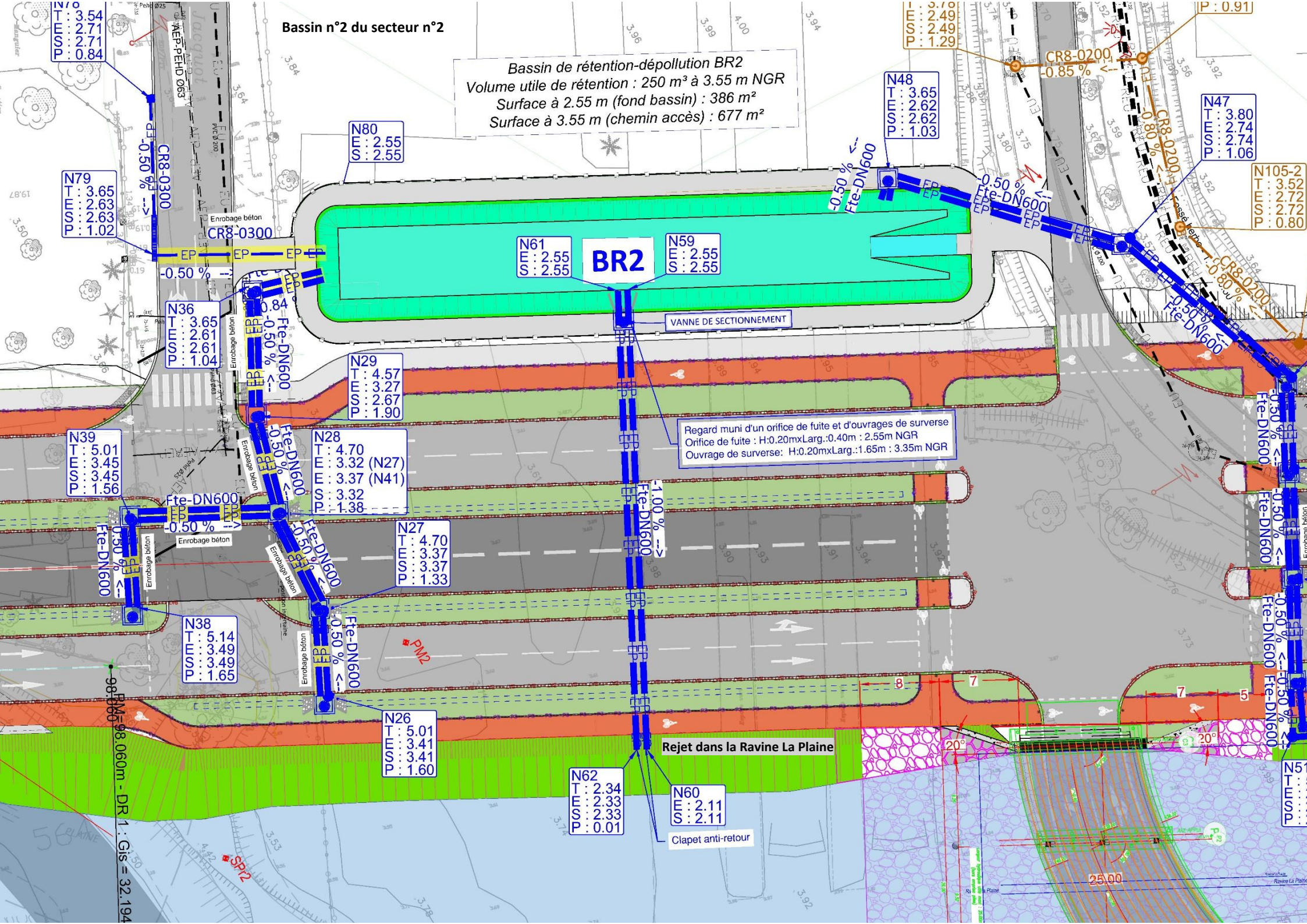
Futur ouvrage de traversée
vers savannah

P4 - Cahier des ouvrages de stockage

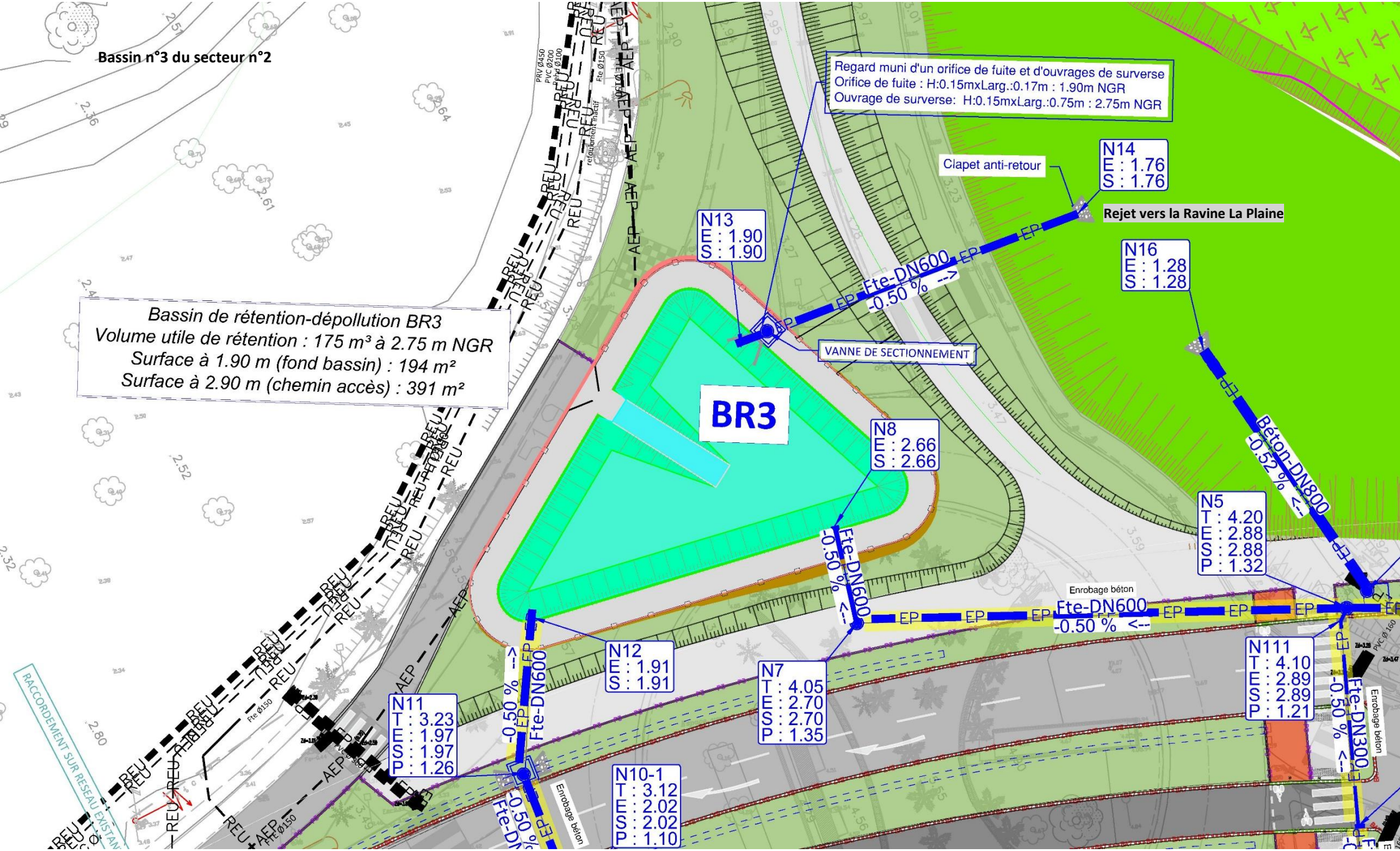
Les plans des ouvrages de stockage des eaux pluviales des secteurs n°1 et 2 du projet d'axe mixte sont fournis pages suivantes.


Bassin du secteur n°1
Bassin de rétention-dépollution
Volume utile de rétention : 270 m³ à 7.70 m NGR
Surface à 7.20 m (fond bassin aval) : 50 m²
Surface à 7.50 m (fond bassin amont) : 760 m²
Surface à 8.20 m (chemin accès) : 990 m²
Regard muni d'un orifice de fuite et d'ouvrages de surverse
Orifice de fuite : H:0.20mxL:0.50m: 7.20m NGR
Ouvrage de surverse: H:0.34mxLarg.:4.00m : 7.56m NGR
N16 T : 9.64 E : 7.73 S : 7.73 P : 1.91
N16-1 T : 9.07 E : 7.66 S : 7.58 P : 1.49
N87 T : 9.73 E : 7.58 S : 7.58 P : 2.15
N88 E : 7.50 S : 7.50
N94 E : 7.20 S : 7.20
N94-1 T : 8.20 E : 7.20 S : 6.15 P : 2.05
N95 E : 5.74 S : 5.74
Rejet dans la Ravine La Plaine
(via fossé existant)


Bassin n°1 du secteur n°2
Bassin de rétention-dépollution BR1
Volume utile de rétention : 150 m³ à 6.37 m NGR
Surface à 5.57 m (fond bassin) : 198 m²
Surface à 6.57 m (chemin accès) : 380 m²
Regard muni d'un orifice de fuite et d'ouvrages de surverse
Orifice de fuite : DN 125 : 5.57m NGR
Ouvrage de surverse: H:0.20mx Larg.:0.65m : 6.37m NGR
BR1
VANNE DE SECTIONNEMENT
Fossé herbe - 1.50 x 0.50
N70 E : 5.57 S : 5.57
N69 T : 7.50 E : 5.58 S : 5.58 P : 1.92
N68 T : 7.40 E : 6.29 S : 5.67 P : 1.73
N67 T : 8.45 E : 7.00 S : 6.47 P : 1.98
N66 T : 8.73 E : 7.04 S : 7.04 P : 1.69
N75-1 T : 7.20 E : 5.77 S : 5.77 P : 1.43
N75 T : 7.00 E : 5.86 S : 5.86 P : 1.14
N74 T : 7.61 E : 5.90 S : 5.90 P : 1.71
N90 T : 7.55 E : 5.49 S : 5.49 P : 2.06
N73 T : 7.98 E : 5.95 S : 5.95 P : 2.03
N72 T : 7.98 E : 5.99 S : 5.99 P : 1.99
N71 T : 7.55 E : 6.05 S : 6.05 P : 1.51
N77 T : 5.34 E : 5.34 S : 5.34 P : 0.00
N88 T : 8.40 E : 6.17 S : 6.17 P : 2.23
N87 T : 8.52 E : 6.31 S : 6.31 P : 2.21
N89 T : 7.94 E : 6.09 S : 6.09 P : 1.85
N86 T : 8.53 E : 6.42 S : 6.42 P : 2.11
N113 T : 8.62 E : 7.34 S : 7.34 P : 1.28
N112 T : 8.62 E : 7.37 S : 7.37 P : 1.25
Fte-DN500 -0.70 % -->
Fte-DN500 -0.50 % <--
CR8-0200 -0.70 % <--
CR8-0200 -2.00 % <--
CR8-0200 -0.50 % <--
Fte-DN300 -0.50 % <--
Rejet dans la Ravine La Plaine
Clapet anti-retour

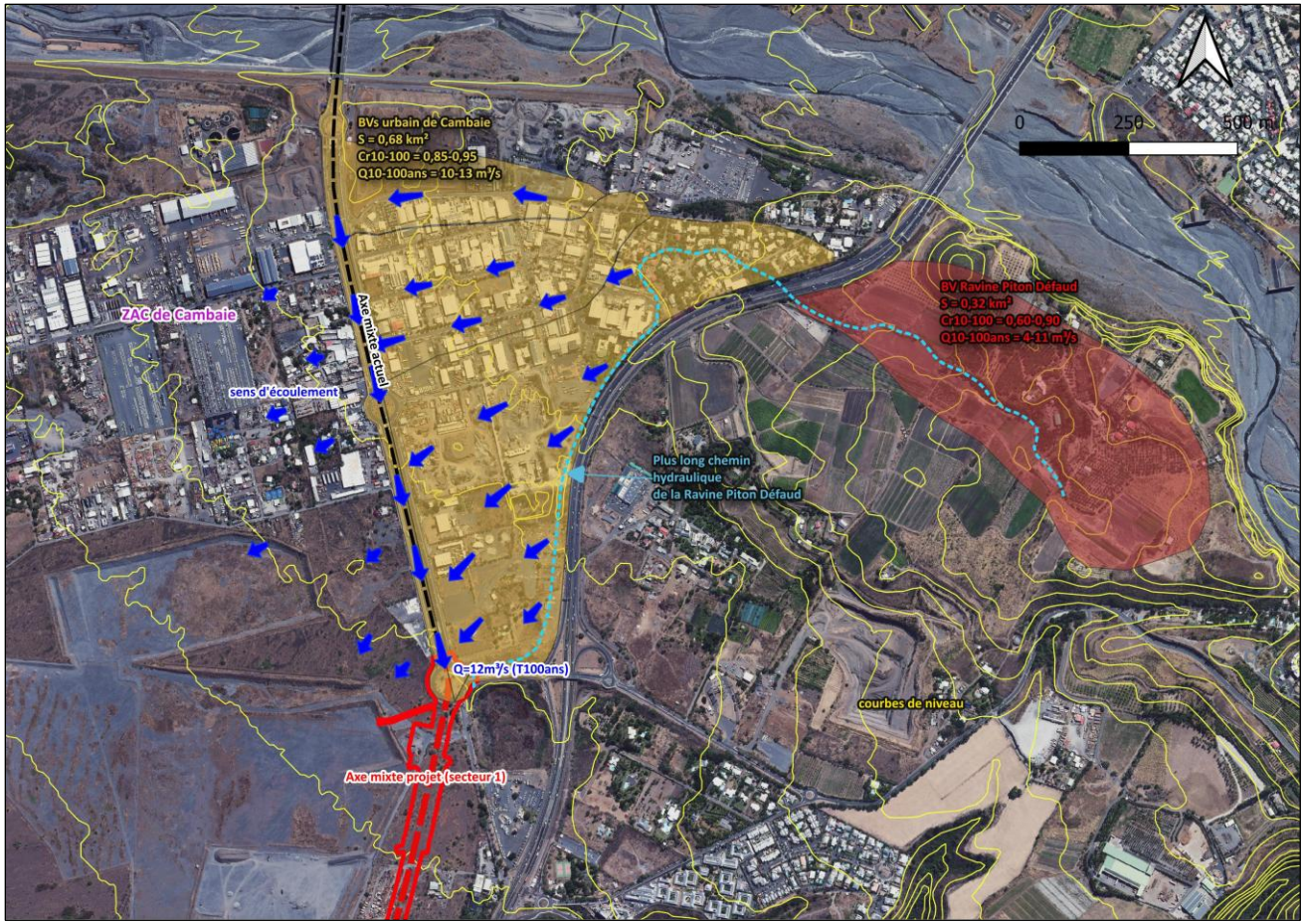


Bassin n°2 du secteur n°2
Bassin de rétention-dépollution BR2
Volume utile de rétention : 250 m³ à 3.55 m NGR
Surface à 2.55 m (fond bassin) : 386 m²
Surface à 3.55 m (chemin accès) : 677 m²
BR2
VANNE DE SECTIONNEMENT
Regard muni d'un orifice de fuite et d'ouvrages de surverse
Orifice de fuite : H:0.20mxLarg.:0.40m : 2.55m NGR
Ouvrage de surverse: H:0.20mxLarg.:1.65m : 3.35m NGR
Rejet dans la Ravine La Plaine
Clapet anti-retour
N78 T : 3.54 E : 2.71 S : 2.71 P : 0.84
N79 T : 3.65 E : 2.63 S : 2.63 P : 1.02
N80 E : 2.55 S : 2.55
N36 T : 3.65 E : 2.61 S : 2.61 P : 1.04
N29 T : 4.57 E : 3.27 S : 2.67 P : 1.90
N39 T : 5.01 E : 3.45 S : 3.45 P : 1.56
N28 T : 4.70 E : 3.32 (N27) E : 3.37 (N41) S : 3.32 P : 1.38
N27 T : 4.70 E : 3.37 S : 3.37 P : 1.33
N38 T : 5.14 E : 3.49 S : 3.49 P : 1.65
N26 T : 5.01 E : 3.41 S : 3.41 P : 1.60
N62 T : 2.34 E : 2.33 S : 2.33 P : 0.01
N60 E : 2.11 S : 2.11
N61 E : 2.55 S : 2.55
N59 E : 2.55 S : 2.55
N48 T : 3.65 E : 2.62 S : 2.62 P : 1.03
N47 T : 3.80 E : 2.74 S : 2.74 P : 1.06
N105-2 T : 3.52 E : 2.72 S : 2.72 P : 0.80
CR8-0300
CR8-0200
Fte-DN600
Enrobage béton
PM2
SPi2
PM=98.060m - DR 1 : Gis = 32.194

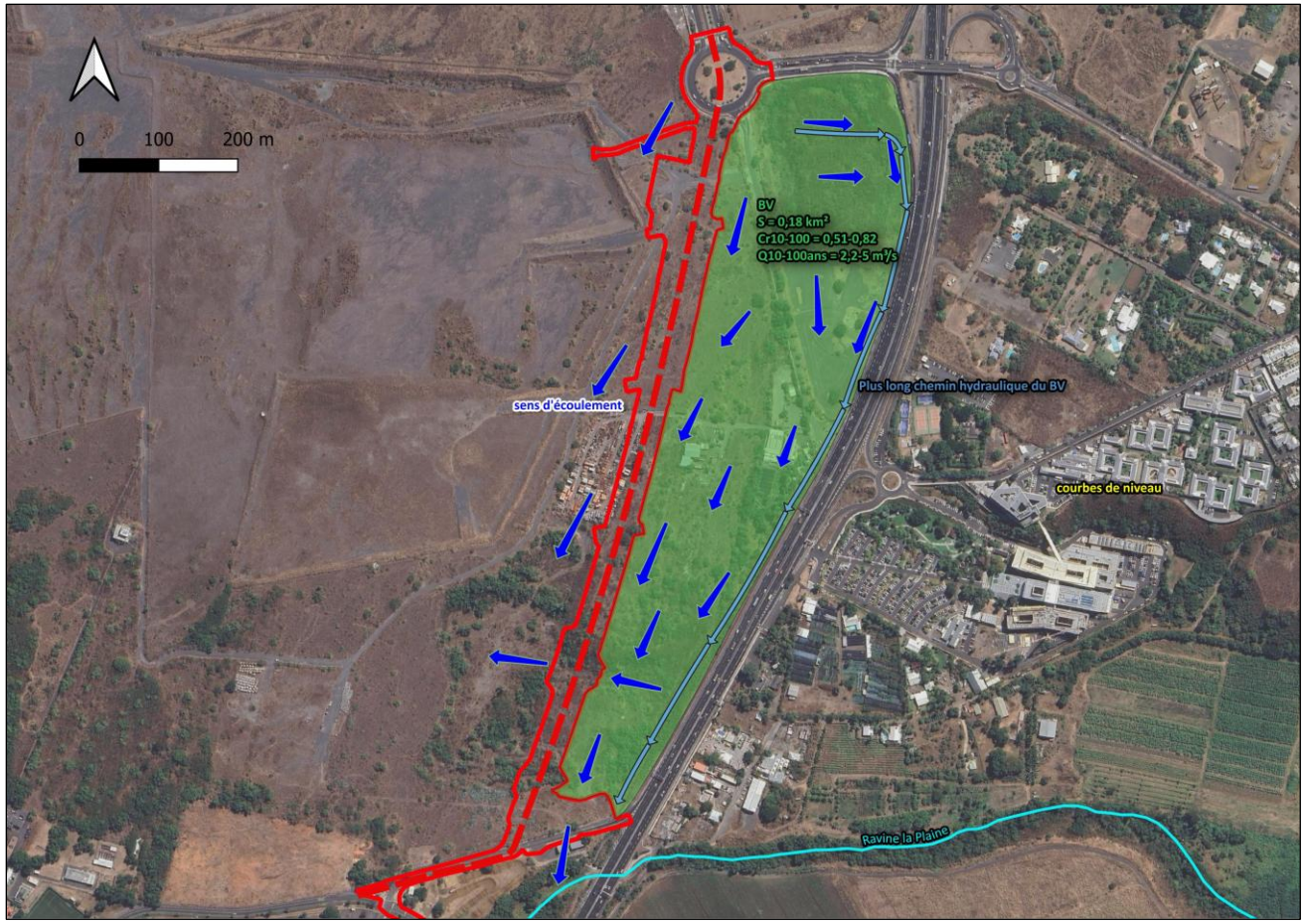

Bassin n°3 du secteur n°2
Bassin de rétention-dépollution BR3
Volume utile de rétention : 175 m³ à 2.75 m NGR
Surface à 1.90 m (fond bassin) : 194 m²
Surface à 2.90 m (chemin accès) : 391 m²
BR3
Regard muni d'un orifice de fuite et d'ouvrages de surverse
Orifice de fuite : H:0.15mxLarg.:0.17m : 1.90m NGR
Ouvrage de surverse: H:0.15mxLarg.:0.75m : 2.75m NGR
Clapet anti-retour
Rejet vers la Ravine La Plaine
VANNE DE SECTIONNEMENT
N13 E : 1.90 S : 1.90
N14 E : 1.76 S : 1.76
N16 E : 1.28 S : 1.28
N8 E : 2.66 S : 2.66
N5 T : 4.20 E : 2.88 S : 2.88 P : 1.32
N12 E : 1.91 S : 1.91
N7 T : 4.05 E : 2.70 S : 2.70 P : 1.35
N11 T : 3.23 E : 1.97 S : 1.97 P : 1.26
N10-1 T : 3.12 E : 2.02 S : 2.02 P : 1.10
N111 T : 4.10 E : 2.89 S : 2.89 P : 1.21
Fte-DN600 -0.50 % -->
Fte-DN600 -0.50 % <--
Béton-DN800 -0.52 % <--
Fte-DN300 -0.50 % <--
Enrobage béton
RACCORDEMENT SUR RESEAU EXISTANT

P5 - Plan de l'état initial hydraulique

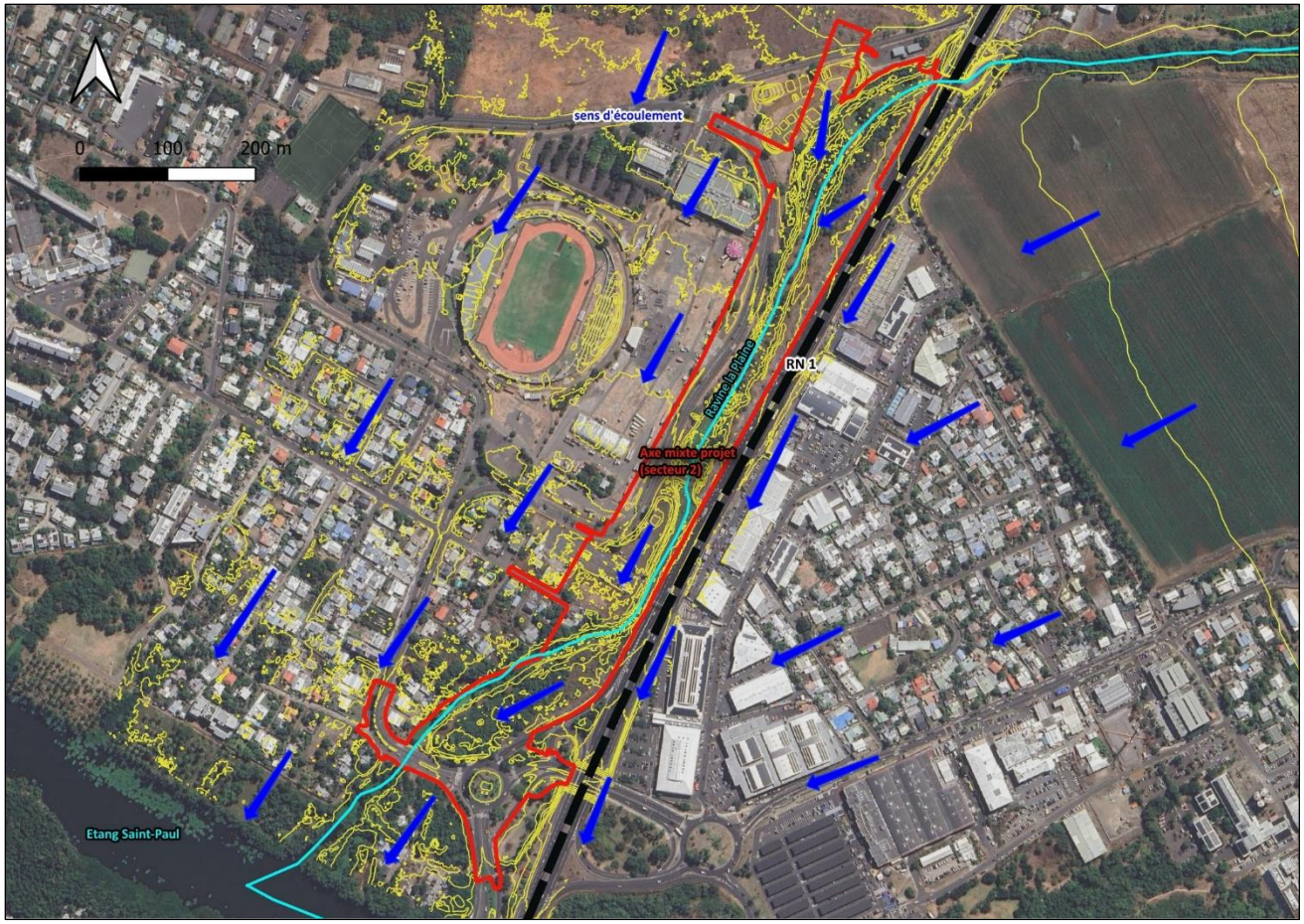
Cf. pages 17 à 21 du mémoire de réponse pour détails



Plan des écoulements du BV situé au *nord* du secteur 1 du projet d'axe mixte (état actuel)



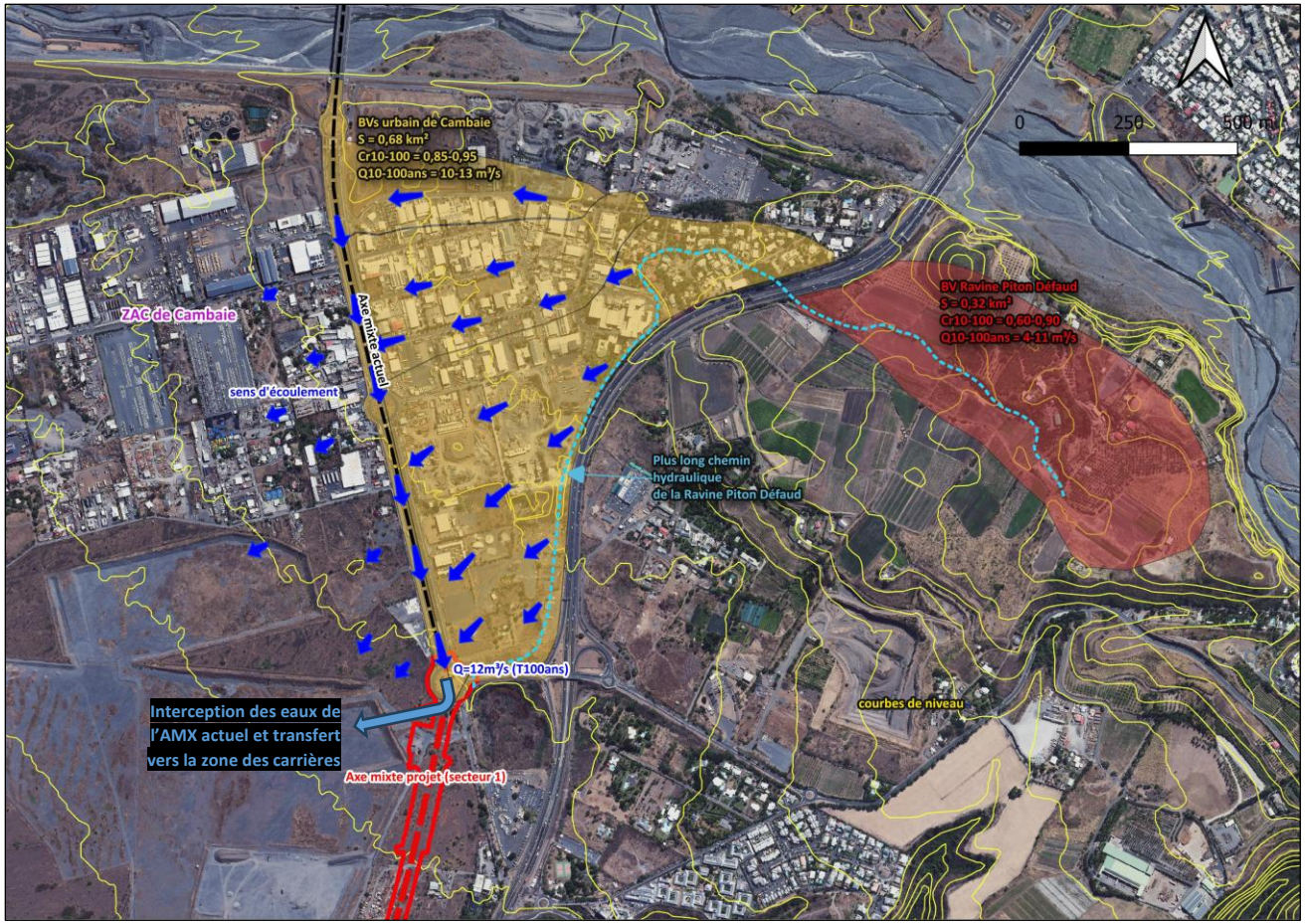
Plan des écoulements du BV situé au droit du secteur 1 du projet d'axe mixte (état actuel)



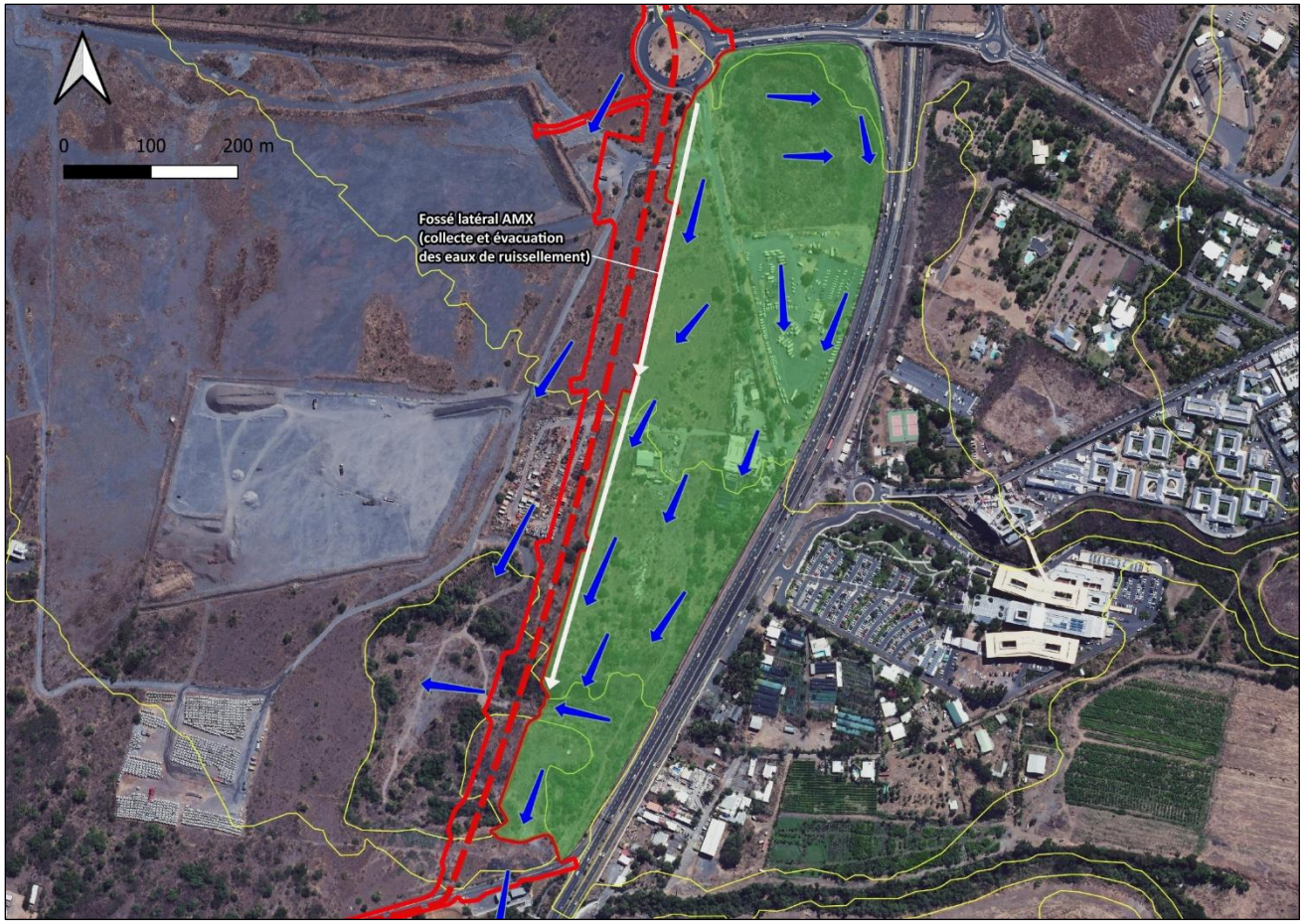
Plan des écoulements au droit du secteur 2 du projet d'axe mixte (état actuel)

P6 - Plan de l'état projet hydraulique

Cf. pages 22 à 24 du mémoire de réponse pour détails



Plan des écoulements du BV situé au *nord* du secteur 1 du projet d'axe mixte (état projet)



Plan des écoulements du BV situé au droit du secteur 1 du projet d'axe mixte (état projet)

Pour le secteur 2, aucun changement par rapport à l'état actuel n'est attendu. La carte présentée à l'état initial reste donc valable ici.

ANNEXE N°2 – Eléments de calculs du bassin de rétention

Dimensionnement d'un bassin de rétention par la Méthode des Pluies

Pour une pluie de durée **d** et un débit de fuite **Qf**, le volume maximum de stockage est :

$V(d) = k_1.C.A.h(d) - k_2.Qf.d$

avec

A, superficie du bassin versant
C, coeff de ruissellement du bassin versant
h(d), hauteur précipitée d'une pluie de durée **d** (données Météo France)
k_1, **k_2**, coeff d'homogénéisation des unités

On retient la durée qui maximise le volume à stocker.

Débit sortie bassin (déduction faite de l'infiltration sur BV1 --> Q=0.31 m³/s)

T	a	Cr projet	Qfuite total*	Qfuite SDEP	Qfuite réel	Qfuite bassin	Qfuite SDEP
2 ans	2.7	0.69	0.462	0.370	0.324	0.152	0.122
5 ans	3.35	0.73	0.575	0.460	0.402	0.265	0.212
10 ans	3.86	0.75	0.657	0.526	0.460	0.347	0.278
20 ans	4.38	0.79	0.800	0.640	0.560	0.490	0.392
30 ans	4.63	0.82	0.885	0.708	0.620	0.575	0.460

** : Débit total évacué vers le milieu naturel incluant les 0.31 m³/s infiltrés sur le BV1 (quelque soit la période de retour)*

Projet : Bassin du secteur n°1

Période de retour : 2 ans

a = 2.7
b = 0.33
Qf = 0.324 m³/s
A = 3.471 ha
C = 0.69
Pas 5 min

durée d mn	cumul pluie h mm	V entrant Ve = 10.C.A.h m³	V sortant Vs = 60.Qf.d m³	V stocké V = Ve-Vs m³
0	0.0	0	0	0
5	7.9	191	97	94
10	12.6	303	194	109
15	16.6	398	291	107
20	20.1	483	388	95
25	23.3	561	485	75
30	26.4	634	582	51
35	29.2	702	679	23
40	32.0	768	776	0

Volume max de stockage pour la période de retour donnée : 109 m³
Valeur majorée +10% 120 m³

Période de retour : 5 ans

a = 3.35
b = 0.33
Qf = 0.402 m³/s
A = 3.471 ha
C = 0.73
Pas 5 min

durée d mn	cumul pluie h mm	V entrant Ve = 10.C.A.h m³	V sortant Vs = 60.Qf.d m³	V stocké V = Ve-Vs m³
0	0.0	0	0	0
5	9.8	251	121	130
10	15.7	399	241	157
15	20.6	523	362	161
20	24.9	635	483	152
25	29.0	737	604	133
30	32.7	833	724	108
35	36.3	923	845	78
40	39.7	1010	966	44

Volume max de stockage pour la période de retour donnée : 161 m³
Valeur majorée +10% 177 m³

Période de retour : 10 ans

a = 3.86
b = 0.33
Qf = 0.460 m³/s
A = 3.471 ha
C = 0.75
Pas 5 min

durée d mn	cumul pluie h mm	V entrant Ve = 10.C.A.h m³	V sortant Vs = 60.Qf.d m³	V stocké V = Ve-Vs m³
0	0.0	0	0	0
5	11.3	297	138	159
10	18.1	472	276	196
15	23.7	620	414	206
20	28.7	752	552	200
25	33.4	873	690	183
30	37.7	986	828	158
35	41.8	1094	966	127
40	45.7	1196	1104	92

Volume max de stockage pour la période de retour donnée : 206 m³
Valeur majorée +10% 226 m³

Période de retour : 20 ans

a = 4.38
b = 0.33
Qf = 0.560 m³/s
A = 3.471 ha
C = 0.79
Pas 5 min

durée d mn	cumul pluie h mm	V entrant Ve = 10.C.A.h m³	V sortant Vs = 60.Qf.d m³	V stocké V = Ve-Vs m³
0	0.0	0	0	0
5	12.9	355	168	187
10	20.5	565	336	229
15	26.9	742	504	238
20	32.6	899	672	227
25	37.9	1044	840	204
30	42.8	1180	1008	172
35	47.4	1308	1176	132
40	51.9	1431	1344	86

Volume max de stockage pour la période de retour donnée : 238 m³
Valeur majorée +10% 261 m³

Période de retour : 30 ans

a = 4.63
b = 0.33
Qf = 0.620 m³/s
A = 3.471 ha
C = 0.82
Pas 5 min

durée d mn	cumul pluie h mm	V entrant Ve = 10.C.A.h m³	V sortant Vs = 60.Qf.d m³	V stocké V = Ve-Vs m³
0	0.0	0	0	0
5	13.6	385	186	199
10	21.7	613	372	241
15	28.4	804	558	247
20	34.5	975	744	232
25	40.0	1132	930	203
30	45.2	1280	1115	164
35	50.1	1419	1301	117
40	54.8	1552	1487	64

Volume max de stockage pour la période de retour donnée : 247 m³
Valeur majorée +10% 271 m³

Dimensionnement d'un bassin de rétention par la Méthode des Pluies

Pour une pluie de durée **d** et un débit de fuite **Qf**, le volume maximum de stockage est :

$V(d) = k_1.C.A.h(d) - k_2.Qf.d$

avec

A, superficie du bassin versant
C, coeff de ruissellement du bassin versant
h(d), hauteur précipitée d'une pluie de durée **d** (données Météo France)
k_1, **k_2**, coeff d'homogénéisation des unités
On retient la durée qui maximise le volume à stocker.

T	a	Cr projet	Qfuite bassin	Qfuite SDEP	Qfuite réel
2 ans	2.7	0.69	0.035	0.028	0.025
5 ans	3.35	0.73	0.061	0.049	0.043
10 ans	3.86	0.75	0.081	0.064	0.056
20 ans	4.38	0.79	0.114	0.091	0.080
30 ans	4.63	0.82	0.133	0.107	0.093

Projet : Bassin n°1 du secteur n°2

Période de retour : 2 ans

a = 2.7
b = 0.33
Qf = 0.025 m³/s
A = 0.663 ha
C = 0.69
Pas 40 min

durée d mn	cumul pluie h mm	V entrant Ve = 10.C.A.h m³	V sortant Vs = 60.Qf.d m³	V stocké V = Ve-Vs m³
0	0.0	0	0	0
40	32.0	147	59	87
80	50.9	233	119	115
120	66.7	306	178	129
160	80.9	371	237	134
200	94.0	431	296	135
240	106.2	487	356	132
280	117.7	540	415	126
320	128.8	591	474	117

Volume max de stockage pour la période de retour donnée : 135 m³
Valeur majorée +10% 149 m³

Période de retour : 5 ans

a = 3.35
b = 0.33
Qf = 0.043 m³/s
A = 0.663 ha
C = 0.73
Pas 30 min

durée d mn	cumul pluie h mm	V entrant Ve = 10.C.A.h m³	V sortant Vs = 60.Qf.d m³	V stocké V = Ve-Vs m³
0	0.0	0	0	0
30	32.7	159	77	82
60	52.0	253	155	98
90	68.3	332	232	100
120	82.8	403	309	93
150	96.2	468	387	81
180	108.7	528	464	64
210	120.5	586	541	44
240	131.8	641	619	22

Volume max de stockage pour la période de retour donnée : 100 m³
Valeur majorée +10% 110 m³

Période de retour : 10 ans

a = 3.86
b = 0.33
Qf = 0.056 m³/s
A = 0.663 ha
C = 0.75
Pas 15 min

durée d mn	cumul pluie h mm	V entrant Ve = 10.C.A.h m³	V sortant Vs = 60.Qf.d m³	V stocké V = Ve-Vs m³
0	0.0	0	0	0
15	23.7	118	51	68
30	37.7	188	101	87
45	49.5	247	152	95
60	60.0	300	203	97
75	69.6	348	254	94
90	78.7	393	304	89
105	87.3	436	355	81
120	95.4	477	406	71

Volume max de stockage pour la période de retour donnée : 97 m³
Valeur majorée +10% 107 m³

Période de retour : 20 ans

a = 4.38
b = 0.33
Qf = 0.080 m³/s
A = 0.663 ha
C = 0.79
Pas 10 min

durée d mn	cumul pluie h mm	V entrant Ve = 10.C.A.h m³	V sortant Vs = 60.Qf.d m³	V stocké V = Ve-Vs m³
0	0.0	0	0	0
10	20.5	108	48	60
20	32.6	172	95	76
30	42.8	225	143	82
40	51.9	273	191	82
50	60.2	317	239	79
60	68.1	359	286	72
70	75.5	398	334	64
80	82.5	435	382	53

Volume max de stockage pour la période de retour donnée : 82 m³
Valeur majorée +10% 91 m³

Période de retour : 30 ans

a = 4.63
b = 0.33
Qf = 0.093 m³/s
A = 0.663 ha
C = 0.82
Pas 5 min

durée d mn	cumul pluie h mm	V entrant Ve = 10.C.A.h m³	V sortant Vs = 60.Qf.d m³	V stocké V = Ve-Vs m³
0	0.0	0	0	0
5	13.6	74	28	46
10	21.7	117	56	61
15	28.4	154	84	70
20	34.5	186	112	74
25	40.0	216	140	76
30	45.2	244	168	76
35	50.1	271	196	75
40	54.8	296	224	72

Volume max de stockage pour la période de retour donnée : 76 m³
Valeur majorée +10% 84 m³

Dimensionnement d'un bassin de rétention par la Méthode des Pluies

Pour une pluie de durée **d** et un débit de fuite **Qf**, le volume maximum de stockage est :

$V(d) = k_1.C.A.h(d) - k_2.Qf.d$

avec

A, superficie du bassin versant
C, coeff de ruissellement du bassin versant
h(d), hauteur précipitée d'une pluie de durée **d** (données Météo France)
k_1, **k_2**, coeff d'homogénéisation des unités

On retient la durée qui maximise le volume à stocker.

T	a	Cr projet	Qfuite bassin	Qfuite SDEP	Qfuite réel
2 ans	2.7	0.70	0.225	0.180	0.158
5 ans	3.35	0.74	0.320	0.256	0.224
10 ans	3.86	0.76	0.391	0.313	0.274
20 ans	4.38	0.80	0.494	0.395	0.346
30 ans	4.63	0.82	0.555	0.444	0.388

Projet : Bassins n°2 du secteur n°2

Période de retour : 2 ans

a = 2.7
b = 0.33
Qf = 0.158 m³/s
A = 2.512 ha
C = 0.70

Pas 10 min

durée d mn	cumul pluie h mm	V entrant Ve = 10.C.A.h m³	V sortant Vs = 60.Qf.d m³	V stocké V = Ve-Vs m³
0	0.0	0	0	0
10	12.6	223	95	129
20	20.1	355	189	166
30	26.4	466	284	182
40	32.0	565	378	187
50	37.1	656	473	183
60	41.9	741	567	174
70	46.5	822	662	160
80	50.9	899	756	142

Volume max de stockage pour la période de retour donnée : 187 m³
Valeur majorée +10% 205 m³

Période de retour : 5 ans

a = 3.35
b = 0.33
Qf = 0.224 m³/s
A = 2.512 ha
C = 0.74

Pas 10 min

durée d mn	cumul pluie h mm	V entrant Ve = 10.C.A.h m³	V sortant Vs = 60.Qf.d m³	V stocké V = Ve-Vs m³
0	0.0	0	0	0
10	15.7	292	135	158
20	24.9	465	269	196
30	32.7	611	404	207
40	39.7	740	538	202
50	46.1	860	673	187
60	52.0	971	807	164
70	57.7	1077	942	135
80	63.1	1178	1076	102

Volume max de stockage pour la période de retour donnée : 207 m³
Valeur majorée +10% 228 m³

Période de retour : 10 ans

a = 3.86
b = 0.33
Qf = 0.274 m³/s
A = 2.512 ha
C = 0.76

Pas 5 min

durée d mn	cumul pluie h mm	V entrant Ve = 10.C.A.h m³	V sortant Vs = 60.Qf.d m³	V stocké V = Ve-Vs m³
0	0.0	0	0	0
5	11.3	217	82	135
10	18.1	346	164	182
15	23.7	454	246	208
20	28.7	550	328	222
25	33.4	639	410	229
30	37.7	722	492	230
35	41.8	801	574	226
40	45.7	876	657	219

Volume max de stockage pour la période de retour donnée : 230 m³
Valeur majorée +10% 253 m³

Période de retour : 20 ans

a = 4.38
b = 0.33
Qf = 0.346 m³/s
A = 2.512 ha
C = 0.80

Pas 5 min

durée d mn	cumul pluie h mm	V entrant Ve = 10.C.A.h m³	V sortant Vs = 60.Qf.d m³	V stocké V = Ve-Vs m³
0	0.0	0	0	0
5	12.9	259	104	156
10	20.5	413	207	206
15	26.9	542	311	231
20	32.6	657	415	242
25	37.9	763	518	244
30	42.8	862	622	240
35	47.4	956	726	230
40	51.9	1045	829	216

Volume max de stockage pour la période de retour donnée : 244 m³
Valeur majorée +10% 269 m³

Période de retour : 30 ans

a = 4.63
b = 0.33
Qf = 0.388 m³/s
A = 2.512 ha
C = 0.82

Pas 5 min

durée d mn	cumul pluie h mm	V entrant Ve = 10.C.A.h m³	V sortant Vs = 60.Qf.d m³	V stocké V = Ve-Vs m³
0	0.0	0	0	0
5	13.6	281	116	165
10	21.7	447	233	214
15	28.4	587	349	237
20	34.5	711	466	246
25	40.0	826	582	244
30	45.2	934	699	235
35	50.1	1035	815	220
40	54.8	1132	932	200

Volume max de stockage pour la période de retour donnée : 246 m³
Valeur majorée +10% 270 m³

Dimensionnement d'un bassin de rétention par la Méthode des Pluies

Pour une pluie de durée **d** et un débit de fuite **Qf**, le volume maximum de stockage est :

$V(d) = k_1.C.A.h(d) - k_2.Qf.d$

avec

A, superficie du bassin versant
C, coeff de ruissellement du bassin versant
h(d), hauteur précipitée d'une pluie de durée **d** (données Météo France)
k_1, **k_2**, coeff d'homogénéisation des unités

On retient la durée qui maximise le volume à stocker.

T	a	Cr projet	Qfuite bassin	Qfuite SDEP	Qfuite réel
2 ans	2.7	0.77	0.074	0.059	0.052
5 ans	3.35	0.80	0.118	0.095	0.083
10 ans	3.86	0.82	0.151	0.121	0.106
20 ans	4.38	0.85	0.205	0.164	0.143
30 ans	4.63	0.86	0.237	0.189	0.166

Projet : Bassin n°3 du secteur n°2

Période de retour : 2 ans

a = 2.7
b = 0.33
Qf = 0.052 m³/s
A = 1.031 ha
C = 0.77

Pas 20 min

durée d mn	cumul pluie h mm	V entrant Ve = 10.C.A.h m³	V sortant Vs = 60.Qf.d m³	V stocké V = Ve-Vs m³
0	0.0	0	0	0
20	20.1	160	62	98
40	32.0	255	124	131
60	41.9	335	187	148
80	50.9	406	249	157
100	59.1	471	311	160
120	66.7	532	373	159
140	74.0	590	436	155
160	80.9	646	498	148

Volume max de stockage pour la période de retour donnée : 160 m³
Valeur majorée +10% 176 m³

Période de retour : 5 ans

a = 3.35
b = 0.33
Qf = 0.083 m³/s
A = 1.031 ha
C = 0.80

Pas 15 min

durée d mn	cumul pluie h mm	V entrant Ve = 10.C.A.h m³	V sortant Vs = 60.Qf.d m³	V stocké V = Ve-Vs m³
0	0.0	0	0	0
15	20.6	170	75	96
30	32.7	271	149	122
45	42.9	356	224	132
60	52.0	431	298	133
75	60.4	501	373	128
90	68.3	566	448	118
105	75.7	628	522	105
120	82.8	686	597	89

Volume max de stockage pour la période de retour donnée : 133 m³
Valeur majorée +10% 146 m³

Période de retour : 10 ans

a = 3.86
b = 0.33
Qf = 0.106 m³/s
A = 1.031 ha
C = 0.82

Pas 10 min

durée d mn	cumul pluie h mm	V entrant Ve = 10.C.A.h m³	V sortant Vs = 60.Qf.d m³	V stocké V = Ve-Vs m³
0	0.0	0	0	0
10	18.1	152	63	89
20	28.7	243	127	116
30	37.7	318	190	128
40	45.7	386	254	132
50	53.1	448	317	131
60	60.0	506	381	126
70	66.5	562	444	117
80	72.7	614	508	106

Volume max de stockage pour la période de retour donnée : 132 m³
Valeur majorée +10% 145 m³

Période de retour : 20 ans

a = 4.38
b = 0.33
Qf = 0.143 m³/s
A = 1.031 ha
C = 0.85

Pas 10 min

durée d mn	cumul pluie h mm	V entrant Ve = 10.C.A.h m³	V sortant Vs = 60.Qf.d m³	V stocké V = Ve-Vs m³
0	0.0	0	0	0
10	20.5	179	86	93
20	32.6	285	172	113
30	42.8	374	258	116
40	51.9	454	344	110
50	60.2	527	430	97
60	68.1	596	516	80
70	75.5	661	602	59
80	82.5	722	688	34

Volume max de stockage pour la période de retour donnée : 116 m³
Valeur majorée +10% 128 m³

Période de retour : 30 ans

a = 4.63
b = 0.33
Qf = 0.166 m³/s
A = 1.031 ha
C = 0.86

Pas 5 min

durée d mn	cumul pluie h mm	V entrant Ve = 10.C.A.h m³	V sortant Vs = 60.Qf.d m³	V stocké V = Ve-Vs m³
0	0.0	0	0	0
5	13.6	121	50	72
10	21.7	193	99	94
15	28.4	253	149	104
20	34.5	307	199	108
25	40.0	357	249	108
30	45.2	403	298	105
35	50.1	447	348	99
40	54.8	488	398	91

Volume max de stockage pour la période de retour donnée : 108 m³
Valeur majorée +10% 119 m³

ANNEXE N°3 – Extraits de l’étude de sol (GINGER CEBTP)

Axe Mixte

SAINT-PAUL (974)

Étude géotechnique de conception (G2)
Phase Avant-Projet – G2 AVP

Septembre 2021

Agence de la Réunion • 9 rue Patrice Lumumba – 97419 La Possession
Tél. +262 (0)2 62 49 49 01 • Fax. +262 (0)2 62 55 13 04 • cebtp.lareunion@groupeginger.com

L'implantation des sondages figure sur le plan joint en annexe 2.

Les coupes des sondages sont présentées en annexe 3, où l'on trouvera en particulier les renseignements décrits ci-après :

- **Puits de reconnaissance à la pelle :**
  - coupe détaillée des sols,
  - tenue des fouilles,
  - prélèvements d'échantillons intacts et/ou remaniés,
  - photographies de la fouille et des sols extraits.
- **Sondages destructifs :**
  - coupe approximative des sols*,
  - diagraphie des paramètres de forage enregistrés :
    - V.A. : vitesse d'avancement instantanée (m/h),
    - P.O. : pression sur l'outil (bars),
    - P.I. : pression d'injection (bars),
    - C.R. : couple de rotation (bars).
  - **Essais pressiométriques :**
    - Module pressiométrique : EM (MPa),
    - Pression limite nette : pl* (MPa),
    - Pression de fluage nette pf* (MPa),
    - Rapport E_M/p_l*.

* l'interprétation des sols à partir des forages de type destructif est faite uniquement d'après l'examen des cuttings, des courbes de pénétration des sols et des diagraphies.
Remarques : les feuilles de sondages peuvent également contenir des informations complémentaires dont les niveaux d'eau éventuels, les pertes de fluide d'injection, les incidents de forage, etc…

Par ailleurs, les forages de cette campagne d'investigation étant réalisés à l'eau, les niveaux d'eau ne sont pas toujours identifiables ou peuvent être biaisés en raison de leur interférence avec les fluides de forage injectés. Des piézomètres spécifiques sont nécessaires pour caractériser les nappes concernées par le projet (piézomètres sélectifs, en gros diamètre…)

3.3.2. Essais de perméabilité in situ

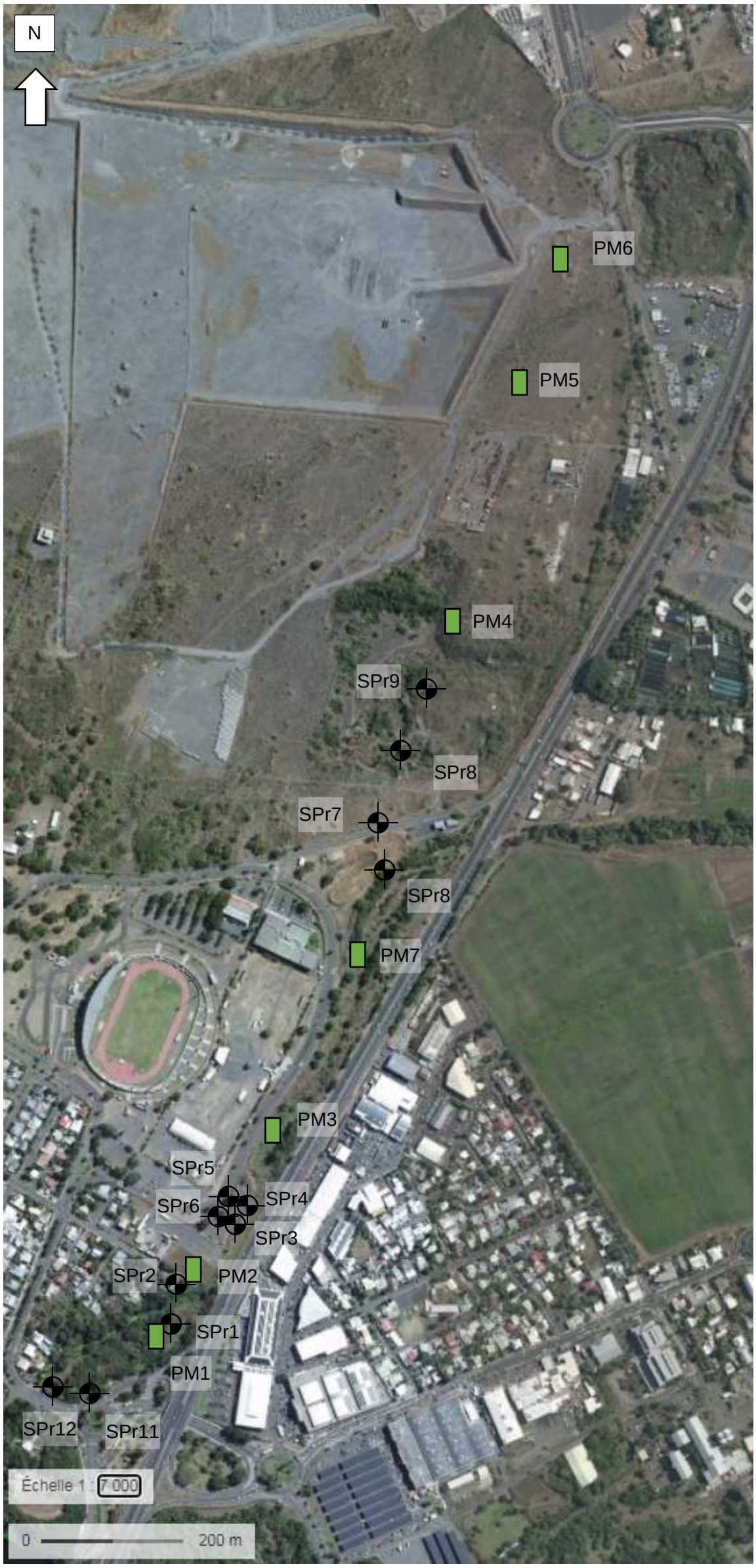
Les essais suivants ont été réalisés :

Type d'essai de perméabilité in situ	Dénomination	Sondage de référence	Prof. / TN
Essai de perméabilité de type GUELPH	Essai 1	PM5	0,7 m
	Essai 1	PM6	0,8 m
	Essai 1	PM7	0,7 m
Essais de perméabilité à l'eau dans un forage en tube ouvert – NF EN ISO 22282-2	Essai 1	SPR1	1 à 1.5 m
	Essai 2	SPR2	1.3 à 1.7 m
	Essai 3	SPR6	1 à 1.5 m
	Essai 4	SPR8	0.5 à 1 m
	Essai 5	SPR10	0.5 à 1 m

Légende :

Sondage à la pelle mécanique (PM)

Sondage pressiométrique (SPr)



PLAN D'IMPLANTATION DES SONDAGES

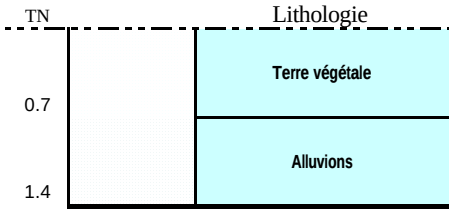
GINGER CEBTP	Perméamètre de Guelph	ENREGISTREMENT RUN-E005
		V1 du 29/04/2013
	AGENCE / ENTITE: Agence de la Réunion	Processus : AFFAIRES

Mesure de la perméabilité en place basée sur le principe de Mariotte
Charge hydraulique constante dans le forage

Dossier: IRE2.K.51162-37 Chantier: RN7 -Axe Mixte Saint-Paul
Client: Région Réunion Date: 27/10/2020 Opérateur: SM

INFORMATIONS SUR LE SITE

Coupe: PM5



Commentaires (topographie, végétation, …)

ESSAI

N° 1 Profondeur 0.71 m

Rayon du puits 6.0 cm Constante du réservoir 35.22 cm² *Combinés X = 35,22 cm², intérieur Y = 2.15 cm²*

Enregistrements

H1 = 2 cm, soit C1 = 0.25

Temps t (s)	dt	Hauteur d'eau h (cm)	dh	Débit R1 dh/dt
10		38.0		
20	10	40.5	2.5	0.25
30	10	43.5	3.0	0.30
40	10	46.0	2.5	0.25
50	10	48.5	2.5	0.25
60	10	51.5	3.0	0.30
70	10	54.0	2.5	0.25
80	10	56.5	2.5	0.25
90	10	59.5	3.0	0.30
100	10	61.5	2.0	0.20
110	10	64.5	3.0	0.30
120	10	67.0	2.5	0.25
130	10	69.5	2.5	0.25
140	10	72.5	3.0	0.30
150	10	75.0	2.5	0.25
			Valeur de débit constant R1	0.27

H2 = 4 cm, soit C2 = 0.45

Temps t (s)	dt	Hauteur d'eau h (cm)	dh	Débit R2 dh/dt
5		41.0		
10.0	5	43.0	2.0	0.40
15.0	5	44.5	1.5	0.30
20.0	5	46.0	1.5	0.30
25.0	5	48.0	2.0	0.40
30.0	5	50.0	2.0	0.40
35.0	5	52.0	2.0	0.40
40.0	5	54.0	2.0	0.40
45.0	5	55.5	1.5	0.30
50.0	5	57.0	1.5	0.30
55.0	5	58.5	1.5	0.30
60.0	5	60.0	1.5	0.30
65.0	5	62.0	2.0	0.40
70.0	5	64.0	2.0	0.40
75.0	5	66.0	2.0	0.40
		Valeur de débit constant R2		0.40

PERMEABILITE

Coefficients de conductivité hydraulique G1= 0.011 G2 = 0.010
Q1= 9.509 Q2= 14.088

Kfs = 3.55 E-02 cm/s, soit 1.28 E+03 mm/h
3.55E-04 m/s

K en m/s	10^{-1} 10^{-2} 10^{-3}	10^{-4} 10^{-5}	10^{-6} 10^{-7} 10^{-8} 10^{-9}	10^{-10} 10^{-11}
Possibilités d'infiltration	Excellentes	Bonnes	Moyennes à faibles	Faibles à nulles
Type de sol	Gravier sans sable ni éléments fins	Sable avec gravier Sable grossier à sable fin	Sable très fin Limon grossier à limon argileux	Argile limoneuse à argile homogène

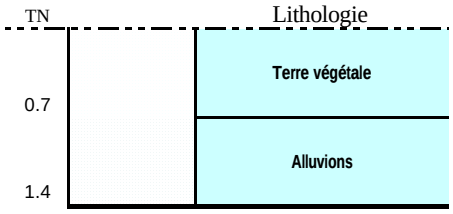
GINGER CEBTP	Perméamètre de Guelph	ENREGISTREMENT RUN-E005
		V1 du 29/04/2013
	AGENCE / ENTITE: Agence de la Réunion	Processus : AFFAIRES

Mesure de la perméabilité en place basée sur le principe de Mariotte
Charge hydraulique constante dans le forage

Dossier: IRE2.K.51162-37 Chantier: Axe Mixte Saint-Paul
Client: Région Réunion Date: 27/10/2020 Opérateur: LSM

INFORMATIONS SUR LE SITE

Coupe: PM6



Commentaires (topographie, végétation, …)

ESSAI

N° 1 Profondeur 0.78 m

Rayon du puits 3.5 cm Constante du réservoir 35.22 cm² *Combinés X = 35,22 cm², intérieur Y = 2.15 cm²*

Enregistrements

H1 = 3 cm, soit C1 = 0.52

Temps t (s)	dt	Hauteur d'eau h (cm)	dh	Débit R1 dh/dt
10		33.0		
20	10	34.5	1.5	0.15
30	10	36.2	1.7	0.17
40	10	38.0	1.8	0.18
50	10	40.0	2.0	0.20
60	10	41.5	1.5	0.15
70	10	43.0	1.5	0.15
80	10	45.0	2.0	0.20
90	10	46.5	1.5	0.15
100	10	48.0	1.5	0.15
110	10	50.0	2.0	0.20
120	10	52.0	2.0	0.20
130	10	53.5	1.5	0.15
140	10	55.0	1.5	0.15
150	10	56.5	1.5	0.15
Valeur de débit constant R1				0.15

H2 = 6 cm, soit C2 = 0.85

Temps t (s)	dt	Hauteur d'eau h (cm)	dh	Débit R2 dh/dt
5		42.0		
10.0	5	43.5	1.5	0.30
15.0	5	45.0	1.5	0.30
20.0	5	46.5	1.5	0.30
25.0	5	48.0	1.5	0.30
30.0	5	49.5	1.5	0.30
35.0	5	51.1	1.6	0.32
40.0	5	53.1	2.0	0.40
45.0	5	55.1	2.0	0.40
50.0	5	56.5	1.4	0.28
55.0	5	58.0	1.5	0.30
60.0	5	59.5	1.5	0.30
65.0	5	61.0	1.5	0.30
70.0	5	62.5	1.5	0.30
75.0	5	64.0	1.5	0.30
Valeur de débit constant R2				0.30

PERMEABILITE

Coefficients de conductivité hydraulique G1= 0.010 G2 = 0.008
Q1= 5.283 Q2= 10.566

Kfs = 3.30 E-02 cm/s, soit 1186.59308 mm/h
3.30E-04 m/s

K en m/s	10^{-1} 10^{-2} 10^{-3}	10^{-4} 10^{-5}	10^{-6} 10^{-7}	10^{-8} 10^{-9} 10^{-10} 10^{-11}
Possibilités d'infiltration	Excellentes	Bonnes	Moyennes à faibles	Faibles à nulles
Type de sol	Gravier sans sable ni éléments fins	Sable avec gravier Sable grossier à sable fin	Sable très fin Limon grossier à limon argileux	Argile limoneuse à argile homogène

GINGER CEBTP	Perméamètre de Guelph	ENREGISTREMENT RUN-E005
		V1 du 29/04/2013
	AGENCE / ENTITE: Agence de la Réunion	Processus : AFFAIRES

Mesure de la perméabilité en place basée sur le principe de Mariotte

Charge hydraulique constante dans le forage

Dossier: IRE2.K.51162-37 Chantier: Axe Mixte Saint-Paul

Client: Région Réunion Date: 27/10/2020 Opérateur: LSM

INFORMATIONS SUR LE SITE

Coupe: PM7

TN	Lithologie
0.1	Terre végétale
0.2	
0.3	
0.4	Alluvions
0.5	
0.6	
0.7	

Commentaires (topographie, végétation, …)

ESSAI

N°: 1 Profondeur: 0.67 m

Rayon du puits: 7.5 cm Constante du réservoir: 35.22 cm² *Combinés X = 35,22 cm², intérieur Y = 2.15 cm²*

Enregistrements

H1 = 3 cm, soit C1 = 0.3

Temps t (s)	dt	Hauteur d'eau h (cm)	dh	Débit R1 dh/dt
10		11.5		
20	10	13.5	2.0	0.20
30	10	14.5	1.0	0.10
40	10	14.7	0.2	0.02
50	10	16.5	1.8	0.18
60	10	17.5	1.0	0.10
70	10	18.5	1.0	0.10
80	10	19.0	0.5	0.05
90	10	20.5	1.5	0.15
100	10	21.5	1.0	0.10
110	10	22.5	1.0	0.10
120	10	23.5	1.0	0.10
130	10	24.5	1.0	0.10

Valeur de débit constant R1 0.10

H2 = 6 cm, soit C2 = 0.5

Temps t (s)	dt	Hauteur d'eau h (cm)	dh	Débit R2 dh/dt
10		40.0		
20.0	10	41.5	1.5	0.15
30.0	10	43.0	1.5	0.15
40.0	10	44.5	1.5	0.15
50.0	10	46.0	1.5	0.15
60.0	10	47.5	1.5	0.15
70.0	10	49.0	1.5	0.15
80.0	10	50.5	1.5	0.15

Valeur de débit constant R2 0.15

PERMEABILITE

Coefficients de conductivité hydraulique G1= 0.006 G2 = 0.005

Q1= 3.522 Q2= 5.283

Kfs = 5.54 E-03 cm/s, soit 199.30443 mm/h

5.54E-05 m/s

K en m/s	10^{-1} 10^{-2} 10^{-3}	10^{-4} 10^{-5}	10^{-6} 10^{-7} 10^{-8} 10^{-9}	10^{-10} 10^{-11}
Possibilités d'infiltration	Excellentes	Bonnes	Moyennes à faibles	Faibles à nulles
Type de sol	Gravier sans sable ni éléments fins	Sable avec gravier Sable grossier à sable fin	Sable très fin Limon grossier à limon argileux	Argile limoneuse à argile homogène

GINGER CEBTP	ESSAI DE PERMEABILITE A L'EAU DANS UN FORAGE EN TUBE OUVERT **ESSAI A CHARGE VARIABLE**	ENREGISTREMENT	**RUN-E042**
			V1 du 01 / 07 / 2014
	NF EN ISO 22 282 - 2 : 2014	Processus : AFFAIRES	
	AGENCE / ENTITE : Agence de la Réunion		

Dossier :	IRE2.K.51162-37	Chantier :	Axe mixte St-Paul
Client :	Région Réunion	Date de l'essai:	19/11/2020
Opérateur :	GL	Chargé d'affaires :	SM

ESSAI ☑ **Par injection** ☐ **Par pompage**

Sondage : SPR1 Essai n° : 1

Section d'essai : ☑ **Tubée avec matériaux filtrant** ☐ **Avec un obturateur**

CAVITE Longueur (m) : 0.5 Diamètre (m) : 0.06

Essai réalisé entre 1 m et 1.5m de profondeur par rapport au terrain naturel

Coefficient de perméabilité k (m / s) **2.70E-05**

Lithologie au niveau de la cavité : Sable limoneux

Profondeur de nappe stabilisée par rapport au terrain naturel (m) : 1.25

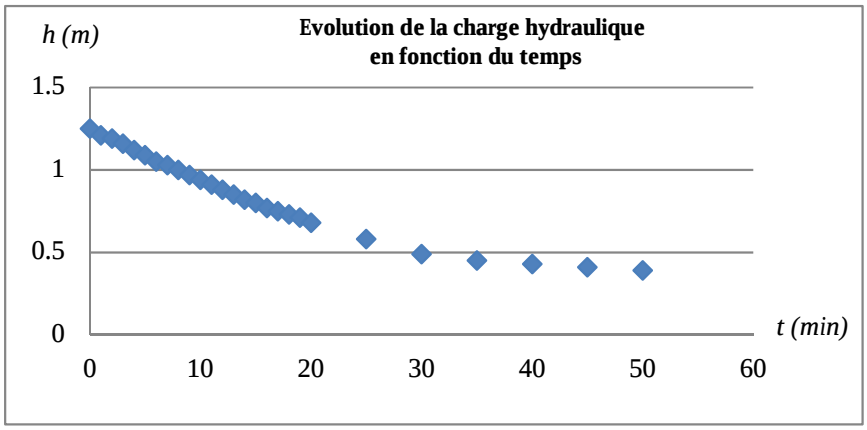
Diamètre intérieur du tube de mesurage (m) : 0.05

Mesures

t (s)	He (m)
0	0
60	0.04
120	0.06
180	0.09
240	0.13
300	0.16
360	0.2
420	0.22
480	0.25
540	0.28
600	0.31
660	0.34
720	0.37
780	0.4
840	0.43
900	0.45
960	0.48
1020	0.5
1080	0.52
1140	0.54
1200	0.57
1500	0.67
1800	0.76
2100	0.8
2400	0.82
2700	0.84
3000	0.86
3300	0.87
3600	0.885

Temps de saturation (heure) : 0.25

Volume de saturation injecté (m³) : 18



OBSERVATIONS

☑ **Essai sans correction**

☐ **Essai avec correction** h_{st} (m) : 0

GINGER CEBTP

ESSAI DE PERMEABILITE A L'EAU DANS UN FORAGE EN TUBE OUVERT
ESSAI A CHARGE VARIABLE

ENREGISTREMENT **RUN-E042**

V1 du 01 / 07 / 2014

NF EN ISO 22 282 - 2 : 2014

Processus : AFFAIRES

AGENCE / ENTITE : Agence de la Réunion

Dossier :	IRE2.K.51162-37	Chantier :	Axe mixte St-Paul
Client :	Région Réunion	Date de l'essai:	17/11/2020
Opérateur :	GL	Chargé d'affaires :	SM

ESSAI ☑ Par injection ☐ Par pompage

Sondage : SPR2 Essai n° : 1

Section d'essai : ☑ Tubée avec matériaux filtrant ☐ Avec un obturateur

CAVITE Longueur (m) : 0.5 Diamètre (m) : 0.089

Essai réalisé entre 1.3 m et 1.7m de profondeur par rapport au terrain naturel

Coefficient de perméabilité k (m / s) **4.11E-05**

Lithologie au niveau de la cavité : Remblais

Profondeur de nappe stabilisée par rapport au terrain naturel (m) : 0.8

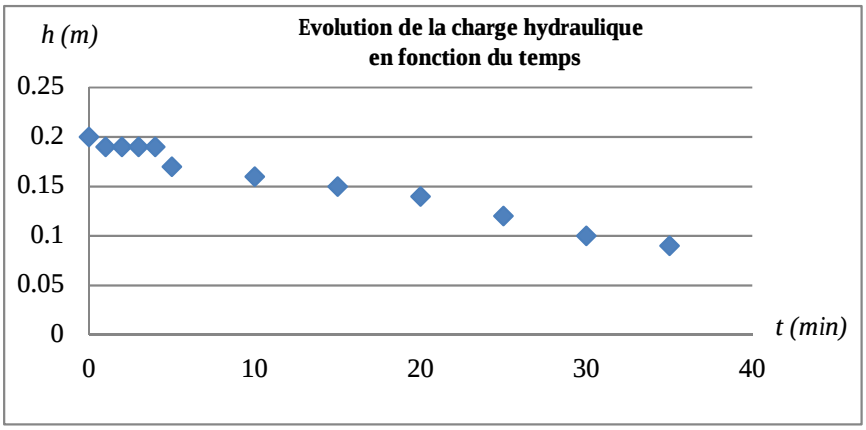
Diamètre intérieur du tube de mesurage (m) : 0.087

Mesures

t (s)	He (m)
0	1.6
60	1.61
120	1.61
180	1.61
240	1.61
300	1.63
600	1.64
900	1.65
1200	1.66
1500	1.68
1800	1.7
2100	1.71
0	
0	
0	
0	
0	
0	
0	
0	
0	
0	
0	
0	
0	
0	
0	
0	

Temps de saturation (heure) : 0.08333333

Volume de saturation injecté (m³) : 104



OBSERVATIONS

☑ Essai sans correction

☐ Essai avec correction h_{st} (m) : 0

GINGER CEBTP	ESSAI DE PERMEABILITE A L'EAU DANS UN FORAGE EN TUBE OUVERT **ESSAI A CHARGE VARIABLE**	ENREGISTREMENT	**RUN-E042**
		V1 du 01 / 07 / 2014	
	NF EN ISO 22 282 - 2 : 2014	Processus : AFFAIRES	
	AGENCE / ENTITE : Agence de la Réunion		

Dossier :	IRE2.K.51162-37	Chantier :	Axe mixte St-Paul
Client :	Région Réunion	Date de l'essai:	09/11/2020
Opérateur :	GL	Chargé d'affaires :	SM

ESSAI ☑ **Par injection** ☐ **Par pompage**

Sondage : SPR6 Essai n° : 1

Section d'essai : ☐ **Tubée avec matériaux filtrant** ☐ **Avec un obturateur**

CAVITE Longueur (m) : 0.5 Diamètre (m) : 0.089

Essai réalisé entre 1 m et 1.5m de profondeur par rapport au terrain naturel

Coefficient de perméabilité k (m / s) **4.89E-06**

Lithologie au niveau de la cavité : Sable très fin, limoneux

Profondeur de nappe stabilisée par rapport au terrain naturel (m) : 1.25

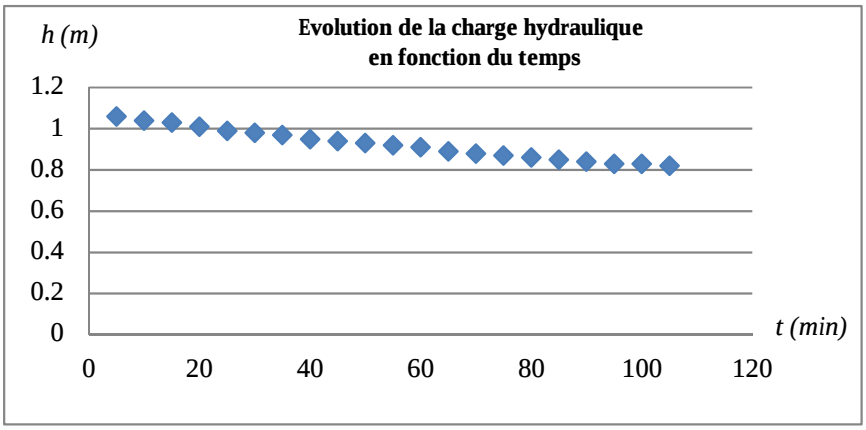
Diamètre intérieur du tube de mesurage (m) : 0.087

Mesures

t (s)	He (m)
300	0.69
600	0.71
900	0.72
1200	0.74
1500	0.76
1800	0.77
2100	0.78
2400	0.8
2700	0.81
3000	0.82
3300	0.83
3600	0.84
3900	0.86
4200	0.87
4500	0.88
4800	0.89
5100	0.9
5400	0.91
5700	0.92
6000	0.92
6300	0.93
0	
0	
0	
0	
0	
0	

Temps de saturation (heure) : 0.5

Volume de saturation injecté (m³) :



OBSERVATIONS

☑ **Essai sans correction**

☐ **Essai avec correction** h_{st} (m) : 0

GINGER CEBTP

ESSAI DE PERMEABILITE A L'EAU DANS UN FORAGE EN TUBE OUVERT
ESSAI A CHARGE VARIABLE

ENREGISTREMENT **RUN-E042**

V1 du 01 / 07 / 2014

NF EN ISO 22 282 - 2 : 2014

Processus : AFFAIRES

AGENCE / ENTITE : Agence de la Réunion

Dossier :	IRE2.K.51162-37	Chantier :	Axe mixte St-Paul
Client :	Région Réunion	Date de l'essai:	24/11/2020
Opérateur :	GL	Chargé d'affaires :	SM

ESSAI ☑ Par injection ☐ Par pompage

Sondage : SPR8 Essai n° : 1

Section d'essai : ☑ Tubée avec matériaux filtrant ☐ Avec un obturateur

CAVITE Longueur (m) : 0.5 Diamètre (m) : 0.089

Essai réalisé entre 0.5 m et 1m de profondeur par rapport au terrain naturel

Coefficient de perméabilité k (m / s) **1.65E-05**

Lithologie au niveau de la cavité : Sables limoneux

Profondeur de nappe stabilisée par rapport au terrain naturel (m) : 0.75

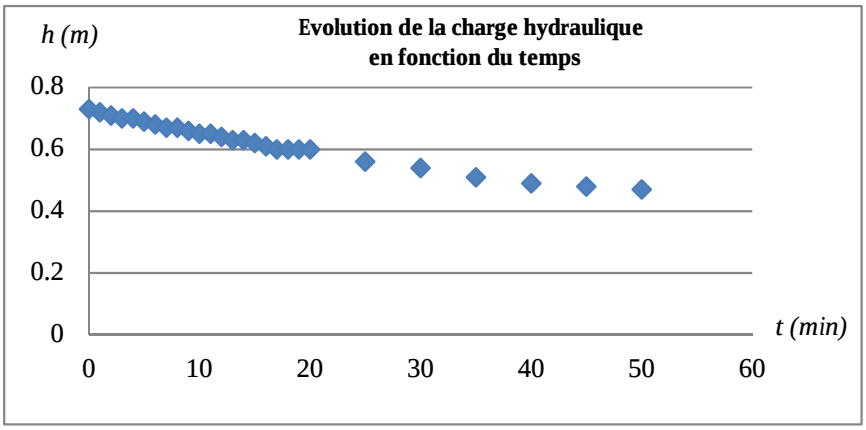
Diamètre intérieur du tube de mesurage (m) : 0.087

Mesures

t (s)	He (m)
0	0.02
60	0.03
120	0.04
180	0.05
240	0.05
300	0.06
360	0.07
420	0.08
480	0.08
540	0.09
600	0.1
660	0.1
720	0.11
780	0.12
840	0.12
900	0.13
960	0.14
1020	0.15
1080	0.15
1140	0.15
1200	0.15
1500	0.19
1800	0.21
2100	0.24
2400	0.26
2700	0.27
3000	0.28
3300	0.3
3600	0.32

Temps de saturation (heure) : 0.05

Volume de saturation injecté (m³) : 29



OBSERVATIONS

☑ Essai sans correction

☐ Essai avec correction h_{st} (m) : 0

GINGER CEBTP	ESSAI DE PERMEABILITE A L'EAU DANS UN FORAGE EN TUBE OUVERT **ESSAI A CHARGE VARIABLE**	ENREGISTREMENT	**RUN-E042**
		V1 du 01 / 07 / 2014	
	NF EN ISO 22 282 - 2 : 2014	Processus : AFFAIRES	
	AGENCE / ENTITE : Agence de la Réunion		

Dossier :	IRE2.K.51162-37	Chantier :	Axe Mixte St Paul
Client :	Région Réunion	Date de l'essai:	29/10/2020
Opérateur :	LEMARE	Chargé d'affaires :	SM

ESSAI ☑ Par injection ☐ Par pompage

Sondage : SPR10 Essai n° : 1

Section d'essai : ☑ Tubée avec matériaux filtrant ☑ Avec un obturateur

CAVITE Longueur (m) : 0.7 Diamètre (m) : 0.089

Essai réalisé entre 0.5 m et 1m de profondeur par rapport au terrain naturel

Coefficient de perméabilité k (m / s) **3.43E-05**

Lithologie au niveau de la cavité : Alluvions

Profondeur de nappe stabilisée par rapport au terrain naturel (m) : 0.85

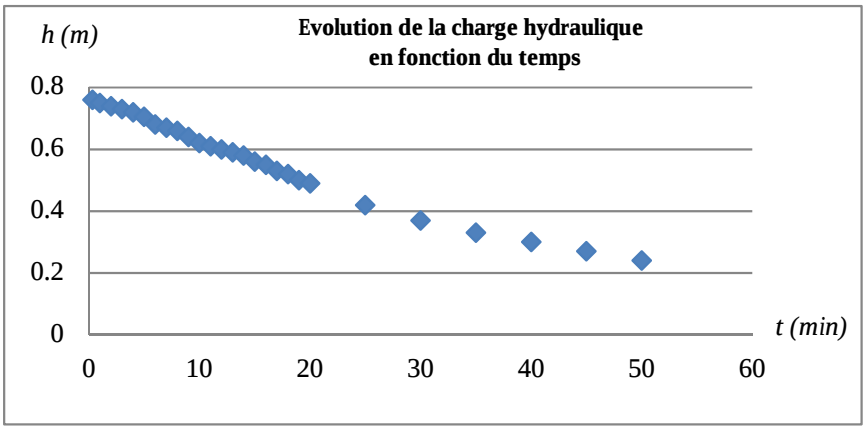
Diamètre intérieur du tube de mesurage (m) : 0.087

Mesures

t (s)	He (m)
20	0.89
60	0.9
120	0.91
180	0.92
240	0.93
300	0.945
360	0.97
420	0.98
480	0.99
540	1.01
600	1.03
660	1.04
720	1.05
780	1.06
840	1.07
900	1.09
960	1.1
1020	1.12
1080	1.13
1140	1.15
1200	1.16
1500	1.23
1800	1.28
2100	1.32
2400	1.35
2700	1.38
3000	1.41
3300	1.44
3600	1.47

Temps de saturation (heure) : 0.08333333

Volume de saturation injecté (m³) : 107



OBSERVATIONS

☑ Essai sans correction

☐ Essai avec correction h_{st} (m) : 0

ANNEXE N°4 – Plans de plantation

PROJET

Projet relatif à l'axe mixte (RN7) et aux infrastructures connexes

sur la commune de Saint Paul pour le compte du TCO

SECTEUR 2

INDICE	DATE	D	MODIFICATIONS
A	AOÛT 2020	YG	Première diffusion
B	MARS 2021	YG	Ajout travaux de voirie et mise à jour

MAITRE D'OUVRAGE

BUREAU D'ETUDE

ARTELIA

PLAN N° 09.2A

ECH : 1:500

PLAN DES PLANTATIONS 1/2

LEGENDE PLANTATION

Grand arbre d'alignement

AM	Arbre à mil	(Sp.inconnu)
Bt	Bel ombre	(Terminalia bentzoe)
MA	Manitalp	(Terminalia mantaly)
NL	Neem	(Azadirachta indica)
Mbr	Bois blanc rouge	(Pouzolzia bartlettii)
Mpa	Bois d'épaulge	(Polyscias cuthapingia)
MK	Bois rouge	(Diospyros crassinodis)
Pt	Pin mer pavé	(Mimusops comorensis)
TA	Tamarinier bord de mer	(Calophyllum inophyllum)

Arbre projet à petit développement

Arl	Arbre arlequin	(Bauhinia variegata)
Bfe	Bois d'arnette	(Dodonaea viscosa var.angustifolia)
BLd	Bois de chandelle	(Dracaena reflexa)
BCh	Bois de chenille	(Volkameria heterophylla)
BDv	Bois de dimmerville	(Dombeya reclinata var. spectabilis)
BGa	Bois de goudefin	(Doratoxylon apetalum var. apetalum)
Bh	Bois d'huile	(Trophonopsis hypericifolium)
Blc	Bois de pâli corse	(Pittosporum tenuicaule)
Bro	Bois de rempart	(Cossinia pinnata)
BRo	Bois de rotin à petites feuilles	(Lygodium heterodictyon)
BGo	Bois d'olive noir	(Olea europaea subsp. cuspidata)
BPo	Bois poivré	(Forchhamelia thurifera)
BRa	Bois de ravine rouge	(Nuxia verticillata)
Kb	Kerzi bradyfolia	(Calliantoton cerasus)
Mf	Mahot feuilles rondes	(Dombeya reclinata)
Sd	Sandragon	(Cordia sebestena)
TG	Ta-gaga	(Tabebuia heterta)
VT	Vétiveria bord de mer	(Pandanopsis horridissimum)

Grand arbre isolé pour surfageur

AF	Arbre à pluie	(Samanea saman)
BO	Badamier	(Terminalia catappa)
AB	Baobab	(Adansonia digitata)
BE	Benjoin	(Ficus benjamina)
MR	Bois rouge	(Diospyros crassinodis)
BV	Bonnet d'évêque	(Barringtonia asiatica)
FL	Flamboyant	(Delonix regia)
Fly	Flamboyant jaune	(Peltophorum pterocarpum)
NE	Neem	(Azadirachta indica)
TM	Tamarinier bas	(Tamarindus indica)

Palmier projet

DN	Dattier nain	(Phoenix roebelenii)
LT	Latanier rouge	(Latania lontaroides)
Pbe	Palmier à bétel	(Areca catechu)
Pbo	Palmier bonbonne	(Hyophorbe lagenicaule)
Pbv	Palmier bonbonne	(Hyophorbe lagenicaule)
Pk	Palmier de la reine	(Syagrus romanzoffiana)
PM	Palmier de Madagascar	(Dypsis madagascariensis)
PMa	Palmier Mac Arthur	(Ptychosperma macarthurii)
PQp	Palmier queue de poisson	(Caryota mitis)

Palmier isolé pour surfageur

PD	Palmier de Bismarck	(Bismarckia nobilis)
PT	Palmier triangle	(Dypsis decaryi)

Sous-massif arbustif noue 1a

Arbustes		
Arbre à Thé	(Melaleuca alternifolia)	
Bois collant	(Pavetta lanceolata)	
Bois de Charles	(Alchiphila sp.)	
Bois patte poule	(Hypoestes phyllostachya)	
Pittosporum	(Pittosporum tobira)	
Tamara	(Turnera subulata)	
Couvre-sol		
Aloe ferox	(Aloe ferox)	
Aloe vera	(Aloe vera)	
Coleus hybrida	(Coleus blumei)	
Creson aquatique	(Creson nasturtium)	
Euphorbe du Cassid	(Euphorbia geroldii)	
Rétinos à feuilles ovales	(Tabernaemontana divaricata)	
Vacoas nain panaché	(Pandanus pygmaeus 'Variegatus')	
Vetiver	(Chrysopogon zizanioides)	

Sous-massif arbustif noue 1b

Arbustes		
Arbre à Thé	(Melaleuca alternifolia)	
Bois collant	(Pavetta lanceolata)	
Bois de Charles	(Alchiphila sp.)	
Bois patte poule	(Hypoestes phyllostachya)	
Pittosporum	(Pittosporum tobira)	
Tamara	(Turnera subulata)	
Couvre-sol		
Aloe ferox	(Aloe ferox)	
Aloe vera	(Aloe vera)	
Coleus hybrida	(Coleus blumei)	
Creson aquatique	(Creson nasturtium)	
Euphorbe du Cassid	(Euphorbia geroldii)	
Rétinos à feuilles ovales	(Tabernaemontana divaricata)	
Vacoas nain panaché	(Pandanus pygmaeus 'Variegatus')	
Vetiver	(Chrysopogon zizanioides)	

Sous-massif arbustif noue 1c

Arbustes		
Bois de Chenille	(Volkameria heterophylla)	
Bois d'orme	(Antirhea borbonica)	
Bois de sable	(Indigofera ovensiyiana)	
Bois patte poule	(Hypoestes phyllostachya)	
Bonnet d'Evêque	(Barringtonia asiatica)	
Tamara	(Turnera subulata)	
Couvre-sol		
Agapanthe	(Agapanthus)	
Aloe ferox	(Aloe ferox)	
Bulbine	(Bulbine frutescens)	
Creson aquatique	(Creson nasturtium)	
Dumerilia panachée	(Chrysothemis pulchella 'Variegata')	
Graptie de sang	(Aeonium haworthii)	
Vetiver	(Chrysopogon zizanioides)	

Sous-massif noues 2a

Arbustes		
Bois de Chenille	(Volkameria heterophylla)	
Bois patte poule	(Hypoestes phyllostachya)	
Calli-fleur	(Tabernaemontana divaricata)	
Pittosporum	(Pittosporum tobira)	
Tamara	(Turnera subulata)	
Couvre-sol		
Coleus hybrida	(Coleus blumei)	
Cordyline	(Cordyline fruticosa)	
Creson aquatique	(Creson nasturtium)	
Dumerilia noir	(Dumerilia sabulicolens)	
Euphorbe laiteuse	(Euphorbia tirucalli)	
Magnifi pays panaché	(Chlorophytum intermedium 'Jolinchi')	
Graptie de sang	(Aeonium haworthii)	
Vetiver	(Chrysopogon zizanioides)	

Sous-massif noues 2b

Arbustes		
Bois de sable	(Indigofera ovensiyiana)	
Bois patte poule	(Hypoestes phyllostachya)	
Calli-fleur	(Tabernaemontana divaricata)	
Galphimia	(Galphimia glauca)	
Rétinodre d'Australie	(Westringia fruticosa)	
Couvre-sol		
Agapanthe	(Agapanthus africanus)	
Creson aquatique	(Creson nasturtium)	
Dumerilia panachée	(Dumerilia subsimplex 'Variegata')	
Euphorbe laiteuse	(Euphorbia tirucalli)	
Graptie de sang	(Aeonium haworthii)	
Vetiver	(Chrysopogon zizanioides)	

Sous-massif noues 2c

Arbustes		
Bois d'arnette	(Dodonaea viscosa var.angustifolia)	
Bois collant	(Pavetta lanceolata)	
Bois de sable et queue	(Mimusops/Manilkara spp.indica)	
Galphimia	(Galphimia glauca)	
Rétinodre d'Australie	(Westringia fruticosa)	
Tamara	(Turnera subulata)	
Couvre-sol		
Agave attenuata	(Agave attenuata)	
Aloe ballyblitra	(Aloe ballyblitra)	
Dumerilia sp.nov	(Dumerilia subsimplex)	
Euphorbe 'Blue Stay'	(Euphorbia alcicornis 'Blue Stay')	
Graptie de sang	(Aeonium haworthii)	
Pittosporum nain	(Pittosporum tobira 'Nana')	
Romarin rampant	(Rosmarinus officinalis prostratus)	
Vacoas nain panaché	(Pandanus pygmaeus 'Variegatus')	

Massif arbustif noue 3

Arbustes		
Bois de sable	(Indigofera ovensiyiana)	
Calli-fleur	(Tabernaemontana divaricata)	
Galphimia	(Galphimia glauca)	
Tamara	(Turnera subulata)	
Lantana Buisson	(Lantana camara)	
Couvre-sol		
Cordyline	(Cordyline fruticosa)	
Creson aquatique	(Creson nasturtium)	
Euphorbe 'Blue Stay'	(Euphorbia alcicornis 'Blue Stay')	
Graptie de sang	(Aeonium haworthii)	
Vacoas nain panaché	(Pandanus pygmaeus 'Variegatus')	

Massif noue 4 : vetiver noue

Couvre-sol		
Cordyline	(Cordyline fruticosa)	
Creson aquatique	(Creson nasturtium)	
Euphorbe 'Blue Stay'	(Euphorbia alcicornis 'Blue Stay')	
Graptie de sang	(Aeonium haworthii)	
Retinos à feuilles ovales	(Tabernaemontana divaricata)	
Vacoas nain panaché	(Pandanus pygmaeus 'Variegatus')	

Massif 1 : bas carrefour

Couvre-sol		
Cordyline	(Cordyline fruticosa)	
Creson aquatique	(Creson nasturtium)	
Euphorbe 'Blue Stay'	(Euphorbia alcicornis 'Blue Stay')	
Graptie de sang	(Aeonium haworthii)	
Retinos à feuilles ovales	(Tabernaemontana divaricata)	
Vacoas nain panaché	(Pandanus pygmaeus 'Variegatus')	

Massif arbustif 5

Arbustes		
Bois de sable	(Indigofera ovensiyiana)	
Bois de vacoas vert	(Cyas pumenensi)	
Calli-fleur	(Tabernaemontana divaricata)	
Galphimia	(Galphimia glauca)	
Tamara	(Turnera subulata)	
Lantana Buisson	(Lantana camara)	
Couvre-sol		
Cordyline	(Cordyline fruticosa)	
Creson aquatique	(Creson nasturtium)	
Euphorbe 'Blue Stay'	(Euphorbia alcicornis 'Blue Stay')	
Graptie de sang	(Aeonium haworthii)	
Vacoas nain panaché	(Pandanus pygmaeus 'Variegatus')	

Boisement jeunes plants forestiers ravine zone sèche

Jeunes plants		
Benjoin	(Terminalia bentzoe)	
Bois d'arnette	(Dodonaea viscosa var.angustifolia)	
Bois de balai	(petit arbre)	
Bois de chandelle	(Dracaena reflexa)	
Bois de gaudefin	(Doratoxylon apetalum var. apetalum)	
Bois de palme	(Cossinia pinnata)	
Bois d'olive noir	(Olea europaea subsp. cuspidata)	
Bois de rempart blanc	(Nuxia verticillata)	
Bois poivré	(Forchhamelia thurifera)	
Bois rouge	(Lleaedendron amentata)	
Latanier rouge	(Latania lontaroides)	
Grimpante		
Frenque de dépression humide et d'un premier ouvert de corniche.		
Couverture progressive et ajustement d'herbier à Main d'equitation.		

Boisement et couvre-sols ravine zone humide

Jeune plant		
Latanier rouge	(Hortbeia bibracteata)	
Mûrier bord de mer	(Tabernaemontana divaricata)	
Pandan / fil à la croc	(Thespesia populnea)	
Bois de pommiers	(Thespesia populneoides)	
Grimpante		
Herbe bourique	(Ludwigia octovalvis)	
Herbe de riz	(Setaria geniculata)	
Herbe la mare	(Paspalum vaginatum)	
Mauvette asiatique	(Sesbania bispinosa)	

Prairie

Prairie humide

Végétation existante conservée

Zone de transplantation des plongeons

Zone de rétablissement

PROJET

Projet relatif à l'axe mixte (RN7) et aux infrastructures connexes sur la commune de Saint Paul pour le compte du TCO

SECTEUR 2

INDICE	DATES	ID	MODIFICATIONS
A	MAI / JUIN	PG	Phase Projet
B	MARS 2026	PG	Ajout masse de terre et remise dalle

MAITRE D'OUVRAGE

Réunion Nouvelle Route du Littoral

BUREAU D'ETUDE

ARTELIA

VILLE & PAYSAGES

PLAN N°
03.2B
ECH : 1:500

PLAN DES PLANTATIONS 2/2

LEGENDE PLANTATION

Grand arbre d'alignement

Agd	Arbre à nord	(Ficus Nitida)
AV	Avocatier	(Persea gratissima)
MA	Manguier	(Mangifera indica)
NC	Niaouli	(Melaleuca viridiflora)
Nle	Noni blanc	(Morinda citrifolia)
Nlg	Noni d'Espagne	(Morinda citrifolia)
RR	Rose rouge	(Delonix regia)
TC	Tamarinier de mer	(Casuarina equisetifolia)
TE	Tatamaka bord de mer	(Calophyllum inophyllum)

Arbre projet à petit développement

AJ	Arbre Judas	(Cercis siliquastrum)
Bde	Bois d'arnette	(Dombeya reclinata var. angustifolia)
Bch	Bois de chandelle	(Dracaena reflexa)
Bde	Bois de chenille	(Sesbania formosa)
Bde	Bois de demoiselle	(Stenolobium stans var. stans)
Bpi	Bois de pioches	(Stenolobium stans var. stans)
Bs	Bois de sushi	(Podocarpus macrophyllus)
Bsa	Bois de Sainte Anne	(Polyscias guilfoylei)
Bsa	Bois de salade	(Crossostephium chinense)
Bfe	Bois de vieille à poteau	(Lagerstroemia floribunda)
Bve	Bois d'olive noir	(Olea europaea subsp. cuspidata)
Bfa	Bois piquant	(Fortelia mauritiana)
mp	Aloe de ventre blanc	(Aloe vaombe)
Rb	Rance bouteille	(Callistemon citrinus)
Fl	Frangipanier	(Plumeria alba / rubra)
Sl	Silkotier	(Cordia sebestena)
To	Tanguin	(Nerium oleander)
Vr	Vohuiter bord de mer	(Hibiscus tiliaceus)

Grand arbre isolé pour surlargeur

AT	Arbre à pluie	(Samanea saman)
AG	Auctonier	(Terminalia catappa)
Bd	Bardadi	(Adansonia digitata)
Bf	Benjoin	(Terminalia benzoe)
Bd	Bois rouge	(Calvaria major)
Bg	Bosmé d'Indyen	(Barringtonia asiatica)
Tc	Flamboyant	(Delonix regia)
Fg	Flamboyant jaune	(Peltophorum pterocarpum)
Nl	Neem	(Azadirachta indica)
TM	Tamarinier des Indes	(Tamarindus indica)

Palmier projet

DN	Dattier nain	(Phoenix roebelenii)
LT	Latanier rouge	(Latania lontaroides)
Pke	Palmier à tête	(Areca catechu)
Pfa	Palmier bambou	(Dypsis cerata)
Pbo	Palmier Bismarckia	(Bismarckia nobilis)
Pk	Palmier de la reine	(Syagrus romanzoffiana)
PM	Palmier de Madagascar	(Dypsis madagascariensis)
PMA	Palmier Mac Arthur	(Ptychosperma macarthurii)
PQa	Palmier queue de poisson	(Caryota mitis)

Palmier isolé pour surlargeur

PR	Palmier de Bismarck	(Bismarckia nobilis)
PT	Palmier triangle	(Dypsis decary)

- Latanier maintenir à conserver
- Latanier maintenir à transplanter
- Arbre maintenir à conserver
- Arbre maintenir à supprimer

Sous-massif arbustif noue 1a

Arbustes

Arbre à thé	(Melaleuca alternifolia)
Bois d'Inde	(Pandia densiflora)
Bois de Chandelle	(Dracaena reflexa)
Bois de pioche	(Podocarpus macrophyllus)
Bois de sushi	(Podocarpus macrophyllus)
Bois patte poule	(Alsmeria chrysantha)
Cafe'Bleu	(Helianthus annuus)
Cassia d'Australie	(Senna surattensis)
Tamara	(Tecoma stans)

Couvre-sol

Agave gracilis	(Agave fillifera)
Agave de la Reine Victoria	(Agave victoriae-reginae)
Aloe arborescens	(Aloe arborescens)
Dalbergia	(Dalbergia frutescens)
Crinum asiaticum	(Crinum asiaticum)
Duranta panachée	(Lantana camara 'Variegata')
Graptopetalum	(Graptopetalum paraguayense)
Vetiver	(Chrysopogon zizanioides)

Sous-massif arbustif noue 1b

Arbustes

Arbre à thé	(Melaleuca alternifolia)
Bois d'Inde	(Pandia densiflora)
Bois de Chandelle	(Dracaena reflexa)
Bois de Chenilles	(Acalypha sp.)
Bois patte poule	(Alsmeria chrysantha)
Philosophron	(Philosophron bipinnatum)
Tamara	(Tecoma stans)

Couvre-sol

Aloe barca	(Aloe barca)
Aloe vera	(Aloe vera)
Crinum asiaticum	(Crinum asiaticum)
Duranta sp	(Duranta erecta)
Euphorbe tulgare	(euphorbia tulgare)
Magnet pays paradis	(Ophiopogon intermedius 'Ariaketi')
Vetiver	(Chrysopogon zizanioides)

Sous-massif arbustif noue 1c

Arbustes

Bois de chenille	(Sesbania formosa)
Bois d'Inde	(Pandia densiflora)
Bois de sushi	(Podocarpus macrophyllus)
Bois patte poule	(Alsmeria chrysantha)
Romarin d'Australie	(Westringia fruticosa)
Tamara	(Tecoma stans)

Couvre-sol

Agave gracilis	(Agave fillifera)
Aloe ferox	(Aloe ferox)
Dalbera	(Dalbera frutescens)
Duranta panachée	(Duranta erecta 'Variegata')
Graptopetalum	(Graptopetalum paraguayense)
Vetiver	(Chrysopogon zizanioides)

Sous-massif noues 2a

Arbustes

Abutilon	(Abutilon megapotamicum)
Bois de chenille	(Sesbania formosa)
Bois patte poule	(Alsmeria chrysantha)
Café Bleu	(Tabernaemontana divaricata)
Philosophron	(Philosophron bipinnatum)
Tamara	(Tecoma stans)

Couvre-sol

Cotonea barbatus	(Cotonea barbatus)
Cordyline	(Cordyline fruticosa)
Crinum asiaticum	(Crinum asiaticum)
Duranta sacré	(Duranta erecta)
Euphorbe tulgare	(Euphorbia tulgare)
Magnet pays paradis	(Ophiopogon intermedius 'Ariaketi')
Graptopetalum	(Graptopetalum paraguayense)
Vetiver	(Chrysopogon zizanioides)

Sous-massif noues 2b

Arbustes

Bois de sable	(Hollygolfera stenomyrtus)
Bois patte poule	(Alsmeria chrysantha)
Café Bleu	(Tabernaemontana divaricata)
Gaillardia	(Gaillardia pulchella)
Romarin d'Australie	(Westringia fruticosa)
Tamara	(Tecoma stans)

Couvre-sol

Agave attenuata	(Agave attenuata)
Crinum asiaticum	(Crinum asiaticum)
Duranta panachée	(Duranta erecta 'Variegata')
Euphorbe tulgare	(euphorbia tulgare)
Evolvulus 'Blue Day'	(Evolvulus nitidus 'Blue Day')
Frangipanier rose	(Plumeria rubra)
Graptopetalum	(Graptopetalum paraguayense)
Vetiver	(Chrysopogon zizanioides)

Sous-massif noues 2c

Arbustes

Bois d'arnette	(Dombeya reclinata var. angustifolia)
Bois d'Inde	(Pandia densiflora)
Bois de paille en queue	(Alsmeria chrysantha)
Gaillardia	(Gaillardia pulchella)
Romarin d'Australie	(Westringia fruticosa)
Tamara	(Tecoma stans)

Couvre-sol

Agave attenuata	(Agave attenuata)
Aloe ballyblooy	(Aloe ballyblooy)
Duranta vert	(Duranta erecta)
Evolvulus 'Blue Day'	(Evolvulus nitidus 'Blue Day')
Frangipanier rose	(Plumeria rubra)
Kalanchoe tubiflora	(Kalanchoe tubiflora)
Vetiver	(Chrysopogon zizanioides)

Massif arbustif 3 : bas carrefour

Couvre-sol

Cordyline	(Cordyline fruticosa)
Crinum asiaticum	(Crinum asiaticum)
Evolvulus 'Blue Day'	(Evolvulus nitidus 'Blue Day')
Frangipanier rose	(Plumeria rubra)
Graptopetalum	(Graptopetalum paraguayense)
Kalanchoe tubiflora	(Kalanchoe tubiflora)
Vetiver	(Chrysopogon zizanioides)

Massif 4 : vetiver noue

Couvre-sol

Cotonea barbatus	(Cotonea barbatus)
Crinum asiaticum	(Crinum asiaticum)
Duranta panachée	(Duranta erecta 'Variegata')
Duranta vert	(Duranta erecta)
Vetiver	(Chrysopogon zizanioides)

Massif arbustif 5

Arbustes

Bois de sable	(Hollygolfera stenomyrtus)
Bois de surcouvert	(Lawsonia inermis)
Café Bleu	(Tabernaemontana divaricata)
Galphimia	(Galphimia glauca)
Tamara	(Tecoma stans)
Croton divers	(Codiaeum variegatum)

Couvre-sol

Cordyline	(Cordyline fruticosa)
Crinum asiaticum	(Crinum asiaticum)
Evolvulus 'Blue Day'	(Evolvulus nitidus 'Blue Day')
Graptopetalum	(Graptopetalum paraguayense)
Vetiver	(Chrysopogon zizanioides)

Boisement jeunes plants forestiers ravine zone sèche

Arbres plants

Bois d'arnette	(Dombeya reclinata var. angustifolia)
Bois de balai	(petit spec)
Bois de chandelle	(Dracaena reflexa)
Bois de gaulette	(Stratanthus caesalpiae var. apetalus)
Bois de judas	(Cassine peninsularis)
Bois d'olive noir	(Olea europaea subsp. cuspidata)
Bois de vieillir blanc	(Nuxia verticillata)
Bois marron	(Lantana montevidensis)
Bois rouge	(Calvaria major)
Latanier rouge	(Latania lontaroides)

Grimpants

Principe de dépressurisation/humidité et d'un premier couvert de ramades
Couvertures progressive et spontanée d'arrivée la Mare (Paspalum)

Boisement et couvre-sols ravine zone humide

Arbres plants

Bois marron	(Antirhea borbonica)
Filao au bord de mer	(Casuarina equisetifolia)
Poncher / Bois de rose	(Thespesia populnea)
Bois de pirotier	(Thespesia populneoides)

Grimpants

Herbe bourrasse	(Lobelgia cirsiifolia)
Herbe de riz	(Setaria grenicultum)
Herbe la mare	(Paspalum vaginatum)
Mouvette pastole	(Tephia lanceolata)

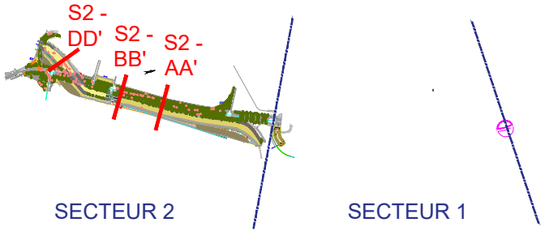
Prairie
Prairie humide
Végétation existante conservée
Zone de transplantation des plantations
Zone de stockage zone

PROJET

Projet relatif à l'axe mixte (RN7) et aux infrastructures connexes

sur la commune de Saint Paul pour le compte du TCO

COUPES ET DETAILS PLANTATION



PROJET	4702681	DATE	MARS 2026	DESSIN	FS	VERIFIE	LB

INDICES	DATES	D	MODIFICATIONS
A	AOUT 2025	FS	1ère diffusion
B	MARS 2026	FS	Ajouts mesures environnementales

MAITRE D'OUVRAGE:

REGION REUNION
www.regionreunion.com

BUREAU D'ETUDE

ARTELIA

ZONE UP

VILLES & PAYSAGES

TP INGÉNIERIE CONSEIL

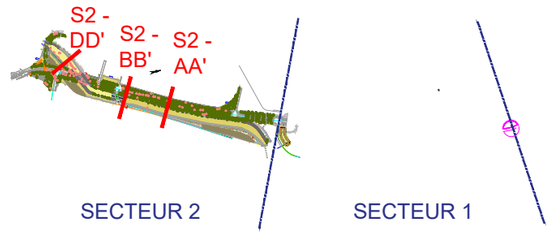
PLAN N°
3.4
ECH: -

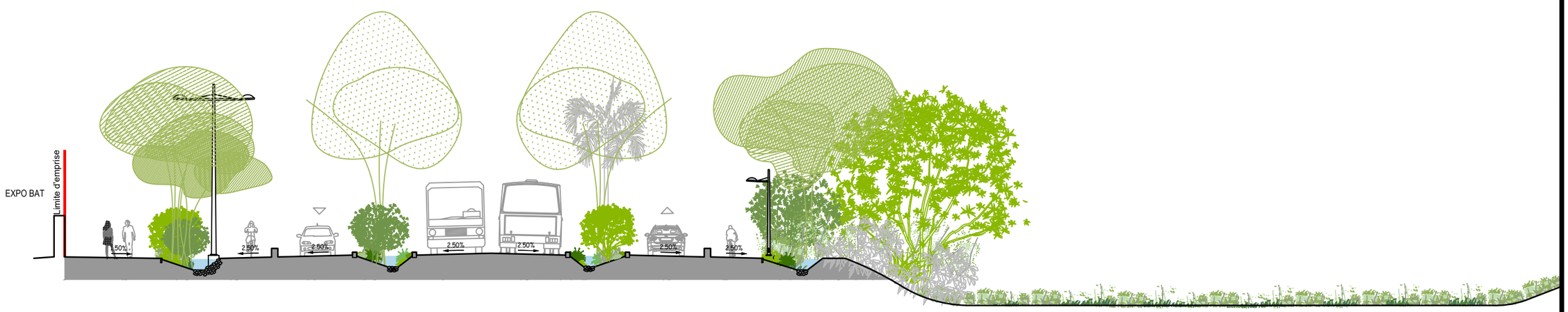
Date de l'impression:

Fichier :

N° coupe	COUPES GENERALES	Echelle	Format
AA'	SECTEUR 2 - Coupe AA'	1/200e	A3
BB'	SECTEUR 2 - Coupe BB'	1/200e	A3
DD'	SECTEUR 2 - Coupe DD'	1/200e	A3

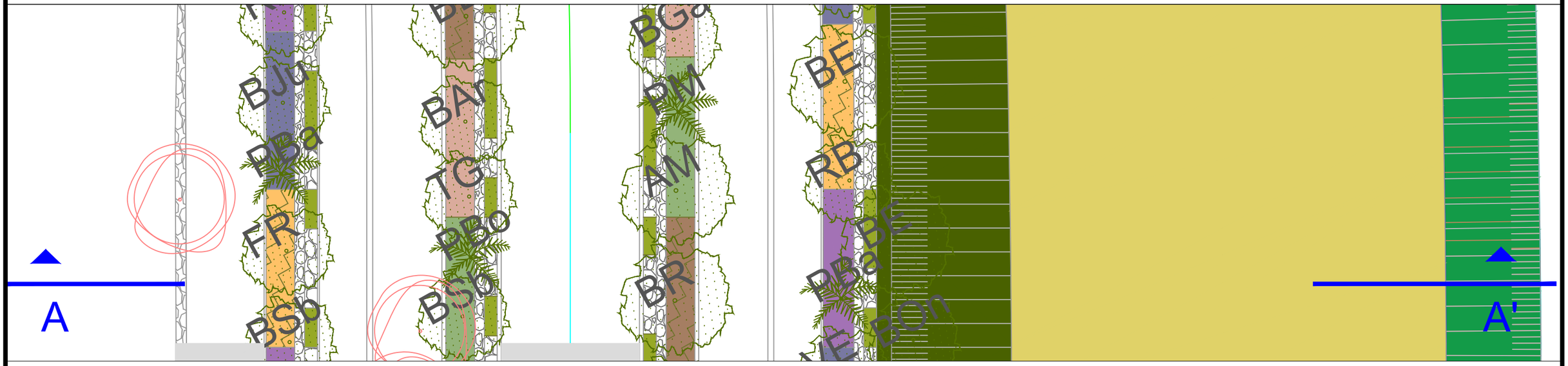
N° détail	DETAILS	Echelle	Format
DP-01	Stratégie de plantation de l'Axe mixte	-	A3
DP-02	Coupe détaillée des noues - principe A	1/25e-1/50e	A3
DP-03	Coupe détaillée des noues - principe B	1/25e-1/50e	A3
DP-04	Principe de plantation massif noue	1/25e	A3

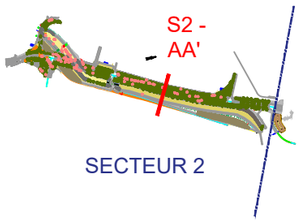




Trottoir (béton balayé)	Noue plantée	Piste cyclable (enrobé coloré)	Voirie (enrobé noir)	Noue plantée	TCSP (dalle béton - revêtement en béton balayé)	Noue plantée	Voirie (enrobé noir)	Piste cyclable (enrobé coloré)	Noue plantée	Berge boisée	Ravine la Plaine
4.50	2.80	2.70	3.50	3.00	7.00	3.00	3.50	2.30	2.80	variable	

35.00





Date de l'impression:

Projet relatif à l'axe mixte (RN7) et aux infrastructures connexes

SECTEUR 2

Coupe AA'

Ech: 1/200

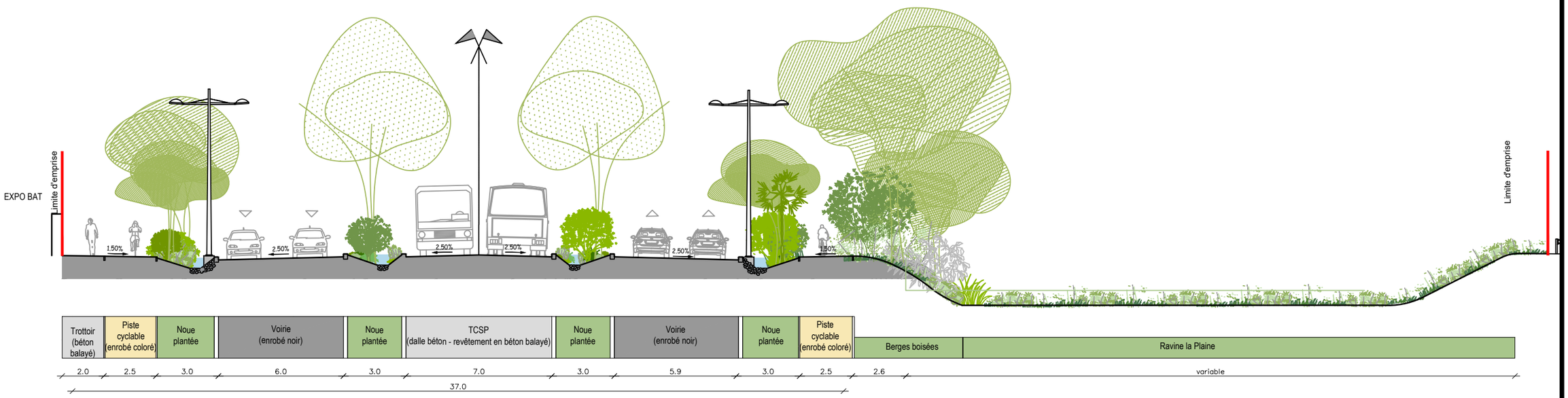
Phase : PRO

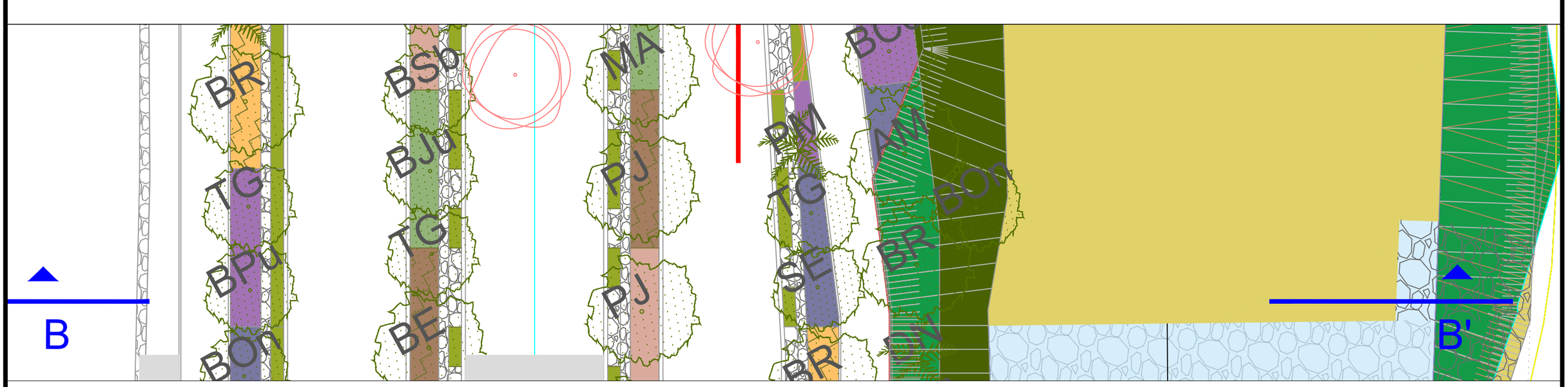
ARTELIA

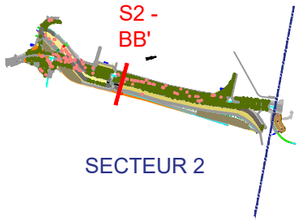
VILLES & PAYSAGES

TP Ingénierie Conseil

ZONE UP







SECTEUR 1

SECTEUR 3

Date de l'impression:

Projet relatif à l'axe mixte (RN7) et aux infrastructures connexes

SECTEUR 2

Coupe BB'

Ech: 1/200

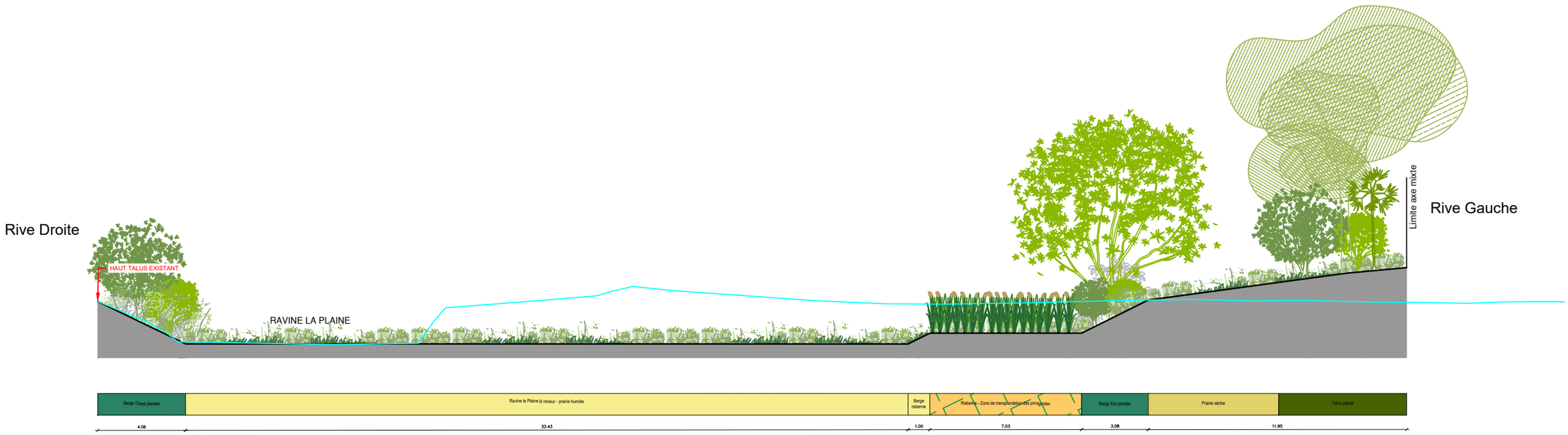
Phase : PRO

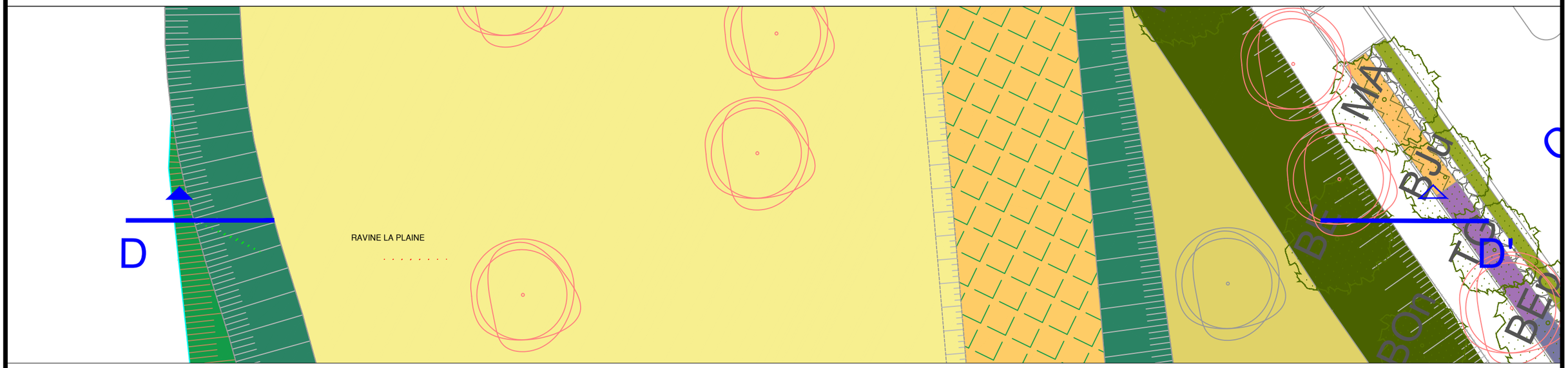
ARTELIA

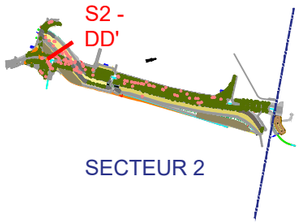
VILLES & PAYSAGES

TP Ingénierie Conseil

ZONE UP







SECTEUR 2

SECTEUR 1

SECTEUR 3

Date de l'impression:

Projet relatif à l'axe mixte (RN7) et aux infrastructures connexes

SECTEUR 2

Coupe DD'

Ech: 1/200

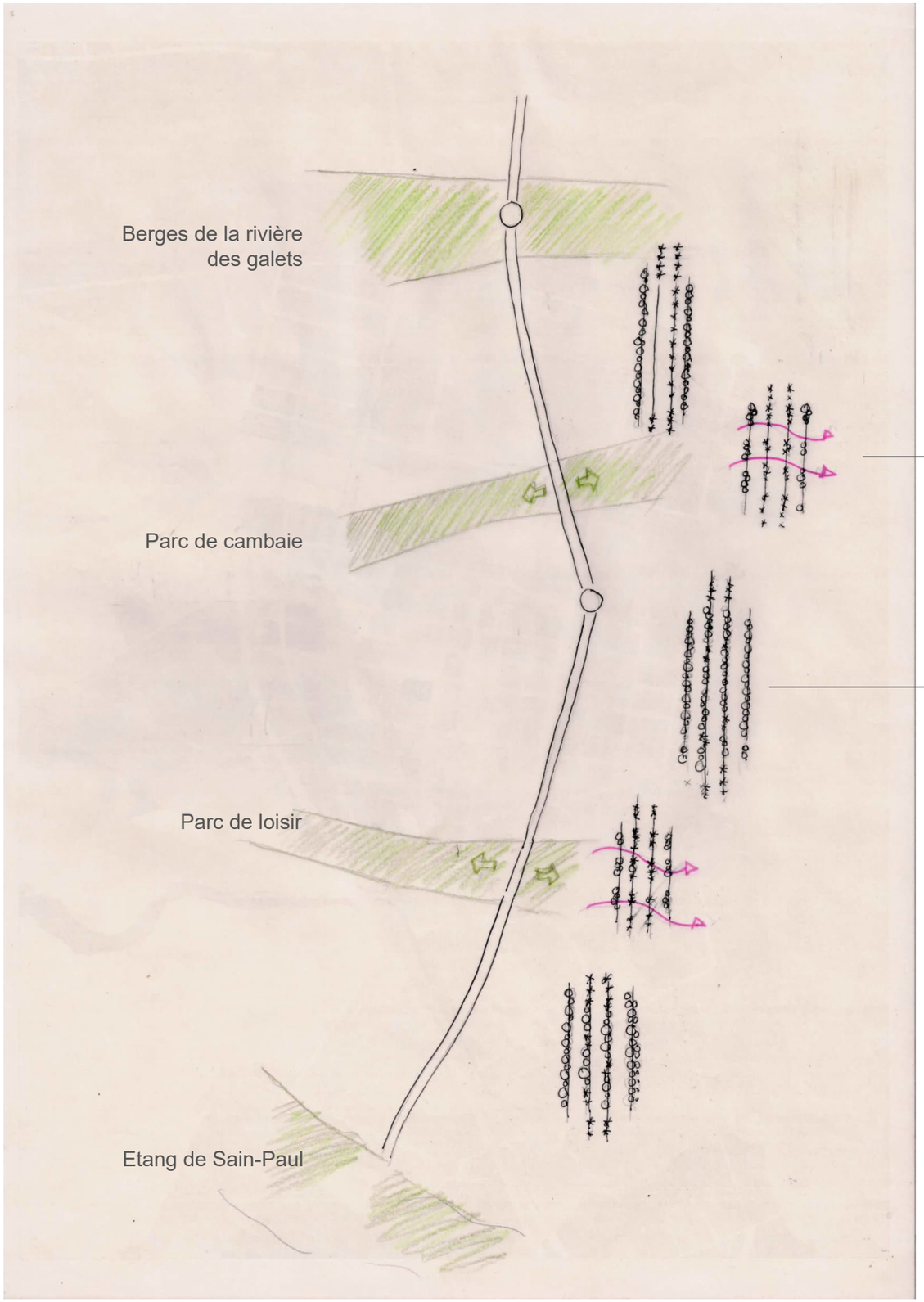
Phase : PRO

ARTELIA

VILLES & PAYSAGES

TP Ingénierie Conseil

ZONE U·P



Section Grand Paysage soulignée de palmiers :

> ouverture visuelle à travers une dominante de palmiers sur axe central

Section Urbaine :

> majorité d'arbres en variété (confort bioclimatique et biodiversité)

Date de l'impression:

Projet relatif à l'axe mixte (RN7)
et aux infrastructures connexes

SECTEUR 2

DP-01 : Stratégie de plantation

Ech: -

Phase : PRO

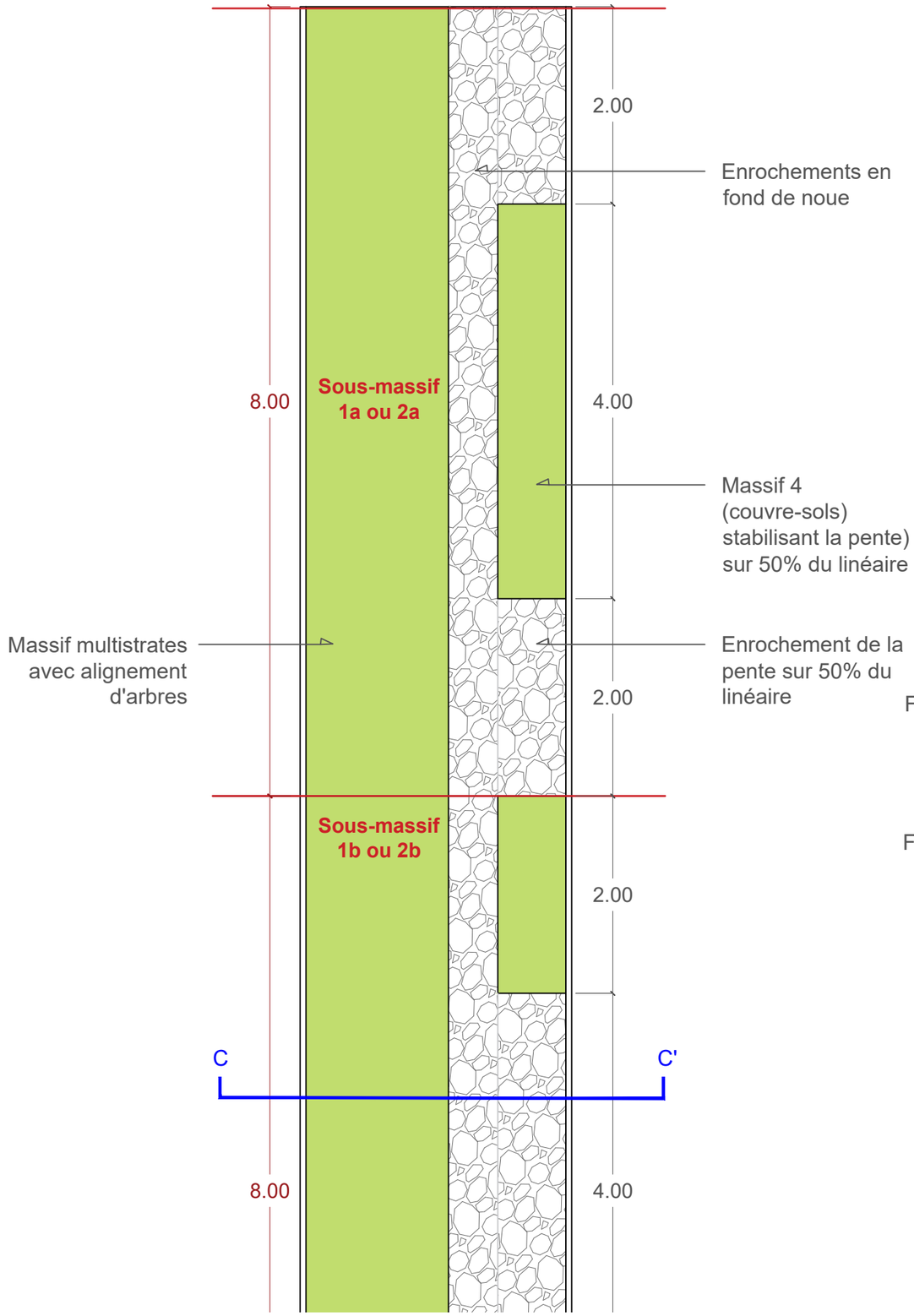
ARTELIA

VILLES & PAYSAGES

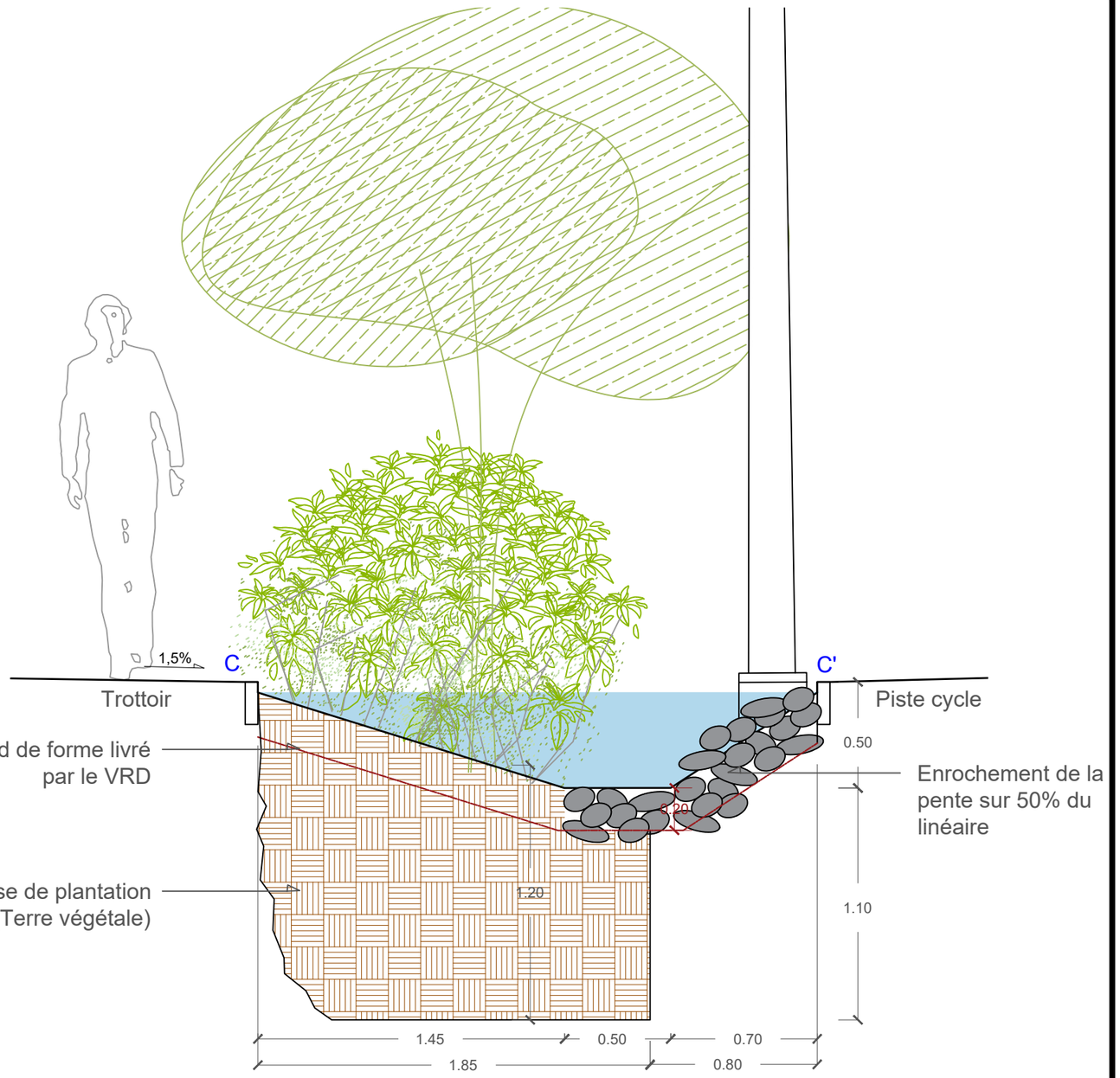
TP Ingénierie Conseil

ZONE UP

Principe de séquence des noues (1/50e)



Détail en coupe des noues (1/25e)



Date de l'impression:

Projet relatif à l'axe mixte (RN7) et aux infrastructures connexes

SECTEUR 2

DP-02 : Noues Principe A

Ech: 1/25

Phase : PRO

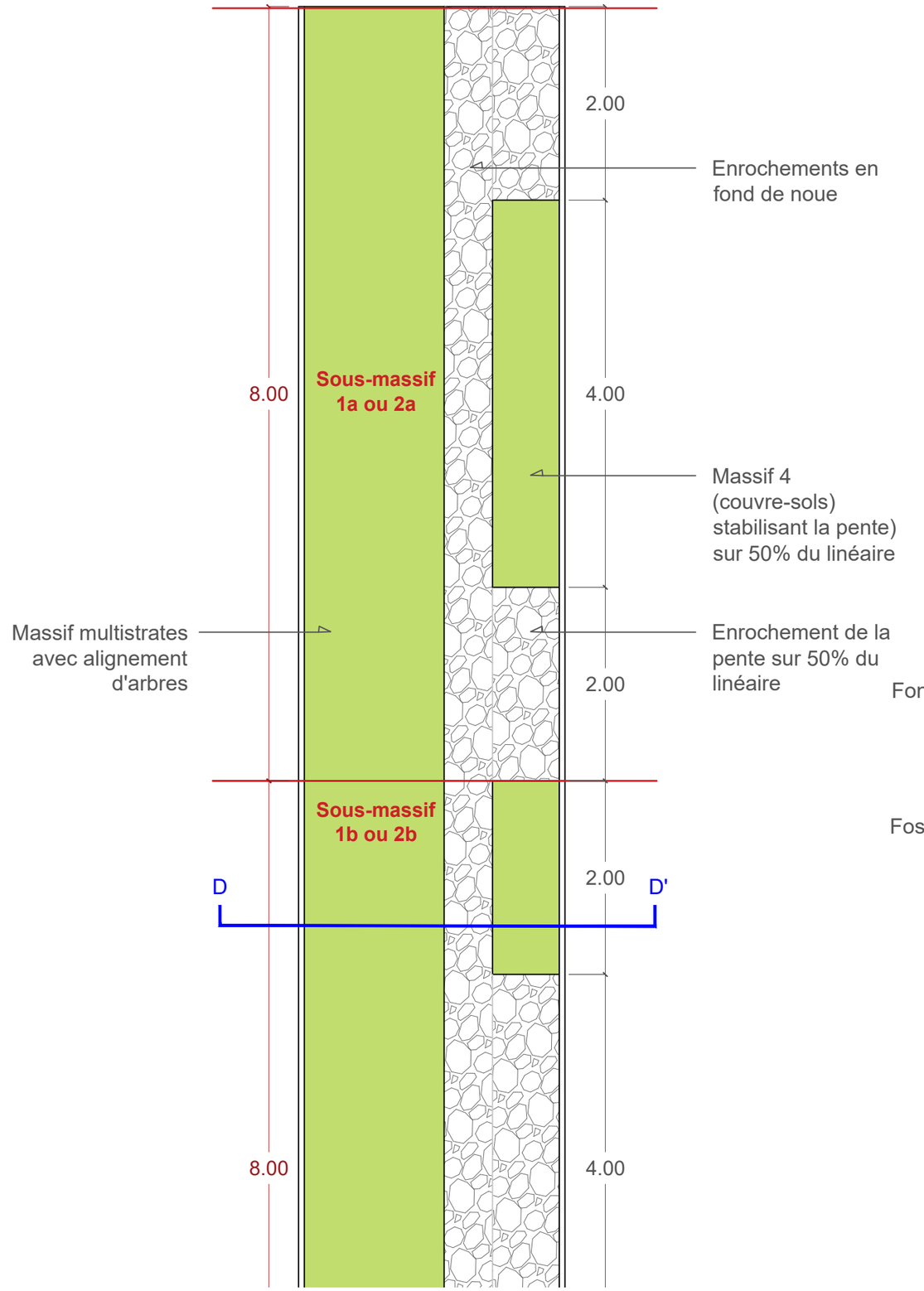
ARTELIA

VILLES & PAYSAGES

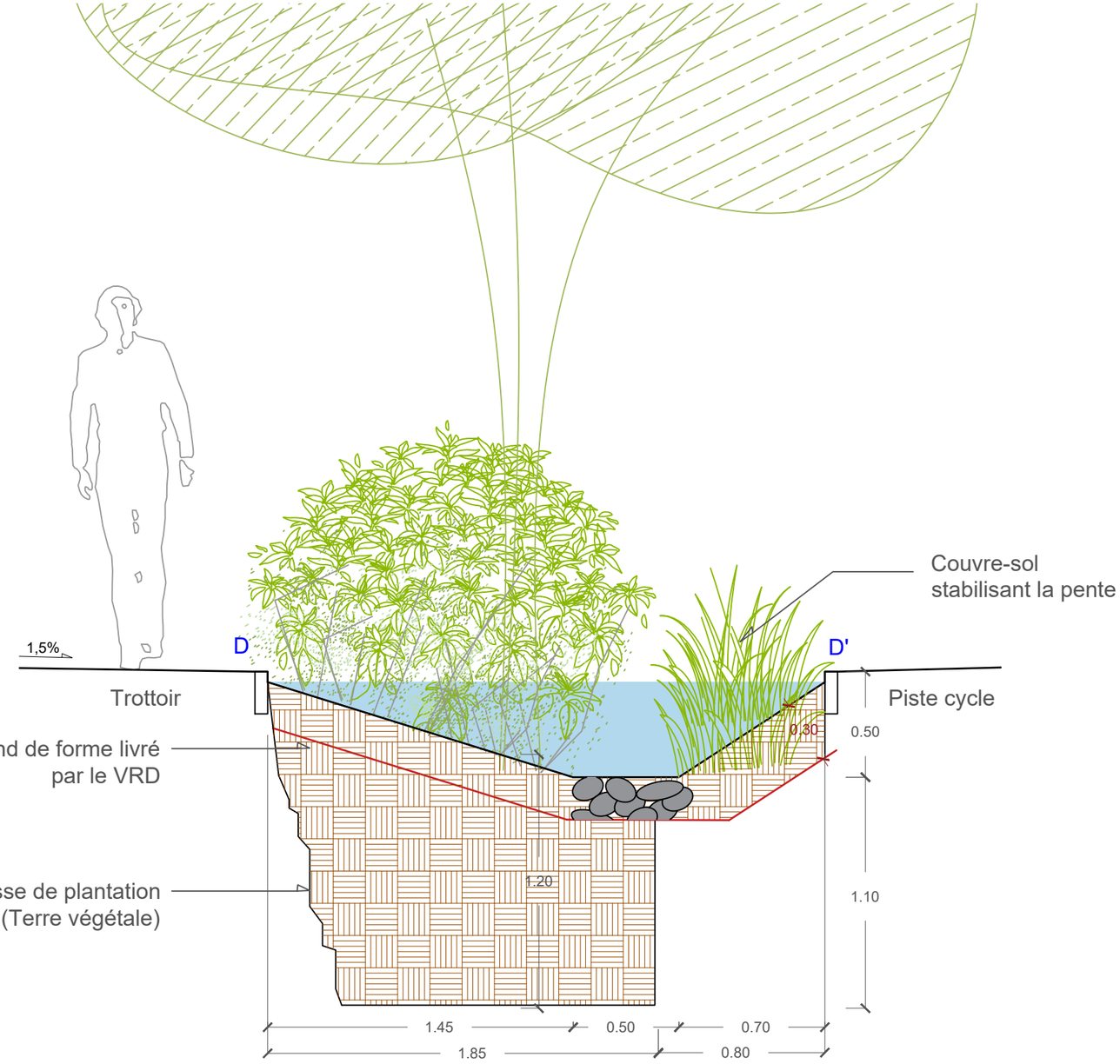
TP Ingénierie Conseil

ZONE UP

Principe de séquence des noues (1/50e)



Détail en coupe des noues (1/25e)



Date de l'impression:

Projet relatif à l'axe mixte (RN7) et aux infrastructures connexes

SECTEUR 2

DP-03 : Noues Principe B

Ech: 1/25

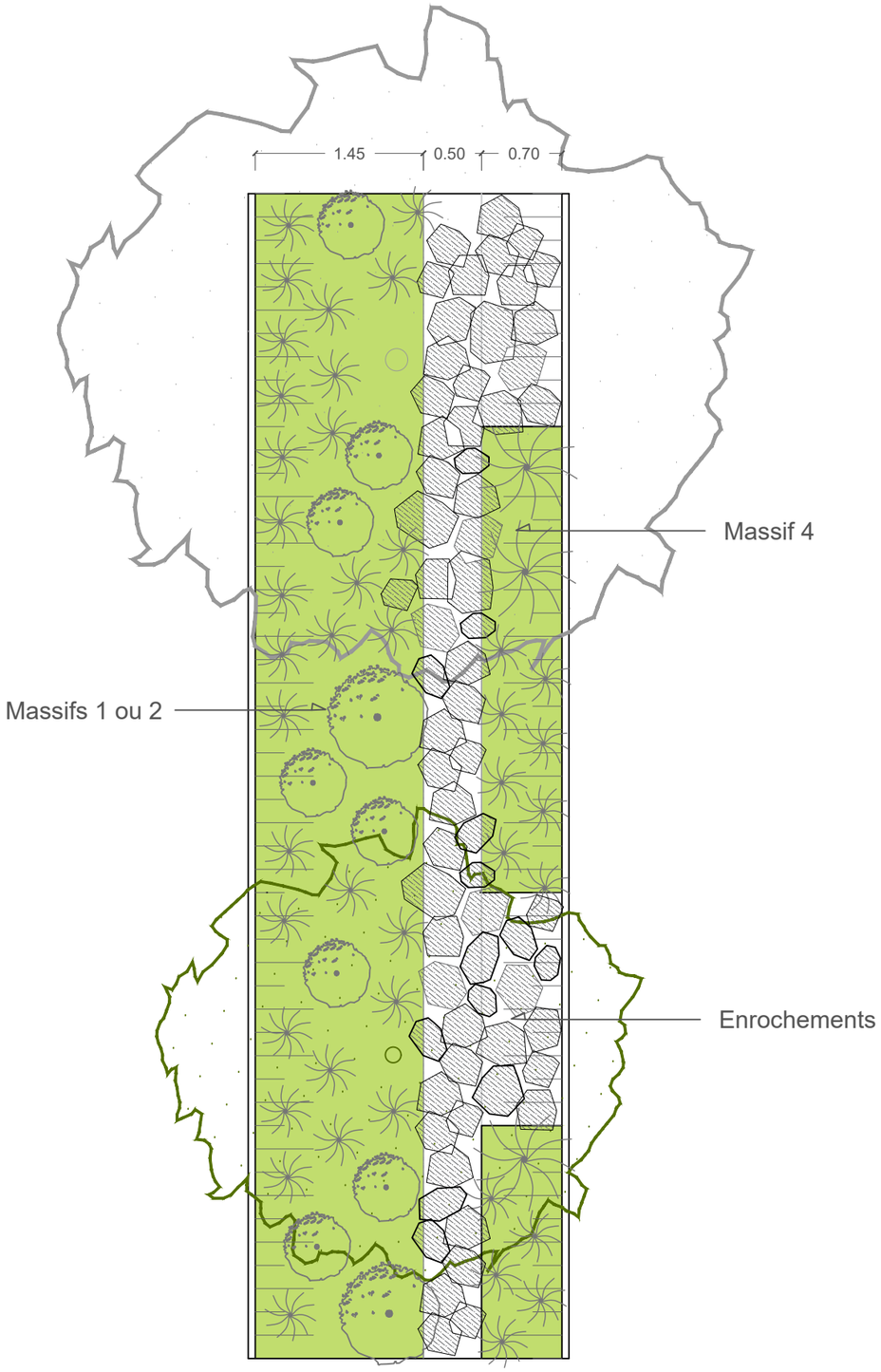
Phase : PRO

ARTELIA

VILLES & PAYSAGES

ZONE UP

Principe de plantation des massifs dans les noues (massifs 12 et 4) - 1/50e



MASSIFS 1 et 2

Arbustes 50% entre 1 et 2u/m²		40/60
Couvre-sol 50% 4u/m² en moyenne		20/40
Enrochements 20%		

MASSIF 4

Vetiver 30% 2u/m²		toufette
Couvre-sol 70% 4u/m²		20/40

Date de l'impression:

Avant-projet relative à l'axe mixte (RN7) et aux infrastructures connexes

SECTEUR 2

DP-04 : Principe de plantation

Ech: 1/50

Phase : PRO

ARTELIA

VILLES & PAYSAGES

TP Ingénierie Conseil

ZONE UP