CREATION D'UN QUATRIEME TERMINUS POUR LE RESEAU DE TRAMWAY DE BESANÇON

-

Annexes

Table des matières

1 ANNEXE 1 : INFORMATIONS NOMINATIVES DU MAITRE D'OUVRAGE

2 ANNEXE 3 : PLAN DE SITUATION AU 1/25 000

3 ANNEXE 4 : PHOTGRAPHIES DU LIEU D'IMPLANTATION

4 ANNEXE 5 : PLAN DU PROJET

5 ANNEXE 6 : PLAN DES ABORDS DU PROJET AU 1/5 000

6 ANNEXE 7 : LOCALISATION DES SITES NATURA 2000

7 ANNEXE A : CALENDRIER PREVISIONNEL DES TRAVAUX

8 ANNEXE B : EXTRAIT DE L'ETUDE D'IMPACT DU PORJET URBAIN GRETTE-BRULARD ET POLYGONES

9 ANNEXE C : ANALYSE COMPARATIVE DES TROIS SCENARIOS DU PROJET ISSUE DES ETUDES PRELIMINAIRES

1 ANNEXE 1 : IMPORMATIONS NOMINATIVES DU MAITRE D’OUVRAGE

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
Ministère chargé de l'environnement

Annexe n°1 à la demande d'examen au cas par cas préalable à la réalisation d'une étude d'impact

Informations nominatives relatives au maître d'ouvrage ou pétitionnaire

À JOINDRE AU FORMULAIRE CERFA N° 14734

NOTA : CETTE ANNEXE DOIT FAIRE L'OBJET D'UN DOCUMENT NUMÉRISÉ PARTICULIER LORSQUE LA DEMANDE D'EXAMEN AU CAS PAR CAS EST ADRESSÉE À L'AUTORITÉ ENVIRONNEMENTALE PAR VOIE ÉLECTRONIQUE

Personne physique

Adresse

Numéro	4	Extension		Nom de la voie	rue Plançon
	Anne VIGNOT Présidente				
Code Postal	2 5 0 0 0	Localité	BESANCON	Pays	FRANCE
Tél	381878889	Fax			
Courriel	herve.girardot@grandbesancon.fr				

Personne morale

Adresse du siège social

Numéro	4	Extension		Nom de la voie	rue Plançon
	GRAND BESANCON METROPOLE				
Code postal	2 5 0 0 0	Localité	BESANCON	Pays	FRANCE
Tél		Fax			
Courriel	herve.girardot@grandbesancon.fr				

Personne habilitée à fournir des renseignements sur la présente demande

Nom	GIRARDOT	Prénom	Hervé
Qualité	Chargé d'opérations		
Tél	381878990	Fax	
Courriel	herve.girardot@grandbesancon.fr		

En cas de co-maîtrise d'ouvrage, listez au verso l'ensemble des maîtres d'ouvrage.

Co-maîtrise d'ouvraae

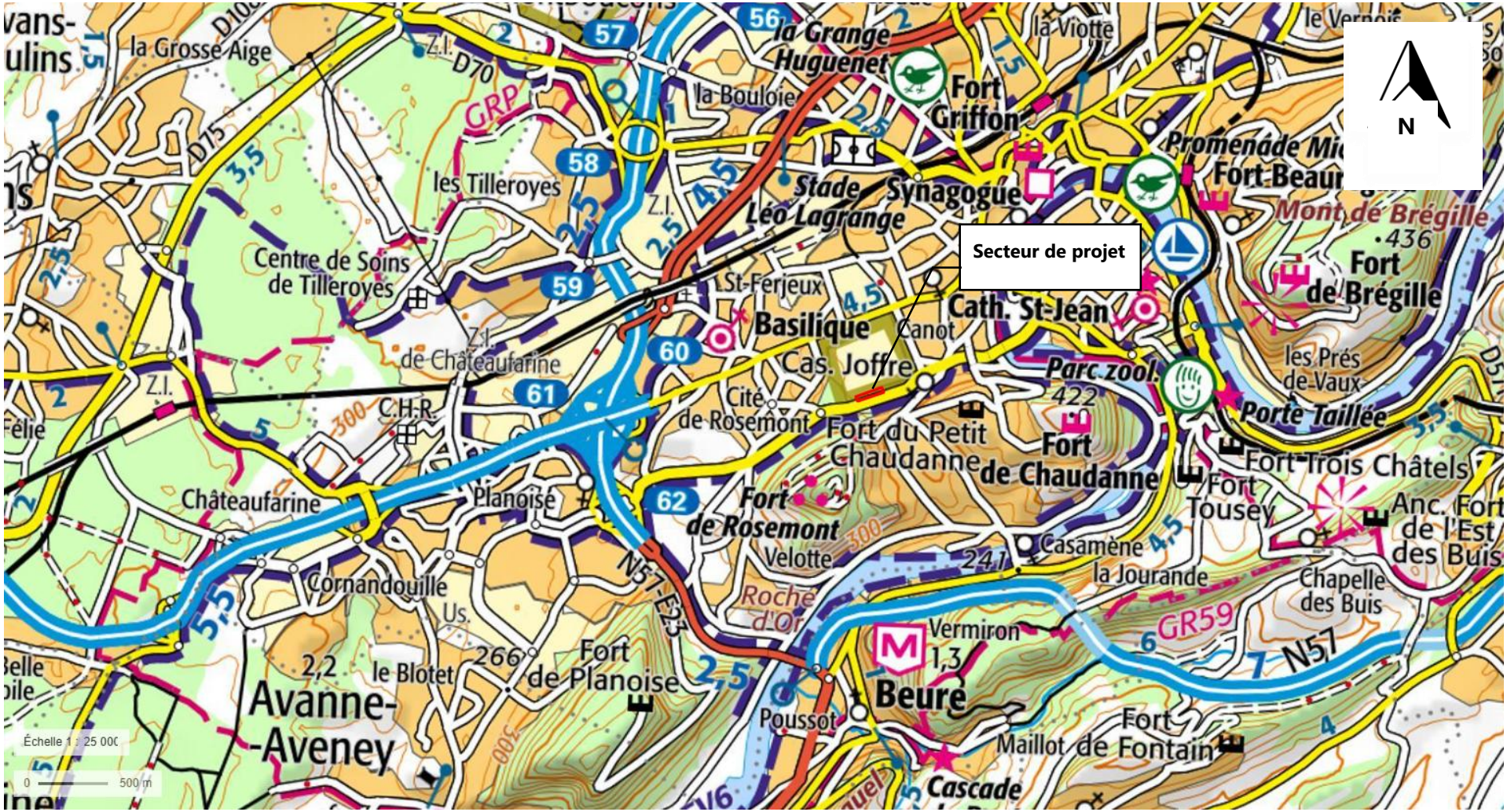
2 . ANNEXE 3 : PLAN DE SITUATION AU 1/25 000

Annexe 3 : Plans au 1/25 000ème du site d'implantation du projet



Vue aérienne au 1/25 000 ème (Source : Photographie aérienne, Géoportail, 2023)

Annexe 3 : Plans au 1/25 000ème du site d'implantation du projet



Vue sur plan IGN au 1/25 000 ème (Source : Plan IGN, Géoportail)

3. ANNEXE 4 : PHOTOGRAPHIES DU LIEU D’IMPLANTATION

Annexe 4 : Photographies du lieu d'implantation du projet



Photo 1 – Vue proche depuis la rue du Général Brulard au niveau du carrefour 402 : Brulard /Accès école. (Source :* StreetView, Google maps, 2024*)

Annexe 4 : Photographies du lieu d'implantation du projet



Photo 2 - Vue proche depuis la rue du Général Brulard au niveau du carrefour 403 : Brulard /Accès 408 Ouest. (Source :* StreetView, Google maps, 2024*)

Annexe 4 : Photographies du lieu d'implantation du projet



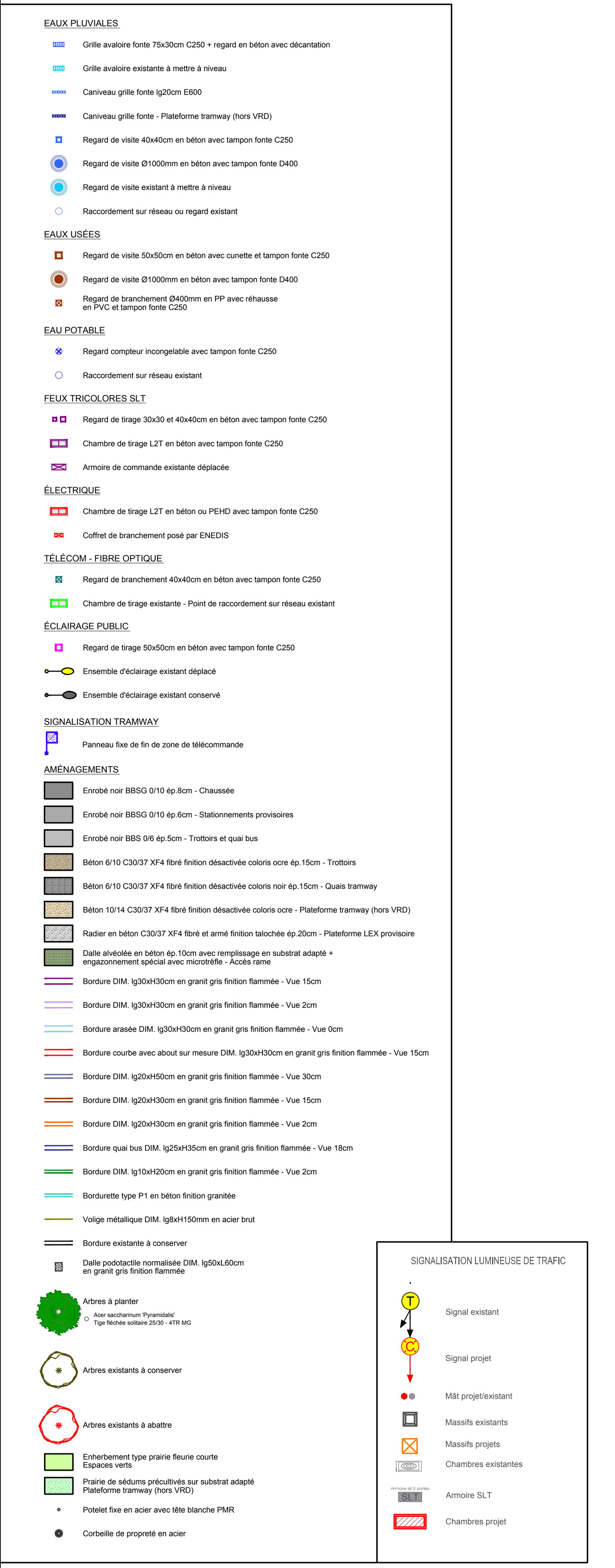
Photo 3 - Vue lointaine depuis la rue du Général Brulard au niveau du carrefour 403 : Brulard /Accès 408 Ouest. (Source :* StreetView, Google maps, 2024*)


Annexe 4 : Photographies du lieu d'implantation du projet



Localisation des vues sur le site, vue aérienne (source : photographie aérienne, Google maps, 2022)

4. ANNEXE 5 : PLAN DU PROJET





GRAND BESANCON METROPOLE

2 rue Mégevand
25034 BESANCON

Création d'un quatrième terminus pour le réseau de tramway de Besançon

PHASE ACT

Mission	Pièce N°	Indice
MOE	3.1	B
N°Affaire	Emetteur	Echelle
LRTFRA2300	EGIS	1/250°
FICHIER	Fichier: T8200-ACT-PY-4TER-E-EG-P-00001-B.dwg	

Synthèse des aménagements en surface

MODIFICATIONS

Indice	Date	Libellé
A	23/05/2025	ORIGINAL
B	04/07/2025	Mise à jour (déplacement LEX)
.	.	.
.	.	.
.	.	.
.	.	.
.	.	.

Maitre d'Oeuvre - Mandataire	Bureau d'études VRD / Paysage - Sous-traitant
EGIS Immeuble Le Carat 170 Avenue Thiers 69455 LYON Cedex 06	**BUREAU DU PAYSAGE SAS** 118 route d'Audincourt 25200 MONTBELIARD Tél : 03.81.91.81.37 bureau.du.paysage@orange.fr

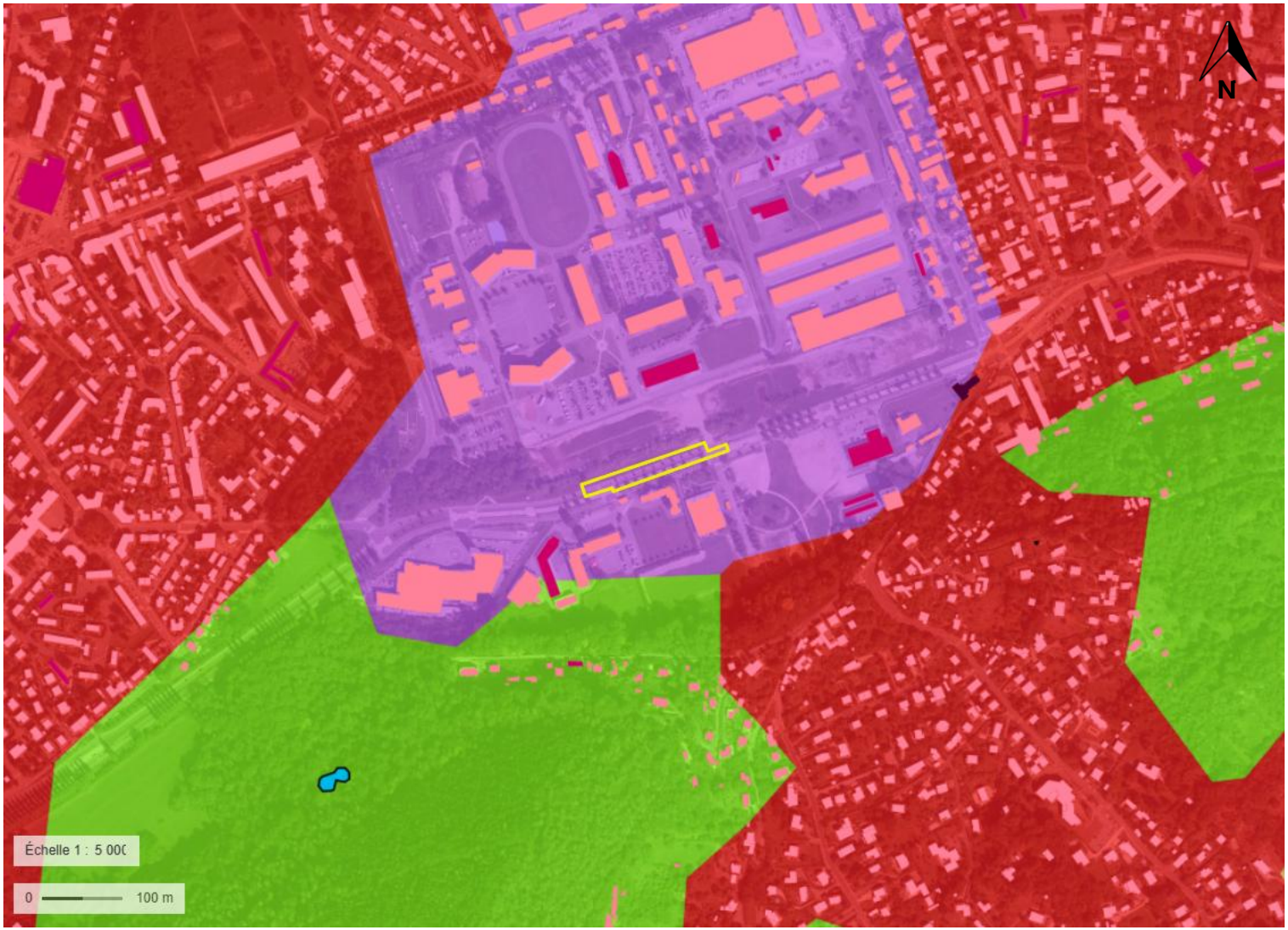
Rédigé par :	Le :	Vérifié et validé par :	Le :
Henri GENSBURGER	04/072025	Marion COMBAZ	04/072025

identifiant projet

N° d'ident. Réf.	T8200	ACT	PY	4TER	E	EG	P	00001	B
	Code tech	Phase	Type	Projet	Sujet	Emetteur	Code	N° Chrono	Indice

5. ANNEXE 6 : PLAN DES ABORDS DU PROJET AU 1/5 000

Annexe 6 : Plan des abords du projet au 1/5 000ème



Affectation des terrains et des bâtiments avoisinant le lieu d'implantation du projet, prise de vue au 1/5 000ème (Source : Géoportail - Année et résolution de la prise de vue aérienne : 2023, 20 cm)

Annexe 6 : Plan des abords du projet au 1/5 000ème

Légende

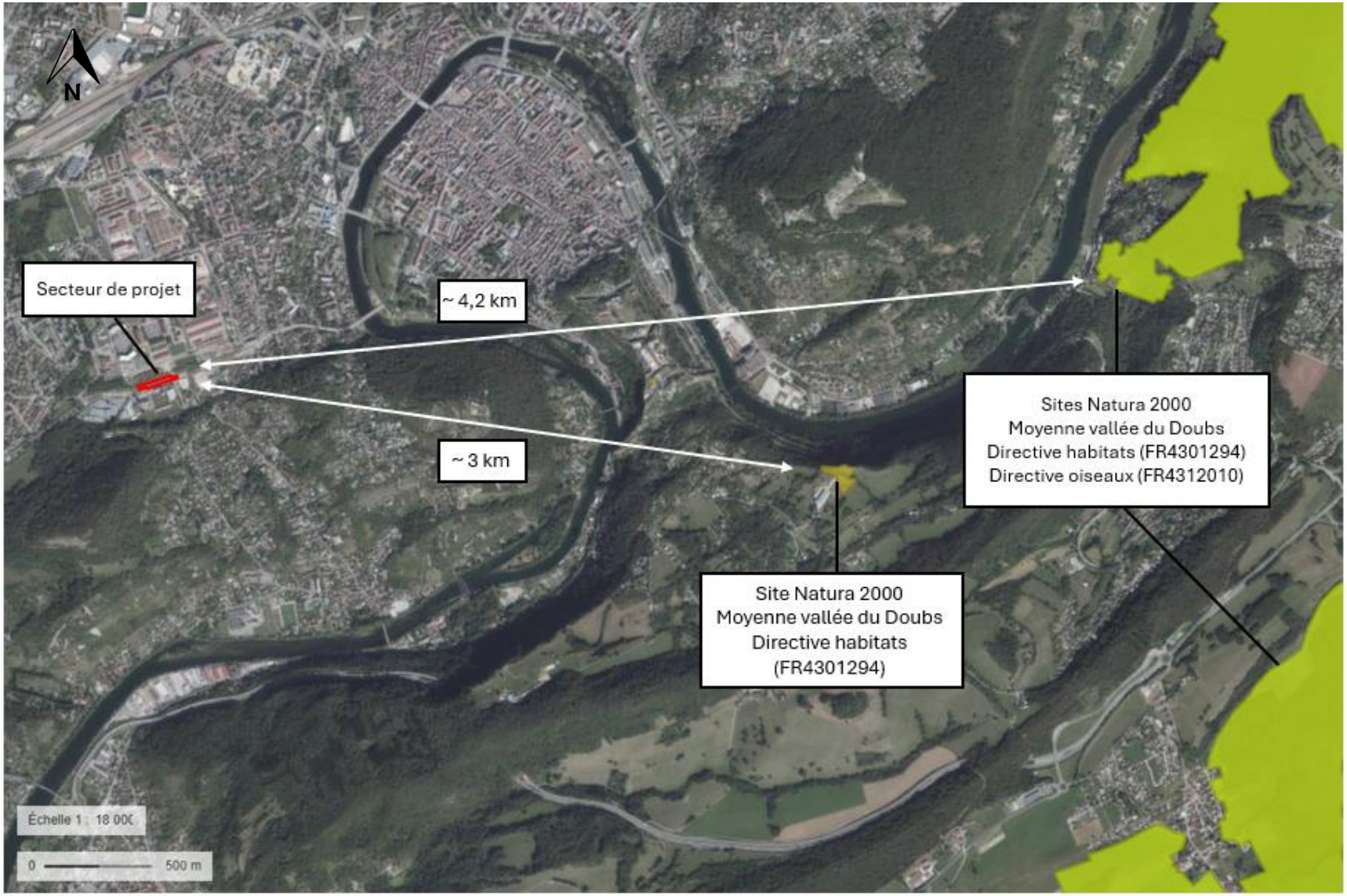
Secteur de projet





6. ANNEXE 7 : LOCALISATION DES SITES NATURA 2000

Annexe 7 : Localisation des sites Natura 2000 par rapport au site du projet



Localisation des sites Natura 2000 les plus proches du site d'implantation du projet (Source : Géoportail, 2023)

7. ANNEXE A : CALENDRIER PREVISIONNEL DES TRAVAUX

Annexe A : Calendrier prévisionnel des travaux

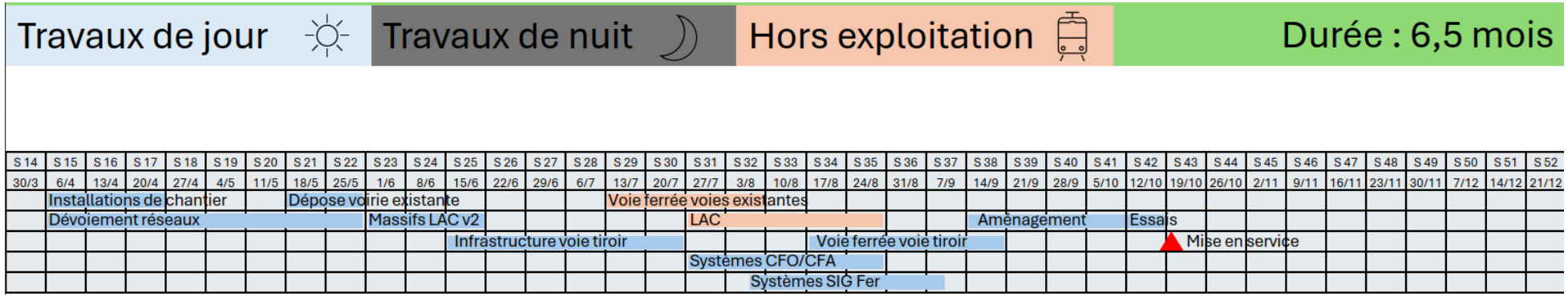
TABLEAU 1 : PLANNING GENERAL DES TRAVAUX

Période	Travaux
Avril 2026	Installations de chantier, dévoiement réseaux
Mai 2026	Dépose de la voirie existante, dévoiement réseaux
Juin 2026	Travaux d'infra : massif LAC et multi
Juillet 2026	Travaux d'infras : terrassements généraux
Août 2026	Coupure exploitation : travaux sur voies existantes et LAC
Septembre 2026	Travaux de voir ferrée sur voir tiroir et Aménagements urbains
Octobre 2026	Voirie, équipements et essais

Les travaux sont donc prévus sur une période de six mois et demi, de début avril au milieu du mois d'octobre, avec une coupure de cinq semaines, du 27 juillet eu 28 août.

Annexe A : Calendrier prévisionnel des travaux

TABLEAU 2 : PLANNING DETAILLE DES TRAVAUX



8. ANNEXE B : EXTRAIT DE L'ETUDE D'IMPACT DU PORJET URBAIN GRETTE-BRULARD ET POLYGONES

8. MILIEU NATUREL

Dans le cadre de la réalisation de cette étude, la société ECR Environnement a réalisé une expertise écologique sur l'ensemble du périmètre d'étude défini sur le secteur des Polygones, Grette et Brulard.

Ainsi, 4 campagnes d'inventaires naturalistes ont été effectuées afin d'observer les espèces pendant toutes les saisons.
En plus de ces inventaires, un diagnostic phytosanitaire a été effectué par la société Forest Allia. Ce diagnostic a pour but de cibler les arbres menaçant la sécurité d'autrui ainsi que les arbres « remarquables » pour leur intérêt écologique, esthétique ou encore historique. Cette étude est présentée au sein d'un document indépendant.

8.1. Méthodologie

Une étude sur le milieu naturel se réalise en plusieurs étapes afin de comprendre au mieux comment l'environnement s'articule au sein et autour du site du projet et il est nécessaire de bien analyser le milieu naturel pour que le futur projet puisse correctement s'adapter à celui-ci.

- Initialement, il s'agit de définir une aire d'étude autour du site d'emprise du projet qui correspond à la zone d'investigation des inventaires. En effet, un projet peut occasionner des impacts sur le milieu naturel à proximité ainsi que sa composante, il est donc nécessaire d'étudier également les milieux environnants pour anticiper au mieux les incidences potentielles.

Une analyse bibliographique a été menée grâce aux données provenant de l'organisme Sigogne car nous considérons que les inventaires ne permettront pas d'établir une liste exhaustive des espèces. De ce fait, les espèces de la bibliographie pouvant au regard des habitats, être présentes au sein de l'aire d'étude, ont été recherchées. Cette bibliographie fait l'objet d'un dossier séparé présent en Annexe 3 de ce rapport.

- Un inventaire de la faune et de la flore sur une année est réalisé au sein de l'aire d'étude précédemment définie. Dans le cadre d'une bio-évaluation pertinente de la qualité faunistique de l'aire d'étude, huit principaux taxons ont retenu notre attention compte tenu de leur richesse relative et de leur sensibilité potentielle – qui leur confère un statut de bioindicateur : les oiseaux, les mammifères (les chiroptères sont traités dans une partie à part entière), les reptiles, les amphibiens, les lépidoptères diurnes, les orthoptères (sauterelles et criquets), les odonates et les coléoptères remarquables. Quant à la flore, il n'y a pas de restriction, toutes les espèces présentes au sein de l'aire d'étude doivent être inventoriées.
- Ces groupes faunistiques et l'ensemble de la flore sont en effet régulièrement employés dans les études sur les écosystèmes, que ce soit en matière de potentialités alimentaires pour la faune présente, d'écologie du paysage, de fonctionnalité du milieu ou de gestion des milieux.
- À la suite des inventaires, une analyse des données est menée pour évaluer des enjeux de conservation écologique de la flore, de la faune et des habitats. L'enjeu d'une espèce est principalement basé sur son niveau de protection, sa rareté, son intérêt patrimonial et son statut de conservation.
- Enfin, une analyse du fonctionnement écologique local est réalisée afin de mettre en évidence des corridors écologiques et/ou des réservoirs de biodiversité à l'échelle du projet.

8.1.1. Aire d'étude

L'étude écologique est menée à diverses échelles selon les sensibilités et les milieux concernés.

En premier lieu, la **zone d'étude,** aussi appelée **aire d'étude immédiate**, permet de préciser les aires d'occupation des espèces et la nature de leur présence sur les terrains du projet. De même, l'occurrence des espèces à enjeux est analysée à cette échelle ce qui permet d'affiner la hiérarchisation des enjeux locaux.

Une **aire d'étude rapprochée** est prise en compte. Elle englobe les milieux limitrophes de l'aire du projet ainsi que les milieux plus ou moins éloignés qui sont de même nature ou qui peuvent être en lien avec les terrains du projet. C'est au sein de cette aire que les tous les inventaires sont réalisés.

On note également que le zonage du patrimoine naturel réalisé dans le cadre de cette étude a été défini sur une **aire d'étude étendue** plus grande de l'ordre de 5 km (au-delà, les connexions écologiques sont en général considérées comme trop éloignées) autour de l'aire du projet. C'est au sein de cette aire que les patrimoines naturels sont étudiés.

L'aire d'étude définie dans le cadre de l'expertise faune-flore-habitats est localisée sur la commune de Besançon au sein du département du Doubs dans la région Bourgogne-Franche-Comté.

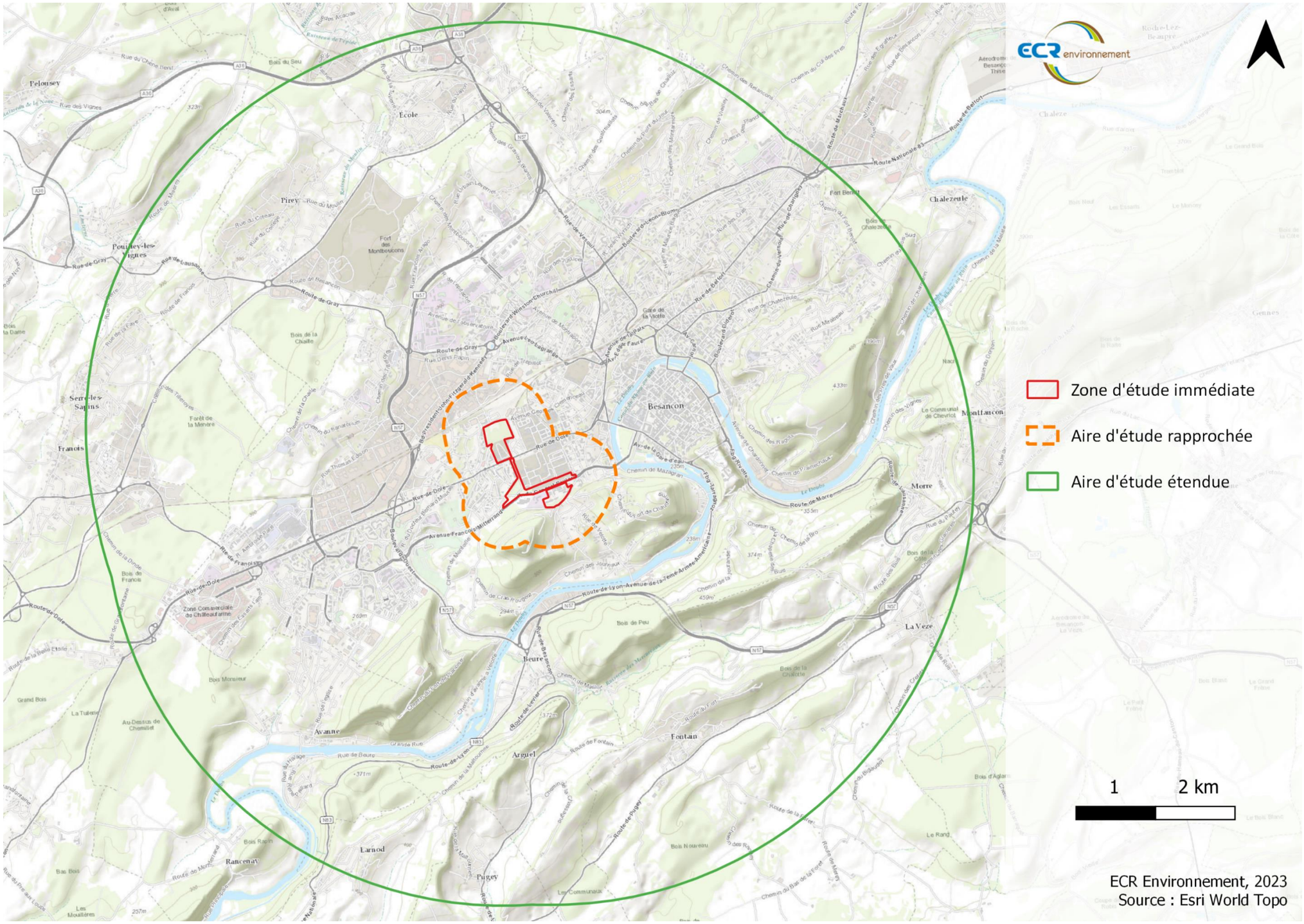


Figure 48 : Plan de localisation

8.1.2. Méthodologie d'inventaire

Flore et habitats

Les relevés floristiques ont été effectués sur des surfaces floristiquement homogènes. Une liste d'espèces a été établie : celle-ci est présentée en **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**. Les espèces d'intérêt, lorsqu'elles sont présentes sur la z one d'étude, sont localisées de manière précise.

Les relevés sont réalisés selon la méthode phytosociologique classique de Braun-Blanquet, qui consiste à décrire les associations végétales. Pour cela, les relevés de végétation suivent ces différentes étapes :

- Etape 1 : Délimitation de la zone ayant des conditions homogènes (physionomie, topographie, …).
- Etape 2 : Description des paramètres stationnels (localisation, topographie, exposition, …).
- Etape 3 : Liste de l'ensemble des espèces végétales présentes dans la zone.
- Etape 4 : Attribution d'un coefficient d'abondance-dominance par strate (herbacée, arbustive et arborescente).

Coefficients d'abondance-dominance	
5	Recouvrement (R) > 75%
4	50 < R < 75%
3	25 < R < 50%
2	5 < R < 25%
1	1 < R < 5%
+	Plante peu abondante et R < 1%
r	Plante rare
i	Un seul individu

Les groupements végétaux sont ensuite caractérisés et comparés avec la typologie de référence EUNIS (*European Nature Information System*) qui remplace la typologie CORINE Biotopes, afin de définir les habitats présents et lorsque cela est possible, la correspondance phytosociologique avec le Prodrome des Végétations de France est donnée. Si un habitat d'intérêt communautaire est présent sur l'aire d'étude, son code Natura 2000 (code EUR 28) est précisé.

Faune

- **Avifaune**

Les oiseaux ont fait l'objet de relevés ponctuels liés à l'écoute, aux déplacements et à l'observation directe. La méthode utilisée est « l'Indice Ponctuel d'Abondance » (IPA). Le relevé consiste en un point d'écoute fixe de 10 à 20 min sur chaque station échantillon. Plusieurs stations échantillons sont mises en place, afin de sonder un maximum d'habitats présents sur les terrains concernés par le projet ainsi que dans l'aire d'étude rapprochée.

Cette stratégie d'échantillonnage permet d'étudier l'aspect qualitatif de type « présence-absence » et permet d'identifier les aires de présence des espèces au sein de chaque unité écologique. Plusieurs points d'écoute ont été effectués au cours de chaque campagne écologique. Ils sont associés à des transects le long desquels un inventaire visuel est réalisé.

- **Mammifères (hors chiroptères)**

L'observation à vue des mammifères étant difficile, l'essentiel de l'inventaire est basé sur la bibliographie et la recherche d'indices de présence (fèces, empreintes, restes de repas, …).

- **Chiroptères**

L'inventaire des chiroptères a été réalisé en différentes étapes. La première étape consiste en un repérage diurne des sites favorables et des éventuels gîtes (arbres à cavités et bâtiments abandonnés notamment). La seconde phase d'inventaires de terrain reposera sur l'étude des ultrasons qu'émettent les chiroptères lors de leur déplacement ou en chasse. Plusieurs campagnes de prospection auront lieues et deux méthodes seront employées :

- L'écoute active, à l'aide d'un détecteur d'ultrasons Pettersson D240 X (système hétérodyne et expansion de temps) débutera au crépuscule jusqu'à environ 4 heures après le coucher du soleil, durant le pic d'activité des chiroptères. Elle consistera en des points d'écoutes fixes de 10 minutes complétés par des transects d'écoutes reliant ces derniers. Une description des paramètres biotiques et abiotiques sera effectuée pour chacune de ces écoutes.
- L'écoute passive sera également mise en place grâce à un boitier d'enregistreur automatique à ultrasons afin de connaitre l'activité des chiroptères sur site et leur densité. Grâce au logiciel Sonochiro, un traitement des sons sera effectué pour identifier l'espèce enregistrée.

L'identification des individus, en général jusqu'à l'espèce, pourra avoir lieu instantanément sur le terrain, ou bien les signaux seront enregistrés et identifiés ultérieurement par le biais d'une analyse sur logiciel spécialisé (Sonochiro). Une vérification sera établie en appliquant la méthode d'identification acoustique des chiroptères de Michel BARATAUD (2015), basé sur l'écoute et l'analyse des signaux en modes hétérodynes et expansion de temps.

- **Reptiles**

Ce taxon étant particulièrement discret, la stratégie d'échantillonnage adoptée doit permettre de multiplier les chances de les rencontrer. Il s'agit donc de coupler un inventaire ciblé à une recherche standardisée le long de transects. Cette technique permet d'analyser l'abondance des espèces en quantifiant le nombre d'individus sur un linéaire.

Les caches telles que les troncs d'arbres au sol et pierres sont inspectées. Ces éléments sont particulièrement attractifs pour ces espèces au cours de leur phase de thermorégulation.

- **Amphibiens**

L'inventaire des amphibiens consiste à inspecter tous les milieux susceptibles d'être fréquentés au cours de leur cycle de vie (reproduction, estivage, hivernage/hibernation). Il convient donc de prospecter aussi bien les milieux humides que les bois.

En l'occurrence, aucun milieu humide ou aquatique favorable aux amphibiens n'est présent sur la zone d'étude. Par conséquent, aucun inventaire ciblé n'a été réalisé. Les inventaires nocturnes ont néanmoins été menés en restant vigilant à la présence éventuelle d'amphibiens.

- **Insectes**

Les lépidoptères diurnes, les orthoptères et les odonates sont principalement ciblés par les inventaires entomologiques. Toutefois, les espèces bioindicatrices ou remarquables qui permettent d'optimiser l'analyse des enjeux locaux de biodiversité et n'appartenant pas aux autres taxons cités sont également recherchés (coléoptères, mantoptères, …).

Pour les trois taxons visés en priorité, une recherche standardisée est réalisée le long de transects. Cette technique permet de noter la présence des espèces à enjeux sur un linéaire de distance fixe.

La démarche de prospection adoptée dans le cadre de ces inventaires entomologiques repose sur un itinéraire d'échantillonnage (ou transect) commun pour les lépidoptères et les orthoptères. Ce transect traverse les principaux milieux caractéristiques du site (lisières et milieux ouverts). Les observateurs prospectent ainsi l'aire d'étude en procédant à l'identification des espèces situées plus ou moins loin de ce transect, cette marge étant variable suivant le type de milieux (ouverts ou semi-ouverts, hauteur et densité de la végétation, …). L'identification se fait à vue si possible, ou les individus sont capturés grâce à un filet à papillons. En outre, l'inventaire est complété par des observations ponctuelles d'espèces qui n'ont pas été répertoriées lors du parcours le long des transects.

Pour les lépidoptères, une recherche de chenilles est également réalisée dans la végétation.
Pour les orthoptères, la recherche visuelle est couplée à une analyse acoustique afin d'identifier les espèces à partir de leur chant.

Concernant les odonates, une prospection autour des pièces d'eau est habituellement réalisée, mais elle n'a pas eu lieu lors de cette étude en raison de l'absence d'eaux de surface sur la zone d'étude. Ainsi, seule une recherche d'individus en chasse ou en phase de maturation après l'émergence (passage de la phase larvaire aquatique à la phase adulte terrestre) a été réalisée.

Pour les autres insectes (coléoptères remarquables notamment), il s'agit essentiellement d'un inventaire non protocolé, par observation opportuniste directe ou à partir d'indices de présence (trous ou galeries dans les arbres).

Évaluation des enjeux de la faune

La détermination des enjeux permet d'associer une valeur d'importance à une espèce ainsi qu'à son habitat. En effet, plus un enjeu est élevé, plus les mesures à prendre sont strictes et contraignantes pour le projet en cas d'incidence. La détermination des enjeux liés à la biodiversité n'est pas faite de manière arbitraire. Elle s'appuie sur tous les outils de protection élaborés à l'échelle internationale, européenne, nationale, régionale et parfois locale.

Le niveau d'enjeu pour chaque élément est évalué selon différents critères :

- L'inscription à la **Directive Habitats-Faune-Flore** (DHFF), qui est une directive européenne datant du 21 mai 1992 et qui est relative à la préservation des habitats naturels de la faune et de la flore sauvage ; les espèces figurant aux annexes II et/ou IV sont particulièrement importantes. Les oiseaux inscrits à l'annexe I de la **Directive Oiseaux** (DO) du 2 avril 1979 (mise à jour en 2009) sont également à prendre en compte. Les espèces figurant dans ces annexes sont dites **d'intérêt communautaire** et nécessitent une protection stricte.
- La **protection au niveau national,** selon les différents arrêtés ministériels par taxons. En effet, selon certaines conditions, les espèces et leurs zones de reproduction ou de quiétude peuvent être protégées par la loi française.
- Le statut de l'espèce sur les **listes rouges** européennes, nationales et régionales établies par l'UICN (Union Internationale pour la Conservation de la Nature). Ces listes permettent d'indiquer le statut de menace de toutes les espèces : « préoccupation mineure » (LC), « quasi menacée » (NT), « vulnérable » (VU), « en danger » (EN) et « en danger critique » (CR).
- La caractérisation des espèces définies comme **déterminantes ZNIEFF** (Zones Naturelles d'Intérêt Écologique, Faunistique et Floristique), qui sont considérées comme des espèces remarquables pour la biodiversité, menacées, ou encore jugées importantes pour l'écosystème. **Remarque :** la liste des espèces déterminantes ZNIEFF en Bourgogne-Franche-Comté a récemment été mise à jour (Buffat, 2021), ce sont ces nouveaux statuts qui ont ici été pris en compte.
- L'**occurrence départementale, ou à défaut régionale**, qui mesure le degré de représentation de l'espèce dans la région. Cette information est recueillie généralement sur les sites participatifs d'associations de préservation de l'environnement (LPO, CBN, …) ou des documents issus de recherches scientifiques qui communiquent ces informations.
- Le **statut biologique** de l'espèce dans l'aire d'étude. Il se décline en plusieurs statuts : non reproducteur, possible, probable et certain. Le statut biologique est décrit lors des inventaires en fonction des observations faites et il est déterminé notamment grâce aux comportements des espèces sur le terrain.
- Le **contexte local et l'avis d'expert écologue** permettent de pondérer les enjeux finaux. L'observateur s'appuie notamment sur les tendances évolutives des populations nationales et sur les exigences écologiques de chaque espèce en les confrontant à l'analyse des habitats présents sur le site.

Ces derniers critères permettent de définir ce que l'on appelle une **espèce remarquable**, car elle bénéficie d'une protection nationale, elle est menacée (statuts « vulnérable » (VU), « en danger » (EN) ou « en danger citrique » (CR) sur les listes rouges), elle est déterminante ZNIEFF, elle est rare ou endémique (propre à un territoire bien délimité ou à un habitat spécifique), ou elle a un statut reproducteur particulier présentant des enjeux.

Les enjeux sont classés de négligeables à forts selon l'échelle ci-dessous :

Négligeables	Faibles	Faibles à moyens	Moyens	Moyens à forts	Forts

Pour chacun de ces critères, une note est donnée par espèce. La note totale permet ensuite d'attribuer des enjeux à chaque espèce.

Tableau 11 : Méthodologie de détermination des enjeux concernant la faune

Catégories	Notes affectées
Directive Habitats-Faune-Flore (Annexe II) ou Directive Oiseaux (Annexe I)	Non = 0 Oui = 1
Protection nationale	Non = 0 Oui = 1
Listes rouges (européenne, nationale, régionale)	LC (préoccupation mineure) = 0 DD (données insuffisantes) ou NA (non applicable) = à dire d'expert NT (quasi-menacée) = 1 VU (vulnérable) = 2 EN (en danger) = 3 CR (en danger critique) = 4
Déterminante ZNIEFF	Non = 0 Oui = 1
Occurrence régionale	Abondante = 0 Localisée = 1 Rare = 2 Très rare = 3
Statut reproducteur dans l'aire d'étude	Non = 0 Possible = 1 Probable = 2 Certain = 3
Avis d'expert	Exigences écologiques des espèces = de -3 à +3 en fonction du degré de ces exigences
Enjeux finaux	0 à 2 = enjeux négligeables 3 à 4 = enjeux faibles 5 à 6 = enjeux faibles à moyens 7 à 8 = enjeux moyens 9 à 10 = enjeux moyens à forts > 10 = enjeux forts

Les classes d'enjeux sont déterminées sur la base de l'ensemble de ces catégories. Si une de ces catégories n'est pas représentée alors les notes sont immédiatement ajustées en conséquence. Par exemple, aucune liste rouge n'a été établie pour certains taxons. La note pour cette catégorie est donc affectée à « dire d'expert » à partir de la bibliographie disponible sur ce taxon (étude de la répartition mondiale et européenne, de son occurrence, de son degré de menace, …).

Evaluation des enjeux des habitats et de la flore

Concernant l'évaluation des enjeux des habitats et de la flore, elle est définie de manière plus arbitraire que pour l'évaluation de la faune. En effet, le niveau d'enjeux pour chacun des éléments observés a été évalué selon différents critères sans attribution de note :

- L'inscription à la Directive Habitats-Faune-Flore ;
- Les statuts de protection à différents niveau (national, régional ou départemental) ;
- L'inscription sur la liste des espèces déterminantes ZNIEFF de la région ;
- Le niveau de vulnérabilité sur les listes rouges mondiales, européennes, nationales et régionales ;
- Les statuts de rareté/menace du taxon à différentes échelles (nationale, régionale et départementale).

Plus une espèce ou un habitat sera concerné par ces critères et plus son enjeu de conservation sera important. Il revient alors à l'écologue d'attribuer un enjeu en fonction de son avis d'expert et du contexte local.

Les enjeux sont codifiés de la même façon que pour la faune :

Négligeables	Faibles	Faibles à moyens	Moyens	Moyens à forts	Forts

Évaluation des enjeux cumulés faune, flore et habitat

Une cartographie cumulant les enjeux identifiés dans les parties faune, flore et habitats est réalisée à la fin de l'état initial du milieu naturel. Les enjeux les plus forts sont conservés, par exemple, si l'habitat d'un reptile à enjeux « moyens » correspond à un habitat d'intérêt communautaire à enjeux « forts », alors sur la carte, seul apparaitra le niveau « forts » des enjeux d'habitat.

Les enjeux sont codifiés de la même façon que précédemment :

Négligeables	Faibles	Faibles à moyens	Moyens	Moyens à forts	Forts

8.2. Zonage du patrimoine naturel

Il est précisé que la distance indiquée dans ce chapitre correspond à la distance mesurée entre les périmètres d'inventaires, réglementaires et l'emprise du projet. Seuls les périmètres situés à moins de 5 km de l'emprise du projet seront analysés. Les informations sur les zones du patrimoine naturel sont issues du site de l'INPN.

Les données administratives concernant les milieux naturels, le patrimoine écologique, la faune et la flore sont de deux types :

- **Les zonages d'intérêts écologiques et d'inventaires du patrimoine naturel :** zonages qui ne sont ni protégés ni opposables, mais qui ont été élaborés à titre d'avertissement pour les aménageurs. Ce sont les Zones d'Intérêt Ecologique, Faunistique et Floristique (ZNIEFF) qui seront ensuite classées en tant que Zones Importantes pour la Conservation des Oiseaux (ZICO) à l'échelle européenne.

- **Les zonages protégés du patrimoine naturel :** Différentes modalités permettent de protéger un espace. Les 3 premières modalités concernent des espaces protégés mais non opposables. La dernière modalité définit quant à elle les zonages réglementaires opposables.

  - Protection au titre d'un texte international ou européen : Il s'agit des Réserves de Biosphère ainsi que des Zones Humides d'importance internationale répertoriées dans la convention de Ramsar ;
  - Protection conventionnelle : Ce sont les sites Natura 2000 composés des Zones de Protection Spéciales ou ZPS (provenant des ZICO) et des Zones Spéciales de Conservation ou ZSC (provenant des Sites d'Intérêt Communautaire), les Parcs Naturels Régionaux (PNR), les Grands Sites de France et les sites inscrits au patrimoine mondial de l'UNESCO ;
  - Protection par la maîtrise foncière : Ce sont les sites du Conservatoire du Littoral et des Conservatoires régionaux d'Espaces Naturels (CEN) ;
  - Protection réglementaire : Ce sont les zonages de sites au titre de la législation ou de la réglementation en vigueur dans lesquels l'implantation d'un ouvrage tel qu'un parc solaire peut être contrainte voire interdite. On y compte les Arrêtés préfectoraux de Protection de Biotope (APB), les Parcs Nationaux (PN), les Réserves Nationales de Chasse et de Faune Sauvage (RNCFS), les Réserves Biologiques Intégrales et Dirigées (RBID), les Réserves Naturelles (RNN), les Réserves Naturelles Régionales (RNR).

De plus, les Zones Humides d'Importance Majeure (ZHIM) peuvent bénéficier de mesures de protection comme celles citées ci-dessus.

8.2.1. Les zonages d'intérêts écologiques et d'inventaires

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

Une Zone Naturelle d'Intérêt Ecologique Faunistique et Floristique est un secteur du territoire particulièrement intéressant sur le plan écologique, participant au maintien des grands équilibres naturels ou constituant le milieu de vie d'espèces animales ou végétales rares, caractéristiques du patrimoine naturel régional.

On distingue deux types de ZNIEFF :

- **Les ZNIEFF de type 1**, d'une superficie généralement limitée, définies par la présence d'espèces ou de milieux rares, remarquables ou caractéristiques du patrimoine naturel national ou régional ;

- **Les ZNIEFF de type 2**, qui sont de grands ensembles naturels riches et peu modifiés, ou qui offrent des potentialités biologiques importantes. Les ZNIEFF de type 2 peuvent inclure une ou plusieurs ZNIEFF de type 1.

On note la présence dans un rayon de 5 km autour du projet de **7 ZNIEFF de type 1 et 1 ZNIEFF de type 2**. Ces ZNIEFF présentent un lien écologique avec le projet et un enjeu évalué comme **moyen** puisque l'une d'elle se trouve à moins de 500 m de l'emprise du projet.

Tableau 12 : ZNIEFF comprises au sein de l'aire d'étude étendue

Type	Code et dénomination	Distance au projet	Espèces déterminantes du périmètre (extrait)	Lien écologique avec l'aire d'étude
ZNIEFF de type 1	**430020418** « Le désert et coteaux de Bregille »	2,3 km à l'est	Azuré des Cytises, Agreste, Azuré du Genêt, Hespérie de l'Ormière, Cytise couché, Grande Orobanche, Potentille à petites fleurs	**Négligeable** Certains habitats périphériques de la ZNIEFF présentent des similitudes avec les habitats de la zone d'étude. Néanmoins les espèces déterminantes de la ZNIEFF n'ont pas été recensée au sein du site d'étude et il semble peu probable qu'elle s'y retrouve pour leur cycle de vie.
	430007852 « Corniches de la Citadelle et côtes du Doubs »	1,5 km à l'est	Azuré du Serpolet, Apollon, Thécla de l'Amarel, Hespérie des Sanguisorbes, Minioptère de Schreibers, Grand Murin, Grand rhinolophe, Faucon pèlerin, Harle bièvre, Pic Mar, Pic cendré, Pouillot de Bonelli, Tichodrome échelette, Potentille à petites fleurs	**Faible** Les habitats déterminants de la ZNIEFF présentent des similitudes avec les habitats de la zone d'étude. Aucune des espèces déterminantes de la ZNIEFF n'a été recensée au sein du site d'étude, néanmoins il est possible qu'elles s'y retrouvent pour réaliser tout ou partie de leur cycle de vie.
	430002274 « Colline de Chaudanne »	540 m à l'est	Azuré du Serpolet, Thécla de l'Amarel, Hespérie du Chiendent, Torcol fourmilier, Alouette lulu, Pic cendré, Lézard des souches, Grande Orobanche, Potentille à petites fleurs, Lézard des souches	**Faible à moyen** Certains habitats périphériques de la ZNIEFF présentent des similitudes avec les habitats de la zone d'étude. Au vu de la distance et des habitats présent sur site, il est possible que certaines espèces déterminantes ZNIEFF se retrouvent sur la zone d'étude.
	430007789 « Colline de Rosemont »	**50 m au sud**	Petit Mars changeant, Agreste, Azuré des Coronilles, Thécla de l'Amarel, Hespérie des Sanguisorbes, Pic Mar, Torcol fourmilier, Potentille à petites fleurs	**Moyen** Les habitats déterminants de la ZNIEFF présentent des similitudes avec les habitats de la zone d'étude. Au vu de la distance et des habitats présent sur site, il est possible que certaines espèces déterminantes ZNIEFF se retrouvent sur la zone d'étude pour réaliser tout ou partie de leur cycle de vie.
	430007790 « Colline de Planoise »	1,3 km au sud-ouest	Faucon pèlerin, Laîche appauvrie, Limodore sans feuille, Potentille à petites fleurs	**Faible** Les habitats déterminants de la ZNIEFF présentent des similitudes avec les habitats de la zone d'étude. Néanmoins les espèces déterminantes de la ZNIEFF n'ont pas été recensée au sein du site d'étude.
	430010457 « Côtes du Doubs aux environs de Besançon »	1,2 km au nord	Ecrevisse à pieds blancs, Damier de la Succise, Rhinolophe euryale, Grand rhinolophe, Petit rhinolophe, Pic Mar, Pic noir, Faucon pèlerin, Harle bièvre, Milan royal, Grande Orobanche, Orme lisse, Violette des collines, Lézard à deux raies	**Faible à moyen** Les habitats déterminants de la ZNIEFF présentent des similitudes avec les habitats de la zone d'étude. Une espèce déterminante de la ZNIEFF fréquente le site d'étude, il s'agit du Pic noir. Au vu de la distance et des habitats présent sur site, il est possible que certaines autres espèces déterminantes ZNIEFF se retrouvent sur la zone d'étude.
	430007853 « Bois de la roche, falaises et pelouses de Montfaucon »	4,9 km à l'est	Hespérie de l'Ormière, Thécla de l'Orme, Grand corbeau, Faucon pèlerin, Pic noir, Pie-grièche écorcheur, Tichodrome échelette, Violette des collines, Musaraigne aquatique	**Négligeable** Les habitats périphériques de la ZNIEFF présentent des similitudes avec les habitats de la zone d'étude. Une espèce déterminante de la ZNIEFF fréquente le site d'étude, il s'agit du Pic noir. Cependant au vu de la distance, il semble peu probable que les espèces de la ZNIEFF fréquentent le site d'étude.
ZNIEFF de type 2	**430007792** « Moyenne vallée du Doubs »	4,7 km à l'est	Sonneur à ventre jaune, Ecaille chinée, Cuivré des marais, Barbastelle d'Europe, Lynx boréal, Murin de Bechstein, Murin des marais, Petit Murin, Musaraigne aquatique, Grand-duc d'Europe, Alouette lulu, Milan royal, Harle bièvre, Brochet, Vandoise, Violette des collines, Coronelle lisse, Lézard à deux raies, Couleuvre vipérine	**Négligeable** Les habitats de la ZNIEFF sont plutôt à dominante aquatique et humide. La majorité des espèces fréquentant la ZNIEFF ne semblent pas pouvoir trouver des habitats propices pour leur cycle de vie au sein du site d'étude. Au vu de la distance, il semble peu probable que les espèces de la ZNIEFF fréquentent le site d'étude.

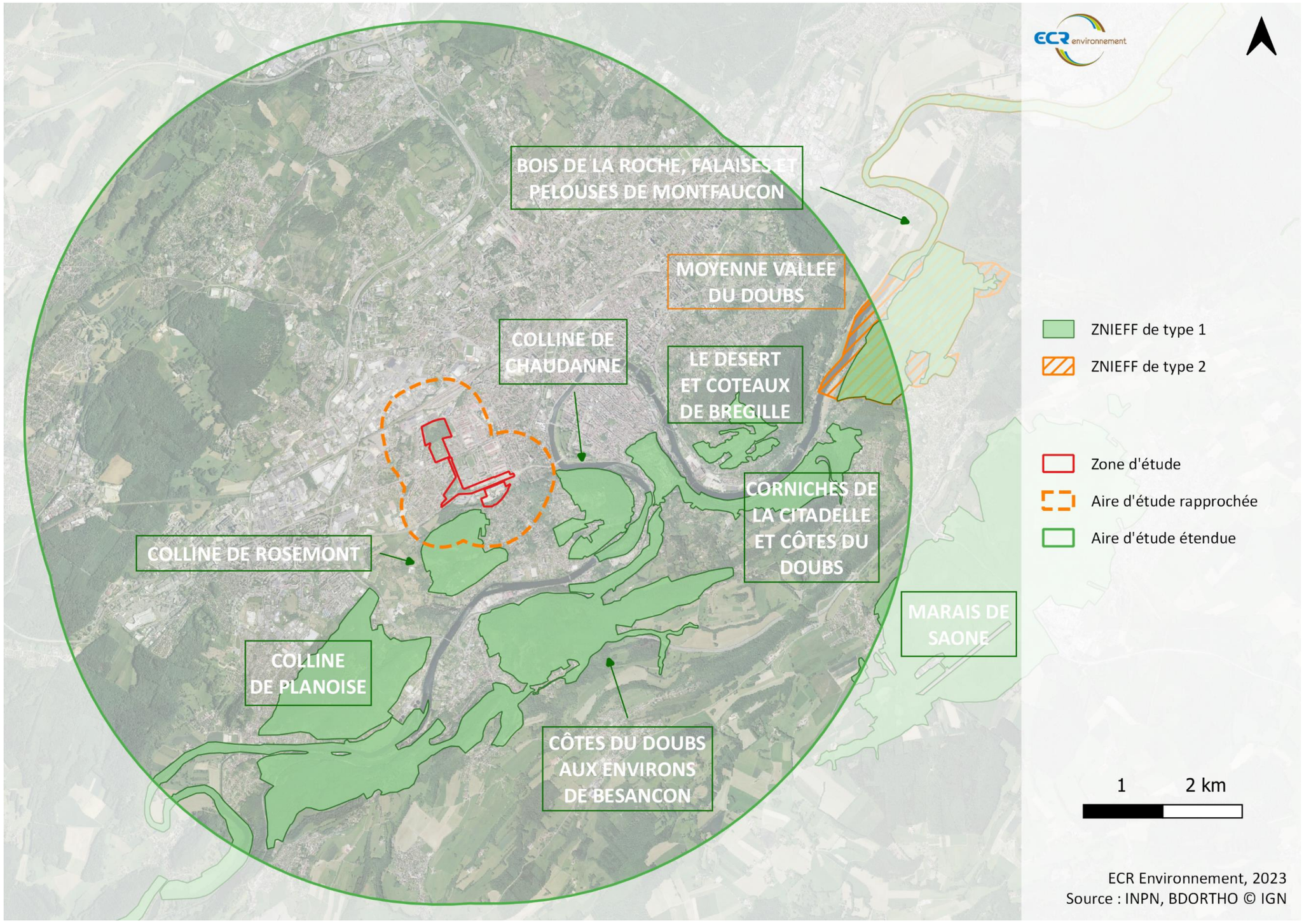


Figure 49 : Zonage des ZNIEFF au sein de l'aire d'étude étendue

8.2.2. Les zonages protégés – Protection conventionnelle

Remarque : les ZICO (Zone d'Importance pour la Conservation des Oiseaux) visent à recenser les zones les plus favorables pour la conservation des oiseaux sauvages. Ayant été établies en 1989, ces périmètres sont aujourd'hui obsolètes et les populations d'oiseaux sont mieux prises en compte par les ZPS (Zone de Protection Spéciale) destinées aux Oiseaux depuis 1991. Les périmètres des ZICO ne sont pas étudiés ici.

Natura 2000 (ZPS et ZSC)

Consciente de la nécessité de préserver les habitats naturels remarquables et les espèces végétales et animales associées, l'Union Européenne s'est engagée en prenant deux directives, la directive « Oiseaux » en 1979, révisée en 2009 et la directive « Habitats-Faune-Flore » en 1992 et à donner aux Etats membres un cadre et des moyens pour la création d'un réseau européen de sites naturels remarquables, nommé **Natura 2000**.

Ce réseau de sites comprend ainsi l'ensemble des périmètres désignés en application des directives « Oiseaux » et « Habitats-Faune-Flore », c'est-à-dire respectivement d'une part les Zones de Protection Spéciales (ZPS), qui s'appuient sur certains inventaires scientifiques comme les Zones Importantes pour la Conservation des Oiseaux (ZICO), et d'autre part les propositions de Sites d'Intérêt Communautaire (pSIC), futures Zones Spéciales de Conservation (ZSC).

Le périmètre du site d'étude n'interfère avec aucun site Natura 2000.

1 ZSC et 1 ZPS sont comprises au sein de l'aire d'étude étendue :

- **La ZSC « Moyenne vallée du Doubs » (FR4301294) à 2,7 km du site d'étude ;**
- **La ZPS « Moyenne vallée du Doubs » (FR4312010) à 4 km du site d'étude.**

Parc Naturel Régional (PNR)

Les Parcs Naturels Régionaux sont créés pour protéger et mettre en valeur de grands espaces ruraux habités. Peut être classé « Parc Naturel Régional » un territoire à dominante rurale dont les paysages, les milieux naturels et le patrimoine culturel sont de grandes qualités, mais dont l'équilibre est fragile. Un parc naturel régional s'organise autour d'un projet concerté de développement durable, fondé sur la protection et la valorisation de son patrimoine naturel et culturel.

Le site d'étude n'est pas concerné par un PNR.

8.2.3. Les zonages protégés – Protection par la maîtrise foncière

Conservatoire du littoral

Les sites du Conservatoire du littoral ont pour vocation la sauvegarde des espaces côtiers et lacustres. Leur accès au public est encouragé mais reste défini dans des limites compatibles avec la vulnérabilité de chaque site. En complément de sa politique foncière, visant prioritairement les sites de fort intérêt écologique et paysager, le conservatoire du littoral peut depuis 2002 exercer son action sur le domaine public maritime. Ce mode de protection peut être superposé avec d'autres dispositifs réglementaires ou contractuels.

La zone d'étude n'est pas concernée par un site du Conservatoire du littoral.

Conservatoire des Espaces Naturels (CEN)

Les 29 Conservatoires d'espaces naturels contribuent à mieux connaître, préserver, gérer et valoriser le patrimoine naturel et paysager notamment par la maîtrise foncière. Ils interviennent en 2013 sur un réseau de 2498 sites couvrant 134 260 ha sur l'ensemble du territoire métropolitain et l'Ile de la Réunion, dont plus de 800 sites bénéficient d'une protection forte sur le long terme par acquisition et/ou bail emphytéotique. Les Conservatoires interviennent aussi par la maîtrise d'usage au moyen de conventions de gestion principalement.

Le projet n'est pas concerné par un terrain acquis par le CEN.

8.2.4. Les zonages protégés – Protection réglementaire

Les Arrêtés préfectoraux de Protection de Biotope (APB)

L'Arrêté de Protection de Biotope a pour vocation la conservation de l'habitat d'espèces protégées. C'est un outil de protection réglementaire de niveau départemental, dont la mise en œuvre est relativement souple. Il fait partie des espaces protégés relevant prioritairement de la Stratégie de Création d'Aires Protégées mise en place actuellement, et se classe en catégorie IV de l'UICN en tant qu'aire de gestion.

En effet, la plupart des arrêtés de protection de biotope font l'objet d'un suivi soit directement à travers un comité placé sous l'autorité du Préfet, soit indirectement dans le cadre de dispositifs tels que Natura 2000 et par appropriation par les acteurs locaux.

Le projet n'est pas concerné par un Arrêté de Protection de Biotope.
3 APB sont incluses au sein de l'aire d'étude étendue :

- **L'APB « Corniches Calcaires Du Département Du Doubs » (FR3800749) à 1,6 km du site ;**
- **L'APB « Grotte Saint Léonard » (FR3800485) à 2,8 km du site ;**
- **L'APB « Ecrevisse À Pattes Blanches Et Faune Patrimoniale Associée (25) » (FR3800743) à 2,3 km du site.**

Parc National (PN)

Un parc national est un vaste espace protégé terrestre ou marin dont le patrimoine naturel, culturel et paysager est exceptionnel. Ses objectifs sont la protection et la gestion de la biodiversité ainsi que du patrimoine culturel à large échelle, la bonne gouvernance et l'accueil du public. Un parc national est classiquement composé de deux zones : le cœur de par cet une aire d'adhésion.

Les cœurs de parcs nationaux sont définis comme les espaces terrestres et/ou maritimes à protéger. On y retrouve une réglementation stricte et la priorité est donnée à la protection des milieux, des espèces, des paysages et du patrimoine. Les cœurs de parcs nationaux font partie des espaces protégés relevant prioritairement de la Stratégie de Création d'Aires Protégées.

La zone d'étude n'est pas concernée par un périmètre de Parc National.

Réserves Nationales de Chasse et Faune Sauvage (RNCFS)

Les Réserves Nationales de Chasse et de Faune Sauvage sont des espaces protégés terrestres ou marins dont la gestion est principalement assurée par l'Office National de la Chasse et de la Faune Sauvage. Celui-ci veille au maintien d'activités cynégétiques durables et à la définition d'un réseau suffisant d'espaces non chassés susceptibles d'accueillir notamment l'avifaune migratrice.

Le site d'étude n'est pas concerné par une RNCFS.

Réserves Biologiques Intégrales et Dirigées (RBID)

Une Réserve Biologique est un espace protégé en milieu forestier ou en milieu associé à la forêt (landes, mares, tourbières, dunes). Ce statut s'applique aux forêts gérées par l'Office National des Forêts et a pour but la protection d'habitats remarquables ou représentatifs. Les réserves biologiques font partie des espaces relevant prioritairement de la Stratégie de Création d'Aires Protégées mise en place actuellement. Elles relèvent de la catégorie IV de l'UICN. Selon les habitats et les orientations de gestion, on distingue les Réserves Biologiques Dirigées (RBD), où est mise en place une gestion conservatoire et les Réserves Biologiques Intégrales (RBI) où la forêt est laissée en libre évolution.

Le site d'étude n'est concerné par aucune Réserve Biologique Intégrale et Dirigée.

Réserves Naturelles Nationales (RNN)

Les Réserves Naturelles Nationales ont pour but de protéger d'une manière forte un patrimoine naturel d'intérêt national. La réserve naturelle est classée par décret ministériel. Un gestionnaire de la réserve est désigné par l'Etat. Une réglementation et une servitude d'utilité publique sont mises en place afin de garantir la protection des espèces et des milieux naturels. Le principe à observer est l'interdiction des activités nuisibles à la protection de la nature.

Le site d'étude n'est concerné par aucune Réserve Naturelle Nationale.

Réserves Naturelles Régionales

Le classement des Réserves Naturelles Régionales est de la compétence du Conseil Régional qui peut, de sa propre initiative ou à la demande des propriétaires concernés, classer des territoires présentant un intérêt pour la faune, la flore, la patrimoine géologique ou paléontologique ou, d'une manière générale, pour la protection des milieux naturels. La durée du classement, la définition des modalités de gestion et le contrôle des prescriptions contenues dans l'acte de classement, la modification de l'aspect ou de l'état de la réserve naturelle régionale et son éventuel déclassement sont précisés dans la délibération du Conseil Régional.

Aucune Réserve Naturelle Régionale n'est présente à proximité du site d'étude.

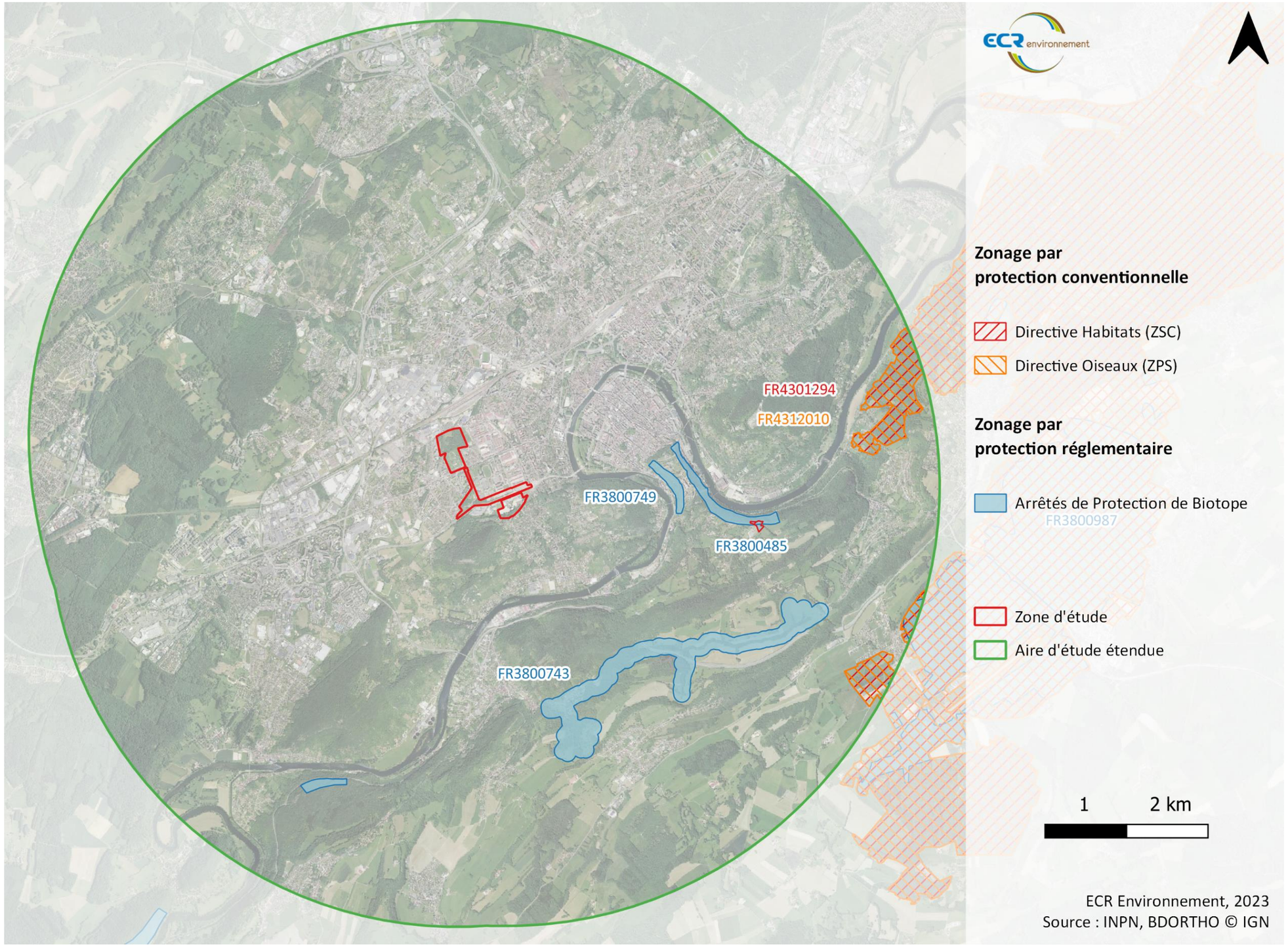


Figure 50 : Zonages protégés au sein de l'aire d'étude étendue

8.3. Habitats naturels et semi-naturels

Un habitat est défini par un espace homogène où se développe une association de plantes. Ce sont les conditions écologiques (température, humidité, nature du sol, …) qui vont déterminer cette composition particulière de la végétation mais également les pratiques anthropiques (fauche, tonte, brûlis, …).

Ces habitats peuvent êtres caractérisés à partir de la typologie de référence EUNIS (*European Nature Information System*) qui remplace la typologie CORINE biotopes. Cette typologie prend en compte tous les habitats : des habitats naturels aux habitats artificiels, des habitats terrestres aux habitats d'eau douce et marins. La définition d'un type d'habitat d'après la classification EUNIS est : « *espace où des animaux ou plantes vivent, caractérisé premièrement par ses particularités physiques (topographie, physionomie des plantes ou animaux, caractéristiques du sol, climat, qualité de l'eau, etc.) et secondairement par les espèces de plantes et d'animaux qui y vivent* ».

Dans la définition des sites faisant partie du réseau Natura 2000, il est utilisé une autre typologie recensant les « habitats d'intérêt communautaire » : le code Natura 2000.

Au total, 4 passages ont été effectués sur la zone d'étude du projet : le 29/10/2022 en automne, le 18/02/2022 en fin d'hiver pour inventorier les plantes vernales, le 15/04/2022 au printemps et le 18/07/2022 en été.

Les différentes campagnes de terrain réalisées ont permis d'identifier **21 habitats naturels et semi-naturels** dans l'aire d'étude.

Le tableau suivant présente les caractéristiques des habitats naturels et semi-naturels de l'aire d'étude. Les habitats artificialisés (sites industriels, bâtiments résidentiels) ne seront pas décrits.

Tableau 13 : Description des habitats naturels et semi-naturels observés sur l'aire d'étude

Intitulé	Code EUNIS	Code CORINE	Code Natura 2000 (DHFF)	Habitat de zones humides	Description	Surface (m^2)	% du site	Enjeux écologiques
Prairies ; terrains dominés par des herbacées non graminoïdes, des mousses ou des lichens								
Prairies mésiques non gérées	E2.7	-	-	-	Cet habitat est localisé au sud de la zone d'étude, dans le secteur de La Grette. Il correspond à une zone de prairie non fauchée et non-utilisée. Cet habitat est majoritairement composé de jeunes espèces herbacées, telles que la Pâquerette (*Bellis perennis*), l'œillet (*Dianthus sp.*), la Centaurée noire (*Centaurea nigra*) et le Dactyle aggloméré (*Dactylis glomerata*).	5604	**2%**	**Négligeables**
Ourlets, clairières forestières et peuplements de grandes herbacées non graminoïdes	E5	37	-	p.	Cet habitat est localisé au sein de la forêt du secteur du Polygone du Génie. Il correspond aux espaces de clairières et lisières des boisements présents sur la zone. Cet habitat se compose de peuplements d'herbacées ou fougères de petites tailles, telles que le Brachypode des bois (*Brachypodium sylvaticum*), l'Herbe à Robert (*Geranium robertanium),* le Lamier maculé (*Lamium maculatum*) et la Menthe à feuilles rondes (*Mentha suaveolens*).	13 787	**5%**	**Négligeables**
Végétations herbacées anthropiques	E5.1	87	-	p.	Cet habitat est localisé à l'ouest du secteur de Brulard. Il correspond à un terrain de déprise urbaine ou agricole, sur lequel s'est développé des peuplements d'espèces herbacées, telles que l'Ortie dioïque *(Utrica dioica*).	5 310	**2%**	**Négligeables**
Communautés d'espèces rudérales des constructions urbaines et suburbaines récemment abandonnées	E5.12	87.2	-	p.	Cet habitat est localisé en plusieurs endroits sur le site d'étude, notamment sur toute la bordure centrale du secteur de Brulard. Cet espace correspond à une zone de terrain vague, qui a été colonisé par des communautés de plantes pionnières herbacées. Plusieurs espèces invasives y ont été recensées : la Buddleia de David (*Buddleja davidii),* le Solidage du Canada *(Solidago canadensis),* la Renouée du Japon *(Reynoutria japonica)* et le Robinier faux-acacia *(Robinia pseudoacacia).*	35 697	**12,7%**	**Négligeables**
Prairies peu boisées	E7	84	-	p.	Cet habitat correspond à la prairie localisée sur le secteur de Polygone Gendarmerie. Cette prairie comprend notamment une strate supérieure boisée. Elle est localisée en périphérie d'une forêt ; on retrouve en lisière, les espèces invasives citées précédemment : la Buddleia de David (*Buddleja davidii),* la Renouée du Japon *(Reynoutria japonica)* et le Robinier faux-acacia *(Robinia pseudoacacia).*	38 579	**13,8%**	**Négligeables**
Jardins potagers de subsistance	I2.22	85.32	-	-	Des jardins sont localisés à Brulard. On retrouve sur ces espaces, de la culture de fruits, de légumes, ainsi que des arbres fruitiers.	1 136	**0,4%**	**Négligeables**
Petits parcs et squares citadins	I2.23	85.2	-	-	Des squares citadins sont présents à proximité des bâtiments publics du secteur de La Grette. Peu d'espèces y ont été répertoriées.	648	**0,2%**	**Négligeables**
Landes, fourrés et toundras								
Fourrés médio-européens sur sols riches	F3.11	31.81	-	p.	Cet habitat est localisé à proximité des jardins, dans le secteur de Brulard. Il correspond à un stade de recolonisation végétale, principalement caducifoliée. Il se compose majoritairement de fourrés et de jeunes individus de moins de 5m. Il est composé notamment de Sureau noir (*Sambucus nigra*), de Lierre grimpant (*Hedera helix*) et de Charme (*Carpinus betulus*).	2 446	**0,8%**	**Négligeables**
Haies d'espèces non indigènes	FA.1	-	-	-	Les haies sont localisées dans le secteur de La Grette, en bordure d'une zone artificialisée pavée. Ces haies sont composées d'essences non locales, comme par exemple le Troëne (*Ligustrum sp.).*	1 285	**0,4%**	**Négligeables**
Boisements, forêts et autres habitats boisés								
Boisements mésotrophes et eutrophes à *Quercus, Carpinus, Fraxinus, Acer, Tilia, Ulmus* et boisements associés	G1.A	-	-	-	Cet habitat se retrouve en plusieurs points du site : il compose la forêt du Polygone du Génie, ainsi que les boisements du secteur de Brulard, et les boisements tout au sud de La Grette. Au sein de ces espaces forestiers on retrouve notamment des essences comme le Charme (*Carpinus betulus*), le Frêne (*Fraxinus excelsior*), l'Orne (*Fraxinus ornus*) et le Tilleul à petites feuilles (*Tilia cordata*).	106 380	**34%**	**Faibles**
Alignements d'arbres	G5.1	84.1	-	-	Les alignements d'arbres sont localisés au nord de Brulard et dans la zone de terrain vague de La Grette. Ils se composent notamment de Bouleau (*Betula sp.)* et d'Epicéa commun (*Picea abies*).	7 466	**2,6%**	**Négligeables**
Habitats continentaux sans végétation ou à végétation clairsemée								
Zones piétinées	H5.6	-	-	-	Cet habitat correspond à des traces piétinées par des humains. Elle se trouvent à proximité des fourrés et des jardins de Brulard.	556	**0,2%**	**Négligeables**
Sentiers	H5.61	-	-	-	Cet habitat désigne le chemin d'origine anthropique longeant la rue Charles Dornier et Max Vuillemin à Brulard et menant au secteur des Polygones.	1 843	**0,6%**	**Négligeables**



Prairies mésiques non gérées



Ourlets, clairières forestières et peuplements de grandes herbacées non graminoïdes



Végétations herbacées anthropiques



Communautés d'espèces rudérales des constructions urbaines et suburbaines récemment abandonnées



Prairies peu boisées



Boisements mésotrophes et eutrophes à *Quercus, Carpinus, Fraxinus, Acer, Tilia, Ulmus* et boisements associés



Jardins potagers de subsistance



Fourrés médio-européens sur sols riches



Alignements d'arbres



Sentiers

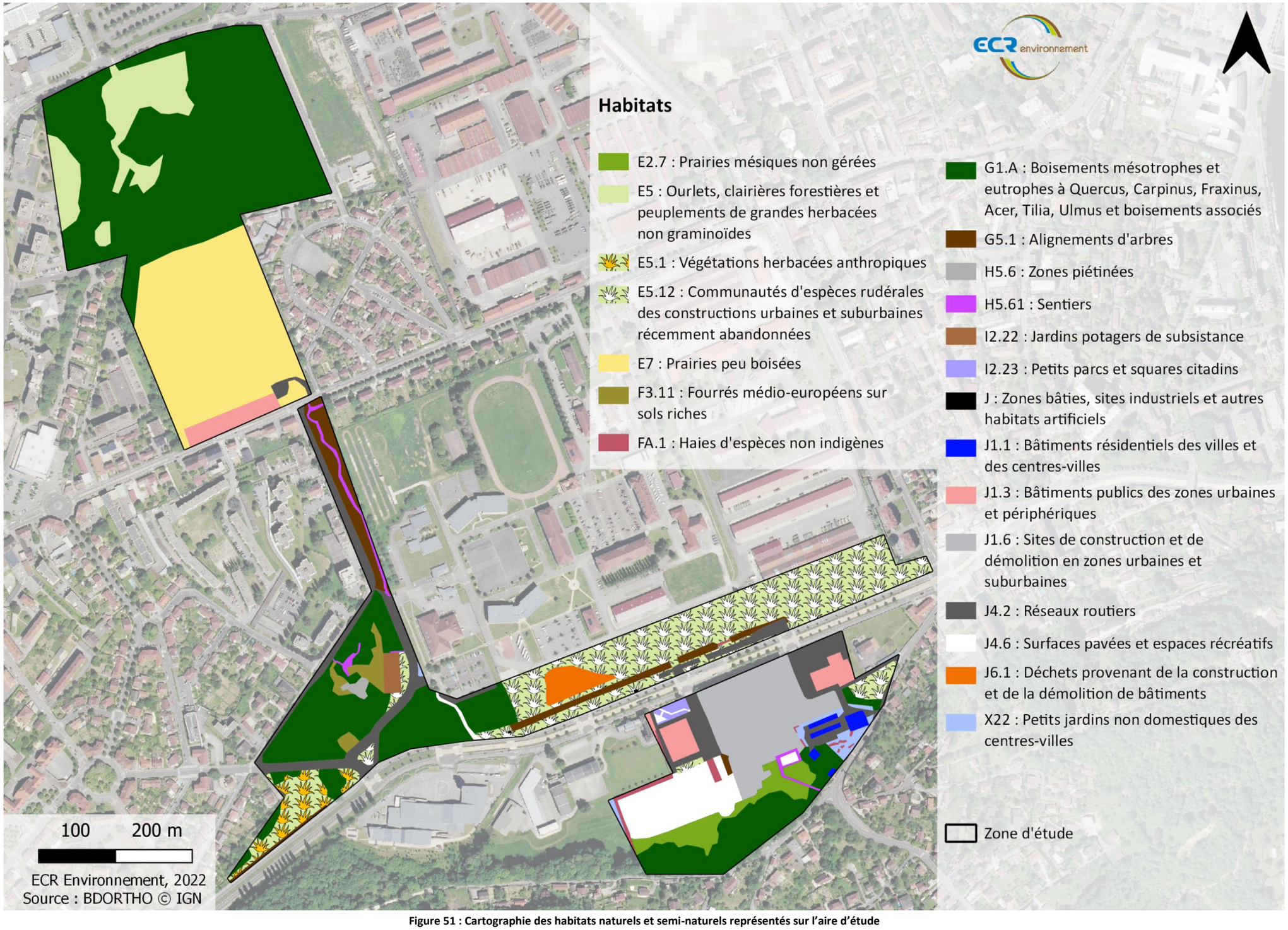


Figure 51 : Cartographie des habitats naturels et semi-naturels représentés sur l'aire d'étude

8.4. Zones humides

Conformément à la définition de la loi sur l'eau (J.O. 4/01/92) : « 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 ».

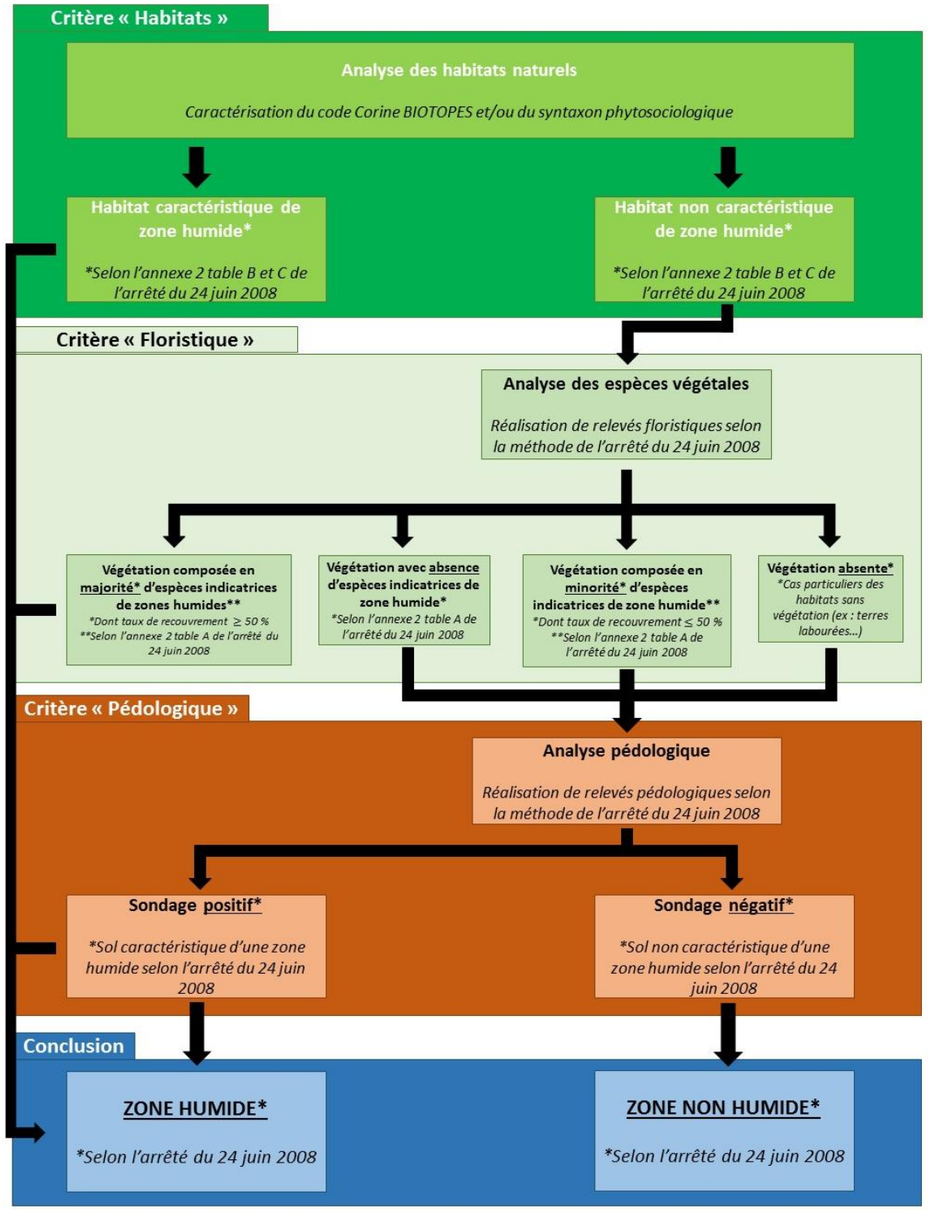


Figure 52 : Méthodologie de détermination de zones humides (ECR Environnement, 2022)

8.4.1. Analyse bibliographique

Les données bibliographiques locales mises à disposition via le site *réseau zone humide*, mettent en évidence la présence de zones humides autour des terrains du projet.

La carte de pré-localisation des zones humides identifie des zones humides potentielles au sein de l'aire d'étude étendue, localisée dans la vallée du Doubs et aux abords de ce dernier.

L'aire d'étude rapprochée et les terrains du projet ne sont pas concernés pas une éventuelle pré-localisation de zones humides.

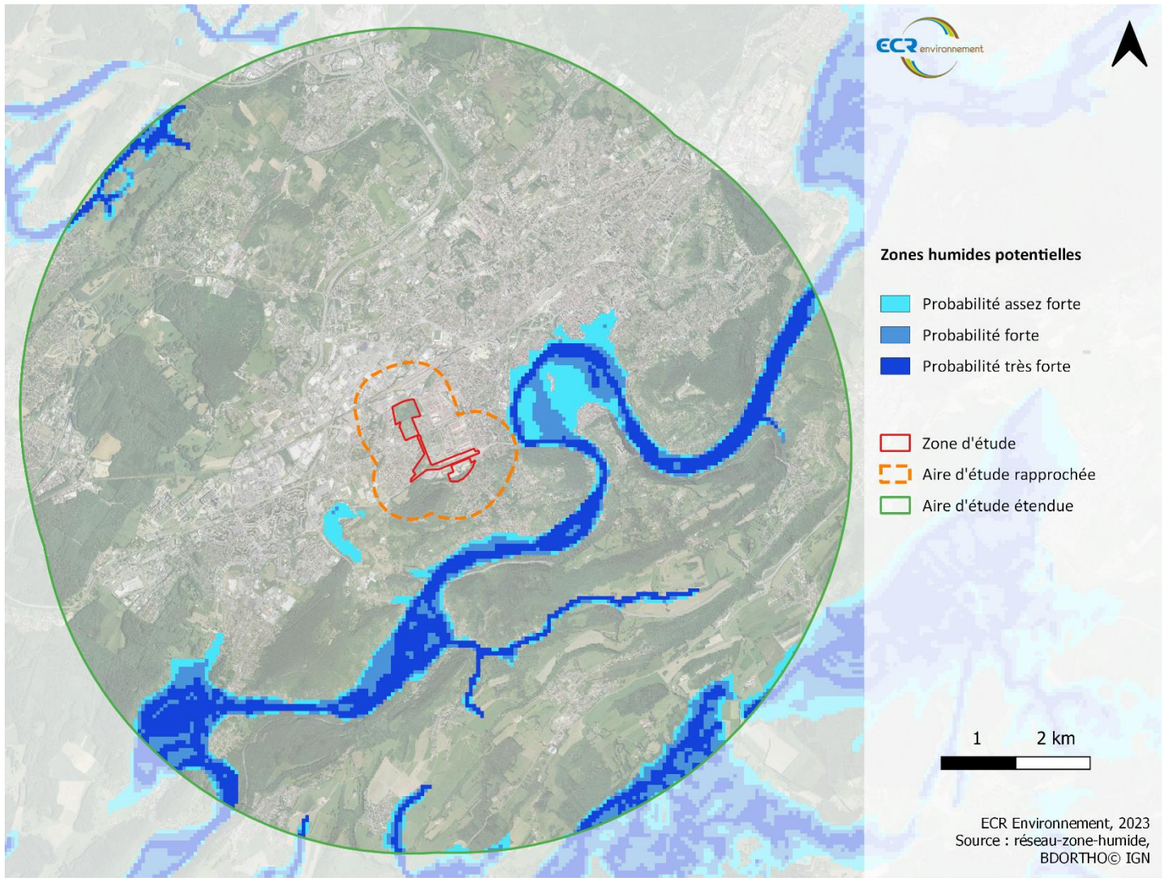


Figure 53 : Zones humides potentielles

La présence de zones humides au sein de la zone d'étude s'avère peu probable au vu du caractère de la zone d'étude : les secteurs de La Grette et de Brulard sont majoritairement artificialisés. Le secteur de Polygone Gendarmerie est une ancienne zone urbaine. Quant à la forêt du Polygone du Génie, au vu des risques sanitaires (sites et sols pollués) du site, aucun sondage n'a été effectué à cet endroit.

Cependant, les inventaires floristiques réalisés sur site ont porté l'attention sur un secteur localisé dans le Polygone Gendarmerie, et suspecté en tant que zone humide. Ainsi un sondage pédologique a été effectué le 15/04/2022 au sein d'un secteur pressenti comme zone humide (Figure 54).

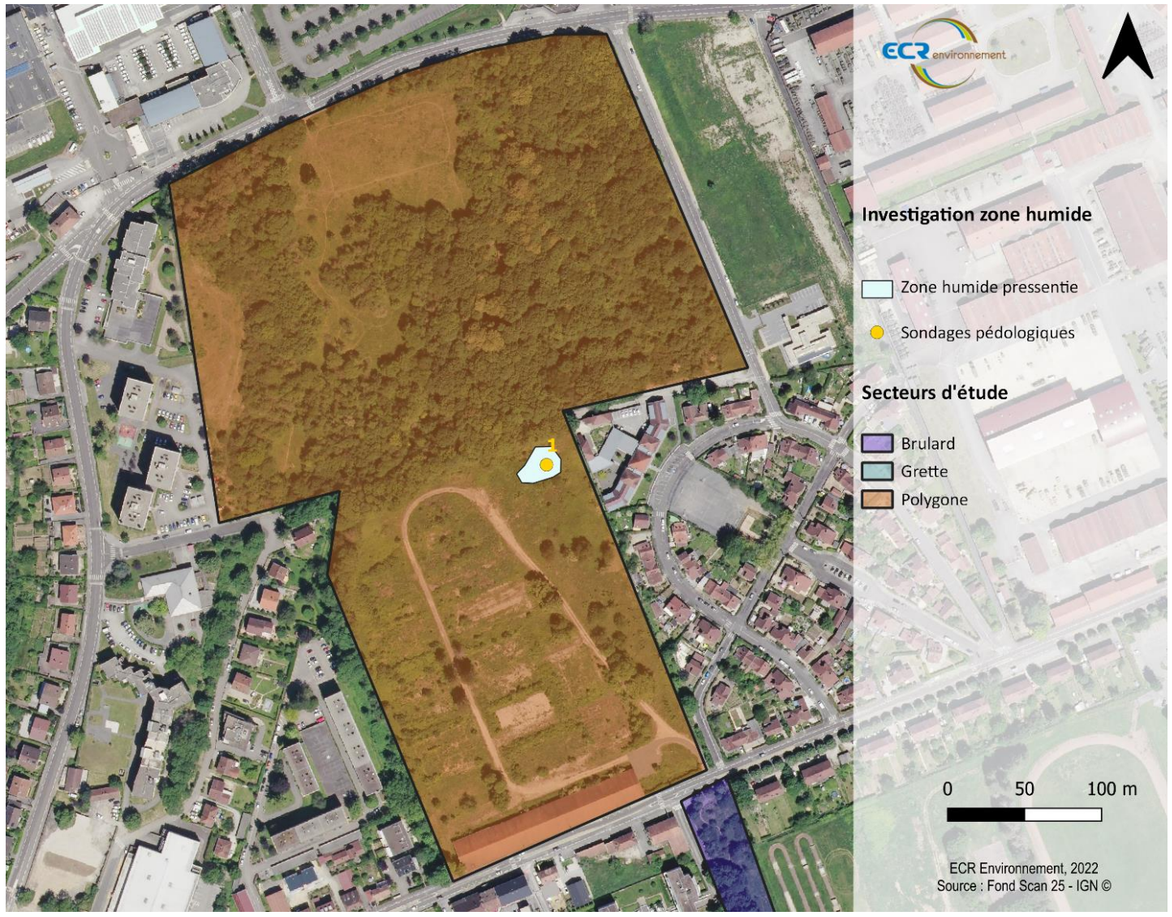


Figure 54 : Carte des sondages pédologiques

Les critères floristiques et pédologiques n'ont pas permis de déceler une zone humide sur site et se sont avérés négatifs.

8.4.2. Conclusion Zones humides

Aucune zone humide n'est présente au sein de la zone d'étude.

8.5. Flore

8.5.1. Résultats des inventaires

Au total, 4 passages ont été effectués sur la zone d'étude du projet : le 29/10/2022 en automne, le 18/02/2022 en fin d'hiver pour inventorier les plantes vernales, le 15/04/2022 au printemps et le 18/07/2022 en été. Les campagnes de terrain menées par ECR Environnement ont permis d'inventorier **182 espèces végétales.**

La liste des espèces végétales inventoriées dans l'aire d'étude du projet ainsi que leurs statuts de protection et de conservation se trouvent en annexe de ce rapport (Annexe 4).

Aucune espèce remarquable n'a été inventoriée lors des prospections.

8.5.2. Espèces végétales invasives

Les espèces exotiques envahissantes (EEE) sont catégorisées en Franche-Comté selon leur degré d'envahissement. Le CBNFC a catégorisé l'ensemble de ces espèces en plusieurs catégories selon leur degré variable d'envahissement et de dommages occasionnés sur les milieux naturels et semi-naturels.

Les passages ont permis de recenser **3 espèces exotiques envahissantes « majeures »** au sein de la zone d'étude : la Renouée du Japon (*Reynoutria japonica*), le Robinier faux-acacia (*Robinia pseudoacacia*) et le Solidage du Canada (*Solidago canadensis*). **Une espèce potentiellement envahissante** a également été répertoriée : le Buddleia de David (*Buddleja davidii*), qui est déjà présent sur le territoire et pourrait potentiellement former à terme des populations denses dans les milieux naturels et semi-naturels.

Des détails sur ces espèces sont donnés dans le tableau ci-dessous (Tableau 14) et leur localisation est présentée sur la carte qui suit.

Critères servant à la typologie des espèces exotiques			*Objectif(s) du renseignement de chaque critère*			*Catégories et sous-catégories d'espèces exotiques*						
						Envahissante (dans les milieux naturels ou semi-naturels)		**Potentiellement envahissante** (dans les milieux naturels ou semi-naturels)			**Insuffisamment documentée**	**Non-envahissante**
			Capacité de propagation et de caractère envahissant	*Nature de l'impact*	*Faisabilité de la gestion*	**majeure**	**émergente**	actuellement seulement **proliférante** dans les milieux fortement anthropisés	**prévisible** pour parvenir à terme à former des populations denses dans les milieux naturels ou semi-naturels - déjà **présente** dans le territoire	**prévisible** pour parvenir à terme à former des populations denses dans les milieux naturels ou semi-naturels - encore **absente** du territoire		
dans le territoire considéré		**Naturalisation - autonomie**	✔			avérée	avérée	avérée	avérée ou potentielle	potentielle	variable	variable
		Dynamisme	✔			avéré	avéré ou potentiel	avéré	variable	potentiel	variable	variable
		Aptitude de l'espèce à se développer fréquemment dans des milieux naturels ou semi-naturels en y formant des populations denses	✔	✔		avérée	avérée ou potentielle	présumée nulle	potentielle	potentielle	indéterminée	nulle
		Aptitude de l'espèce à causer des dommages significatifs à l'homme et ses activités (activités économiques, loisirs, santé)		✔		variable	variable	avérée	potentielle	potentielle	indéterminée	présumée nulle
		Rareté régionale			✔	assez rare à extrêmement répandue	exceptionnelle à rare	variable	variable	nulle	variable	variable
	dans un territoire géographiquement proche	**Signalement de l'espèce comme envahissante avérée**	✔	✔		variable	oui	variable	variable	oui	variable	non

Figure 55 : Typologie des catégories d'espèces exotiques identifiées en Franche-Comté (modifié d'après Mandon-Dalger, 2014)

Tableau 14 : Espèces exotiques envahissantes avérées inventoriées sur site

Nom commun *Nom scientifique*	Catégorie d'espèce exotique	Nuisances	Méthodes de lutte	Représentativité locale	Risque de prolifération
Buddleia de David *Buddleja davidii*	Potentiellement envahissante (déjà présente sur le territoire)	Forme des peuplements monospécifiques denses pouvant exclure localement d'autres espèces. Particulièrement problématique dans les ripisylves envahies.	Arrachage manuel des jeunes pousses ou arbustes. Pour des plats plus développés : utilisation d'un treuil ou tronçonnage suivi d'un dessouchage. Après éradication : plantation d'espèces indigènes adaptées au milieu pour éviter la reprise du Buddleia. Prévoir un passage de suivi dans les trois ans qui suivent pour vérifier la présence de rejets et les arracher. Pour limiter la dissémination dans les zones déjà envahies : coupe mécanique des inflorescences immédiatement après la floraison et avant la formation de graines (entre juin et octobre).	**Forte**	**Fort (en particulier secteur Brulard)**
Renouée du Japon *Reynoutria japonica*	Majeure	Très compétitive, forme des touffes buissonnantes très denses étouffant toute autre végétation.	Eradication très difficile (racine pouvant aller à 10 m de profondeur), fauchage pluriannuel insuffisant. Plantation ou bouturage d'essences de ligneux à croissance rapide avec recouvrement du sol par géotextile. Priorité : contenir l'espèce aux zones déjà envahies et limiter la dissémination.	**Forte**	**Fort**
Robinier faux-acacia *Robinia pseudoacacia*	Majeure	Compétition pour la lumière et les pollinisateurs avec les espèces autochtones. Réduction de la végétation herbacée sous le couvert des individus établis. Modification du cycle de l'azote (plante fixatrice).	Différentes méthodes de lutte combinées : dessouchage, écorçage et coupe des jeunes plants. Plantation d'une strate arbustive autochtone concurrentielle. Nécessite un suivi sur plusieurs années. Il est important de bien éliminer les racines qui produisent de nombreux rejets.	**Moyenne à forte**	**Fort**
Solidage du Canada *Solidago canadensis*	Majeure	Appauvrissement de la diversité en espèces.	Un fauchage réalisé deux fois par an (voire plus) peut aboutir à une régression des zones colonisées par les solidages. En bordure de rivière, les opérations de fauchage peuvent être couplées à la plantation de ligneux pour être plus efficace. Dans les zones colonisées peu étendues, perturbées et/ou à faibles enjeu patrimonial, la couverture du sol avec du géotextile peut aussi être envisagée.	**Faible (un seul pied sur secteur Grette)**	**Moyen**



Buddleia de David (*Buddleja davidii*)
© Philippe Gourdain



Renouée du Japon (*Reynoutria japonica*)
© Philippe Gourdain



Robinier faux-acacia (*Robinia pseudoacacia*)
© Philippe Gourdain



Solidage du Canada (*Solidago canadensis*)
© Gérard Arnal

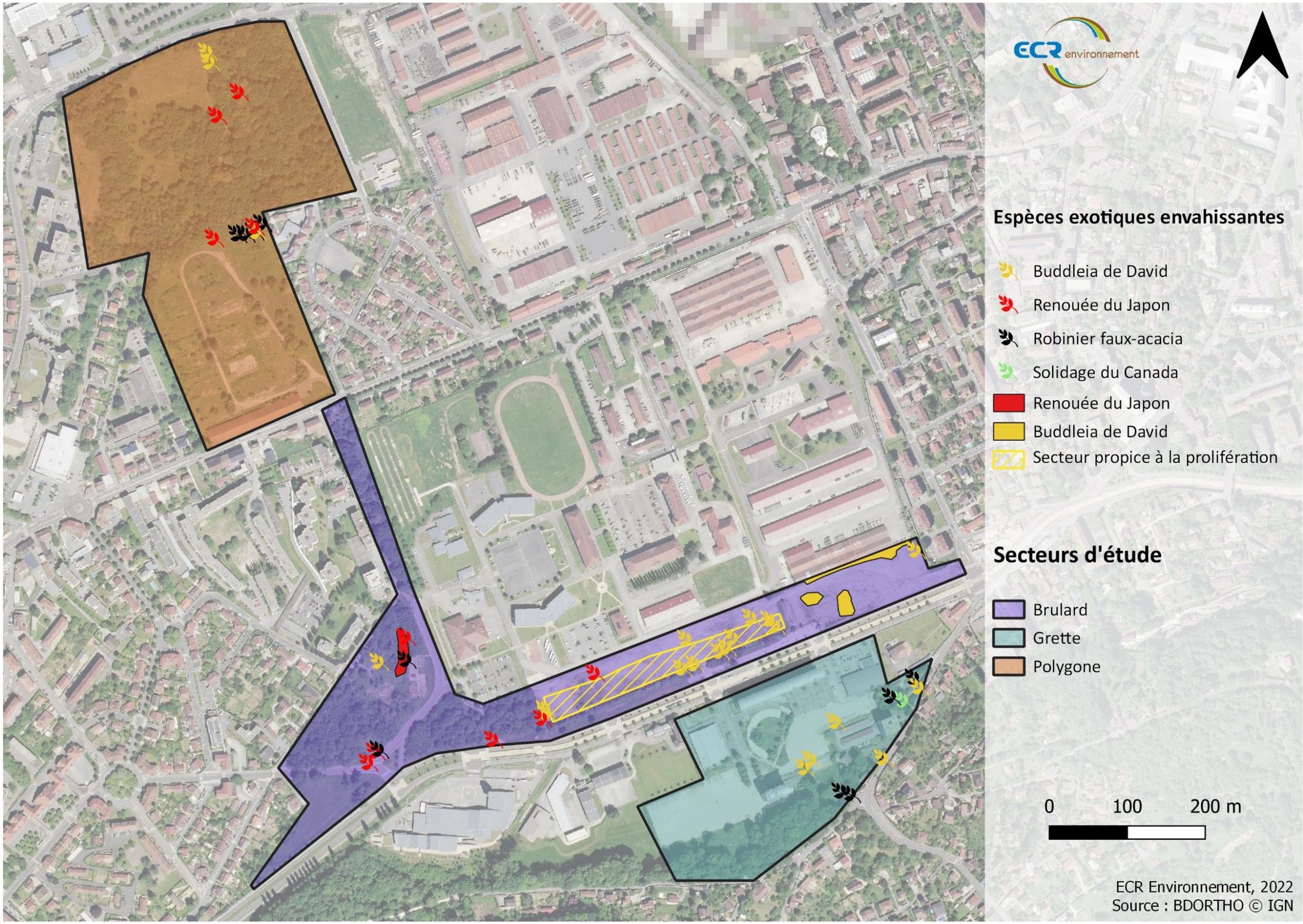


Figure 56 : Localisation des espèces exotiques envahissantes

8.6. Faune

8.6.1. Généralités

Cette partie compile les résultats obtenus sur l'ensemble des quatre passages qui ont été réalisés. Au total, 74 espèces et 3 genres ou groupes d'espèces de faune ont été répertoriés au cours des inventaires. Le taxon le mieux représenté est celui des oiseaux avec 41 espèces. Viennent ensuite les lépidoptères diurnes (17 espèces et 1 genre), les chiroptères (5 espèces), les mammifères (4 espèces et 1 genre), les orthoptères (4 espèces et 1 complexe d'espèces), les reptiles (1 espèce), les coléoptères (1 espèce) et les hémiptères (1 espèce). Aucune espèce d'amphibien ou d'odonate n'a été inventoriée.

La liste des espèces inventoriées, et les scores attribués à chaque espèce sont présentés dans les Annexes 5 à 16.

8.6.2. Avifaune

Méthodologie

Les oiseaux ont fait l'objet d'un inventaire, deux méthodes ont été utilisées :

- « L'Indice Ponctuel d'Abondance » (IPA). Le relevé consiste en un point d'écoute fixe de 10 ou 20 min (selon les saisons) sur chaque station échantillon. Plusieurs stations échantillons sont mises en place, afin de sonder un maximum d'habitats présents sur les terrains concernés par le projet ainsi que dans l'aire d'étude. Cette stratégie d'échantillonnage permet d'étudier l'aspect qualitatif de type « présence-absence ».

- Transects au sein d'un même habitat en réalisant un inventaire visuel et auditif afin d'observer les espèces présentes le long de ces transects.

Les dates des passages et les conditions météorologiques sont indiquées dans le tableau ci-dessous.

Le passage automnal s'est fait sur deux matinées : le 14 octobre 2021 pour les secteurs des Polygones et de Brulard et le 8 novembre 2021 pour le secteur de Grette. Le passage hivernal s'est fait sur une seule journée : le 18 février 2022. Le passage printanier s'est fait sur deux matinées : le 26 avril 2022 pour le secteur des Polygones et le 27 avril 2022 pour les secteurs de Grette et de Brulard. Le passage estival s'est fait sur deux matinées : le 18 juillet 2022 pour le secteur des Polygones et le 19 juillet 2022 pour les secteurs de Grette et de Brulard.

Tableau 15 : Inventaires avifaune

Saison	Dates des relevés	Activité visée	Durée de la prospection	Conditions météorologiques	Température moyenne
Inventaires diurnes					
Automne	14/10/2021	Migrateurs + sédentaires	8h30 à 12h00	Dégagé – Pas de pluie – Peu de vent – Bonne visibilité	5 à 10°C
	08/11/2021		10h à 11h		6°C
Hiver	18/02/2022	Hivernants + sédentaires	8h30 à 14h30	Nuageux avec éclaircies – Pas de pluie – Léger vent – Bonne visibilité	11 à 17°C
Printemps	26/04/2022	Nicheurs	8h10 à 10h40	Nuageux – Pas de pluie – Pas de vent – Bonne visibilité	9°C
Printemps	27/04/2022	Nicheurs	7h30 à 12h	Nuageux avec éclaircies – Pas de pluie – Léger vent – Bonne visibilité	10°
Eté	18/07/2022	Nicheurs	7h45 à 11h20	Dégagé – Pas de pluie – Léger vent – Bonne visibilité	23°C
	19/07/2022		8h15 à 11h10	Dégagé – Pas de pluie – Pas de vent – Bonne visibilité	19°C

La carte ci-dessous présente les points d'écoute qui ont été réalisés ainsi que les transects qui ont été parcourus lors des inventaires.

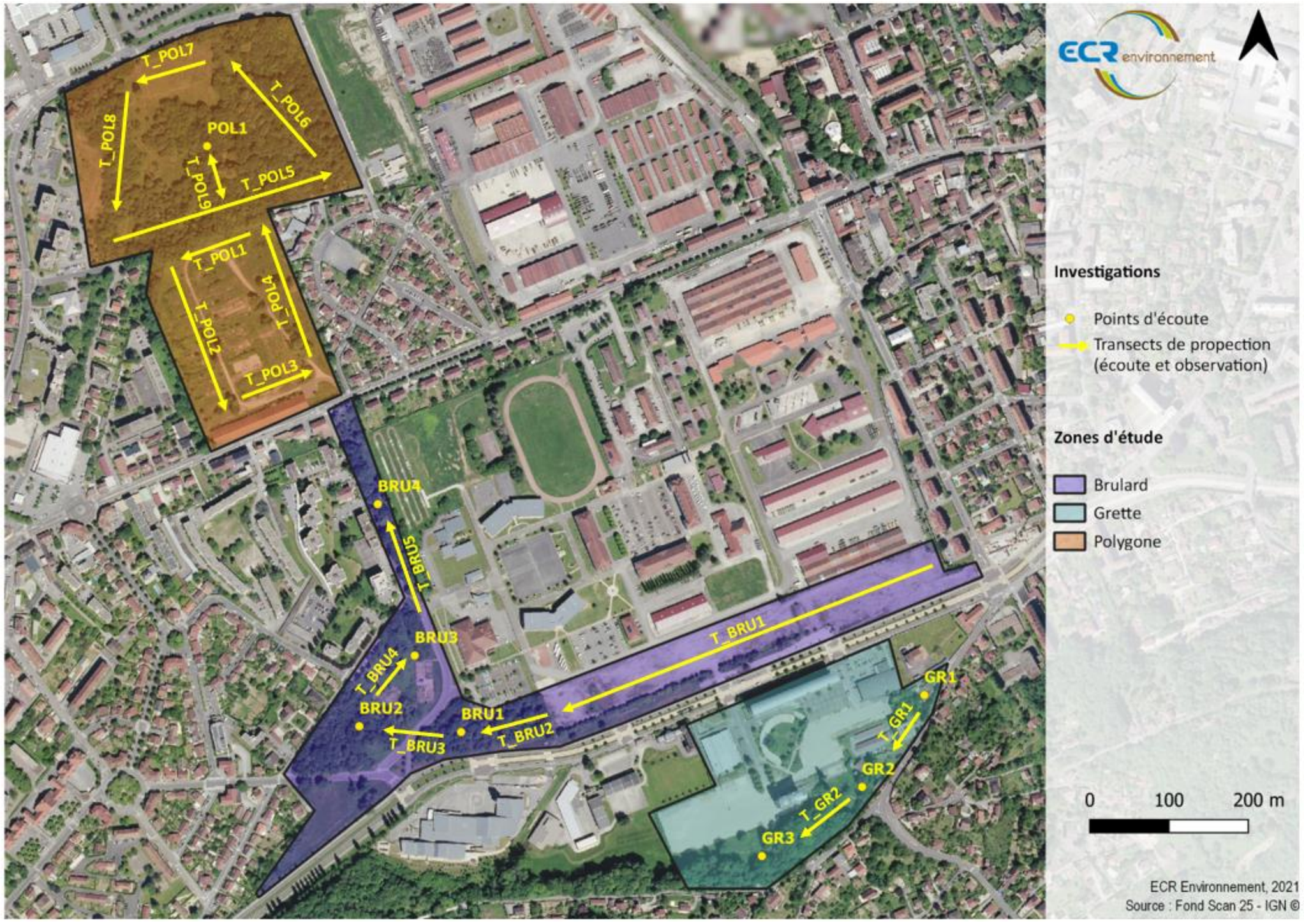


Figure 57 : Localisation des points d'écoute ainsi que des transects lors de l'inventaire de l'avifaune

Résultats des inventaires

Au cours des passages sur le terrain, **41 espèces** d'oiseaux ont été recensées sur l'ensemble de l'aire d'étude.

Parmi les espèces recensées, **30 espèces** sont protégées en France au titre de l'article 3 de l'arrêté ministériel du 29 octobre 2009 fixant la liste des oiseaux protégés sur l'ensemble du territoire et les modalités de leur protection, protégeant les individus et leurs habitats. Ces espèces sont susceptibles de constituer une contrainte réglementaire pour le projet.

2 espèces sont inscrites à l'annexe I de la Directive Oiseaux, il s'agit du Pic noir (*Dryocopus martius*) et du Milan noir *(Milvus migrans).* A ce titre, ils sont considérés comme des espèces d'intérêt communautaire.

Aucune espèce ne présente de statut de conservation à enjeu sur la liste rouge des oiseaux nicheurs d'Europe.

7 espèces sont inscrites sur la liste rouge des oiseaux nicheurs de France métropolitaine, on retrouve le Faucon crécerelle (*Falco tinnunculus*), l'Hirondelle de fenêtre (*Delichon urbicum*) et le Martinet noir (*Apus apus*), classés comme « quasi menacés » (NT), ainsi que le Chardonneret élégant (*Carduelis carduelis*), le Gobemouche noir *(Ficedula hypoleuca*), le Serin cini (*Serinus serinus*), le Verdier d'Europe (*Chloris chloris*) et qui sont classés comme « vulnérables » (VU).

3 espèces sont inscrites sur la liste rouge des oiseaux nicheurs de Franche-Comté : l'Accenteur mouchet (*Prunella modularis*) et l'Hirondelle de fenêtre (*Delichon urbicum*) qui sont classés comme « quasi menacés » (NT), ainsi que le Chardonneret élégant (*Carduelis carduelis*) qui est classé comme « vulnérable » (VU) et le Serin cini (*Serinus serinus*) qui est classé comme « en danger » (EN).

2 espèces sont déterminantes ZNIEFF en Franche-Comté, il s'agit du Gobemouche noir (*Ficedula Hypoleuca*) et du Pic noir (*Dryocopus martius*).

Habitats d'espèces et fonctionnalité des milieux

Du fait des différents paysages qui composent l'aire d'étude, l'avifaune se divise en **5 cortèges**. Les espèces se répartissent dans des cortèges en fonction de leur spécialisation, cependant, il existe des espèces ubiquistes et qui peuvent de ce fait se rencontrer dans une large gamme d'habitats, ce sont des espèces dites « généralistes ». 8 espèces généralistes ont été observées, soit 21,6 % des espèces inventoriées. Il s'agit entre autres de la Corneille noire (*Corvus corone*), la Fauvette à tête noire (*Sylvia atricapilla*), le Merle noir (*Turdus merula*) ou bien la Mésange charbonnière (*Parus major*).

- Cortèges des milieux forestiers :

Ce cortège regroupe 20 espèces, soit 48,8 % des espèces inventoriées. Les milieux forestiers sont bien représentés au sein de l'aire d'étude. On y retrouve par exemple le Grimpereau des jardins (*Certhia brachydactyla*), le Roitelet à triple bandeau (*Regulus ignicapilla*), ou encore le Pouillot véloce (*Phylloscopus collybita*). Les zones boisées constituent des milieux de vie pour la plupart des espèces de ce cortège, notamment pour se reproduire, se reposer, chasser et transiter. Les milieux forestiers sont connectés entre eux grâce à d'autres boisements de taille plus ou moins importante.

- Cortèges des milieux ouverts à semi-ouverts :

Ce cortège regroupe 5 espèces, soit 12,2 % des espèces inventoriées. Ces milieux sont bien représentés sur le site d'étude de Polygone Gendarmerie. Dans ce cortège on retrouve le Serin cini (*Serinus serinus*) qui a été entendu à l'Ouest de Brulard. Les milieux ouverts sont très peu représentés sur le site d'étude. Cependant le site de Brulard reste une zone d'étude assez ouverte malgré la propagation de la végétation ; un groupe de bergeronnettes grises (*Motacilla alba*) a d'ailleurs pu être observé dans cette zone. Ces habitats fournissent des sites de reproduction et d'alimentation, ainsi que des zones de transit pour les espèces forestières. A une échelle un peu plus globale, les milieux semi-ouverts maintiennent une certaine connectivité entre les espaces forestiers.

- Cortèges des milieux bâtis :

Ce cortège comprend 5 espèces, soit 12,2 % des espèces inventoriées. Les milieux bâtis sont bien présents au sein de l'aire d'étude (contexte urbain). On y recense le Moineau domestique (*Passer domesticus*), le Pigeon biset (*Columba livia*), le Rougequeue noir (*Phoenicurus ochruros*), l'Hirondelle de fenêtre (*Delichon urbicum*) et le Martinet noir (*Apus apus*). Les infrastructures présentes sur l'aire d'étude fournissent des habitats de reproduction et des lieux d'alimentation pour ces espèces.

- Cortèges des milieux agricoles :

Ce cortège comprend 2 espèces, soit 4,9 % des espèces inventoriées. Il s'agit du Faucon crécerelle (*Falco tinnunculus*) et de la Buse variable (*Buteo buteo*). Il n'y a pas de milieux agricoles à proprement parler sur la zone d'étude ou à proximité. Néanmoins, même si le Faucon crécerelle est très souvent rencontré en contexte agricole et qu'il est donc rattaché à ce cortège, les zones ouvertes lui conviennent bien également. Il a été vu au Nord de Brulard, à proximité des espaces ouverts de la Caserne Joffre. En ce qui concerne la Buse variable, elle a été entendue à l'extérieur de la zone d'étude. Il est probable qu'elle ne fasse que passer à proximité ou au-dessus de la zone d'étude.

- Cortèges des milieux humides :

Pour ce cortège, une seule espèce a été aperçue en vol en bordure au Sud de Brulard. Il s'agit du Héron cendré *(Ardea cinerea).* Cependant, cette espèce ne dispose pas d'un habitat adapté pour être présente sur l'aire d'étude.

C'est le cortège des **milieux forestiers** qui représente la plus forte richesse spécifique de l'aire d'étude (48,8 % des espèces recensées). Mais les **milieux ouverts à semi-ouverts** permettent également d'offrir des habitats de repos, de chasse et de reproduction pour de nombreuses espèces, dont des espèces remarquables comme le Serin cini.

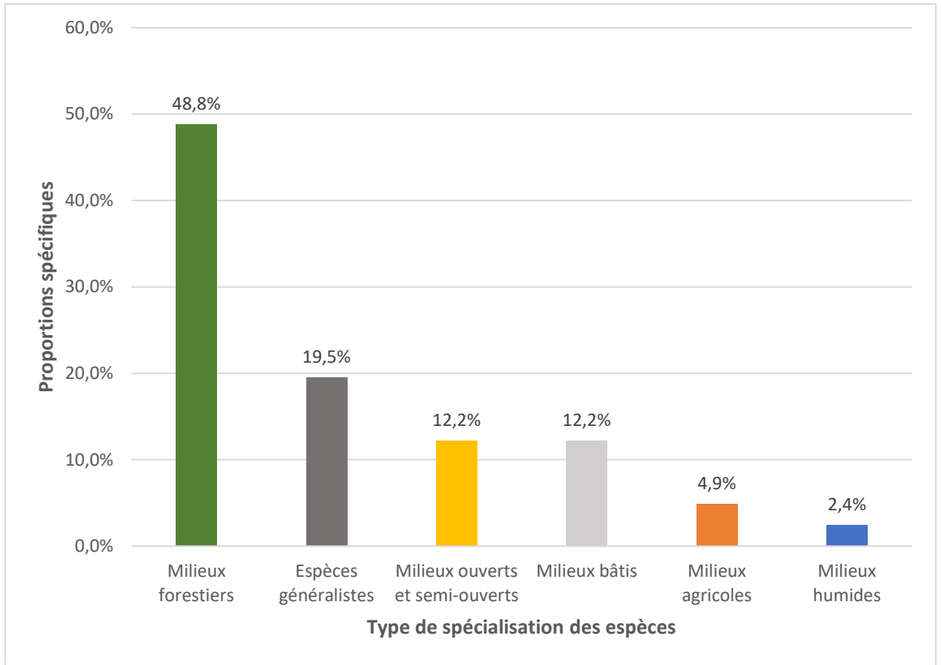


Figure 58 : Répartition des espèces selon leur type de spécialisation

Enjeux de conservation écologique concernant l'avifaune

Ici, seules les espèces qui ont été évaluées avec un enjeu de conservation égal ou plus fort que « faible » sont présentées (voir tableau des scores en Annexe 6). Remarque : il est ici question de la France **métropolitaine** uniquement et des populations **nicheuses**, sauf indication contraire.

Tableau 16 : Enjeux de conservation écologique de l'avifaune (obtenus avec la méthode d'évaluation des enjeux)

Nom commun *Nom scientifique*	Protection nationale	Directive européenne	Liste rouge nationale	Liste rouge régionale	Dét. ZNIEFF	Ecologie de l'espèce et population observée sur l'aire d'étude	Enjeux de conservation
Buse variable *Buteo buteo*	Art. 3	-	LC	LC	-	Espèce caractéristique des milieux agricoles, avec nécessité de présence d'arbres à proximité pour la nidification. Cette espèce a été entendue en été depuis le secteur de Brulard mais hors de la zone d'étude. La Buse variable a nécessairement besoin d'arbres pour sa nidification, mais plutôt que les forêts denses elle préfère les lisières, les écotones (zones de transition entre deux milieux), les bosquets et les haies. La présence de zones ouvertes à proximité est également essentielle pour la chasse, les prairies et les zones agricoles sont d'ailleurs très appréciées. Il est probable que l'espèce ne fasse que passer au-dessus de la zone d'étude ou à proximité sans y nicher. Elle peut éventuellement y chasser occasionnellement. La Buse variable est répandue dans le département du Doubs mais ses populations sont en déclin au niveau national.	**Faibles**
Choucas des tours *Corvus monedula*	Art. 3	-	LC	LC	-	Espèce généraliste. Cette espèce a été vue au printemps sur le secteur Polygone Gendarmerie. Le Choucas des tours est à l'origine une espèce des milieux rupestres, qui niche notamment dans les carrières et les falaises. Il fréquentait les steppes boisées et les espaces dégagés en général. Son adaptabilité lui a permis de s'acclimater aux milieux modifiés par l'humain, comme les vastes espaces agricoles, ainsi que les milieux urbains et ruraux, où il niche dans des espaces tels que les clochers et vieux édifices des villes et villages, les cheminées et autres cavités. Dans les parcs et jardins, il peut faire son nid dans des arbres creux. L'espèce est présente localement dans le département du Doubs et les populations sont fluctuantes au niveau national.	**Faibles**
Martinet noir *Apus apus*	Art. 3	-	NT	DD	-	Espèce rattachée aux milieux rupestres à l'origine et qui s'est bien adaptée aux milieux bâtis. Cette espèce a été vue et entendue en été, en vol au-dessus de la zone d'étude et hors de celle-ci. Le Martinet noir est à l'origine une espèce rupestre qui niche en falaise. Néanmoins, il s'est très bien adapté au bâti humain, si bien qu'il ne se rencontre plus que rarement dans ses habitats naturels de nidification. Il peut parcourir de longues distances pour aller chasser et n'arrête jamais de voler mis à part lorsqu'il nourrit les oisillons. Le Martinet noir est répandu dans le département du Doubs et les populations sont stables au niveau national.	**Faibles**
Milan noir *Milvus migrans*	Art. 3	An. I	LC	LC	-	Espèce caractéristique des milieux forestiers pour sa nidification mais qui chasse en milieux ouverts, le plus souvent agricoles. Cette espèce a été vue au printemps dans la zone d'étude rapprochée depuis le secteur Brulard. Le Milan noir est ubiquiste et se rencontre dans des milieux variés selon les pays. Ses deux principales exigences sont la présence de milieux ouverts où il chasse et celle de milieux forestiers avec des arbres suffisamment haut pour qu'il puisse y construire son nid. Il semblerait qu'il devienne de plus en plus commensal de l'Humain et de ses activités, notamment car il peut trouver des sources de nourriture abondantes en milieux anthropisés. Le Milan noir est répandu dans le département du Doubs et ses populations sont en augmentation au niveau national.	**Faibles**

Nom commun *Nom scientifique*	Protection nationale	Directive européenne	Liste rouge nationale	Liste rouge régionale	Dét. ZNIEFF	Ecologie de l'espèce et population observée sur l'aire d'étude	Enjeux de conservation
Pouillot véloce *Phylloscopus collybita*	Art. 3	-	LC	LC	-	Espèce caractéristique des milieux forestiers. Cette espèce a été entendue en automne et au printemps sur les zones boisées des secteurs Brulard et Polygones. Le Pouillot véloce est forestier, mais il apprécie les stades jeunes plutôt que les forêts denses qui sont trop sombres, il se trouve donc surtout en lisière. Il s'adapte également à d'autres milieux comme les parcs, les jardins et les bosquets. Il peut trouver des habitats de reproduction sur l'aire d'étude immédiate avec les petites surfaces boisées qui s'y trouvent. Le Pouillot véloce est répandu dans le département du Doubs mais ses populations sont en déclin au niveau national.	**Faibles**
Rossignol philomèle *Luscinia megarhynchos*	Art. 3	-	LC	LC	-	Espèce caractéristique des milieux semi-ouverts. Cette espèce a été entendue au printemps sur le secteur Polygones. Le Rossignol philomèle n'est pas forestier. En effet, il n'apprécie pas les boisements matures et préfère les lisières et les milieux de transition avec une végétation ligneuse basse et dense. Il se rencontre très souvent dans les milieux humides, notamment les ripisylves. C'est un oiseau qui sait rester discret et qu'on voit rarement. En revanche, on le repère facilement à son chant qu'on peut même entendre de nuit. Le Rossignol philomèle se nourrit principalement de coléoptères et de fourmis, mais il peut lui arriver de consommer des baies et des graines. Le nid est construit bas dans la végétation et il peut y avoir deux nichées par saison de reproduction. Le Rossignol philomèle est présent localement dans le département du Doubs et ses populations sont en amélioration au niveau national.	**Faibles**
Troglodyte mignon *Troglodytes troglodytes*	Art. 3	-	LC	LC	-	Espèce caractéristique des milieux forestiers. Cette espèce a été entendue en hiver, au printemps et en été dans les zones boisées des trois secteurs. Le Troglodyte mignon se rencontre en milieux forestiers feuillus et mixtes et occupe majoritairement la strate arbustive où il niche. Il peut trouver des habitats propices à sa reproduction avec les zones boisées et les fourrés présents sur l'aire d'étude immédiate. Le Troglodyte mignon est répandu dans le département du Doubs mais les populations sont en déclin au niveau national.	**Faibles**
Faucon crécerelle *Falco tinnunculus*	Art. 3	-	NT	LC	-	Espèce caractéristique des milieux agricoles et qui niche en bâti ou en milieu boisé. Cette espèce a été vue et entendue en hiver et au printemps dans et hors de la zone d'étude sur les secteurs de Brulard et de Polygone Génie. Pour sa nidification, le Faucon crécerelle s'installe souvent dans des bâtiments (clochers par exemple) ou occupe d'anciens nids de corvidés construits dans des arbres ou au sommet de hauts poteaux ou pylônes. La reproduction semble peu probable sur l'aire d'étude immédiate, en revanche le site constitue une très bonne zone de chasse. Le Faucon crécerelle est répandu dans le département du Doubs mais les populations sont en déclin au niveau national.	**Faibles**
Mésange bleue *Cyanistes caeruleus*	Art. 3	-	LC	LC	-	Espèce rattachée aux milieux forestiers mais considérée comme généraliste car elle se contente d'une large variété de boisements. Cette espèce a été vue et entendue à toutes les saisons et sur tous les secteurs, dans et hors de la zone d'étude. Sa biologie et son écologie sont très semblables à celles de la Mésange charbonnière. Les forêts de feuillus sont les plus appréciées par l'espèce, en particulier les chênaies, mais elle peut se contenter de milieux boisés très variés. Ainsi elle se rencontre aussi dans les bosquets, les haies, les bocages et même jusqu'en ville à condition d'y trouver des arbres. Comme beaucoup de mésanges, elle se nourrit de petits invertébrés à la belle saison, en particulier de chenilles de papillons qui sont un bon apport nutritionnel pour les petits en période de reproduction. A la mauvaise saison, son régime alimentaire devient plutôt granivore et frugivore. La nidification a lieu dans des cavités arboricoles le plus souvent, mais l'espèce peut aussi occuper des cavités rupestres de falaise et des nichoirs artificiels. Des juvéniles ont été vus en été sur le secteur Grette, la reproduction a donc été évaluée comme certaine. La Mésange bleue est répandue dans le département du Doubs et les populations sont en augmentation au niveau national.	**Faibles**

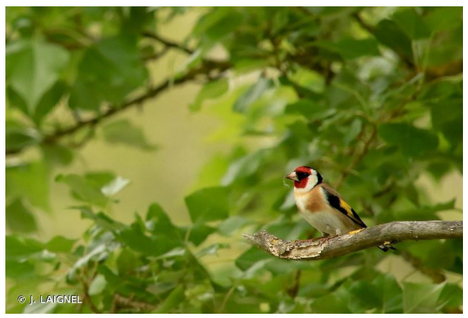
Nom commun *Nom scientifique*	Protection nationale	Directive européenne	Liste rouge nationale	Liste rouge régionale	Dét. ZNIEFF	Ecologie de l'espèce et population observée sur l'aire d'étude	Enjeux de conservation
Pic noir *Dryocopus martius*	Art. 3	An. I	LC	LC	OUI	Espèce caractéristique des milieux forestiers. Cette espèce a été entendue en hiver, au printemps et en été sur le secteur de Brulard, elle se trouvait dans l'aire d'étude rapprochée (rayon de 500 m autour de l'aire d'étude immédiate) au pied de la colline de Rosemont ou au sein même de la zone d'étude. Les milieux forestiers sont essentiels aussi bien à l'alimentation qu'à la reproduction du Pic noir. Il n'a pas d'exigence particulière concernant le type de boisement et les essences qui s'y trouvent, tant que les arbres sont grands et espacés étant donné sa taille (c'est le plus grand des pics de France et même d'Europe). Quelques arbres propices à la nidification sont présents sur l'aire d'étude immédiate dans les zones boisées, la reproduction paraît donc possible. Le Pic noir est répandu dans le département du Doubs et les populations sont en augmentation au niveau national.	**Faibles**
Verdier d'Europe *Chloris chloris*	Art. 3	-	VU	LC	-	Espèce caractéristique des milieux forestiers. Cette espèce a été vue et entendue en hiver et en été sur la zone de Brulard. Pour sa reproduction, le Verdier d'Europe occupe des milieux arborés mais peu denses comme des lisières, des zones de régénération forestière ou des haies. Les boisements qu'on trouve en parcs urbains lui conviennent particulièrement bien. Le nid est fréquemment installé dans les conifères qui le camoufle bien, mais pas exclusivement, ainsi que dans le lierre qui couvre les arbres. Il est granivore et en hiver il s'observe souvent dans les parcelles agricoles ou à proximité où il se nourrit. La reproduction est possible sur l'aire d'étude immédiate dans les surfaces boisées. Le Verdier d'Europe est répandu dans le département du Doubs mais ses populations sont en déclin au niveau national.	**Faibles à moyens**
Gobemouche noir *Ficedula hypoleuca*	Art. 3	-	VU	NA	OUI	Espèce caractéristique des milieux forestiers. Cette espèce a été vue au Nord de Polygone Génie pendant les inventaires de printemps. Le Gobemouche noir privilégie pour sa reproduction les bois matures de feuillus en terrain humide, au sous-bois clairsemé et comprenant de vieux arbres pourrissants. C'est pour cela qu'on le retrouve sur la zone dans le boisement de feuillus assez dense de Polygone. Sa reproduction semble possible sur la zone d'étude. Le Gobemouche noir est présent localement sur le département du Doubs et ses populations sont stables au niveau national.	**Faibles à moyens**
Hirondelle de fenêtre *Delichon urbicum*	Art. 3	-	NT	NT	-	Espèce caractéristique des milieux rupestres et bâtis. Cette espèce a été vue sur tous les secteurs pendant les inventaires de printemps et d'été, notamment en vol au-dessus de la zone. Pour sa reproduction, l'Hirondelle de fenêtre va nicher au sein des bâtiments et infrastructures des villes et des villages, sur des espaces tels que les avant-toits et balcons, les porches, les granges, mais aussi les églises et les ponts. Elle trouve sa nourriture à proximité de son site de reproduction et peut occasionnellement se nourrir dans les mangeoires. Sur l'aire d'étude, on pourra la retrouver aux abords des vieux bâtiments, notamment sur les zones de Polygones et de Brulard. L'Hirondelle de fenêtre est présente localement sur le département du Doubs et ses populations sont en déclin au niveau national.	**Faibles à moyens**
Chardonneret élégant *Carduelis carduelis*	Art. 3	-	VU	VU	-	Espèce caractéristique des milieux semi-ouverts. Cette espèce a été entendue en automne et au printemps à l'Ouest du secteur Brulard, au sein des boisements de feuillus. Il se rencontre dans des habitats très variés, souvent en milieux ouverts où il se nourrit de graines (majoritairement d'herbacées, en particulier des astéracées, mais aussi d'arbres). Les habitats favorables à la reproduction sont eux aussi variés, aussi bien des fourrés, des landes et des haies que des boisements. Les deux principales conditions pour la nidification sont la présence d'arbustes ou d'arbres où le nid sera construit à une hauteur de 2 à 10 m et une strate herbacée riche en guise de ressource alimentaire. Cette espèce peut être présente sur tout le site d'étude pour se nourrir et également au niveau des petits boisements pour y nicher. Le Chardonneret élégant est répandu dans le département du Doubs mais les populations sont en déclin au niveau national.	**Moyens**

Nom commun *Nom scientifique*	Protection nationale	Directive européenne	Liste rouge nationale	Liste rouge régionale	Dét. ZNIEFF	Ecologie de l'espèce et population observée sur l'aire d'étude	Enjeux de conservation
Serin cini *Serinus serinus*	Art. 3	-	VU	EN	-	Espèce caractéristique des milieux semi-ouverts. Cette espèce a été entendue et vue en automne, au printemps et en été sur les secteurs Brulard et Grette. Le Serin cini apprécie les zones bien ensoleillées. Il occupe les milieux semi-ouverts où l'on trouve à la fois des arbres et des arbustes sans préférence entre feuillus et conifères, et des espaces ouverts riches en herbacés pour son alimentation puisqu'il est granivore. Le milieu urbain est ainsi favorable à l'espèce avec ses parcs et ses jardins. Le nid est construit à la fourche d'un arbre ou d'un arbuste. Son vol zigzagant et son chant sont caractéristiques. Le Serin cini est présent localement dans le département du Doubs et les populations sont en déclin au niveau national.	**Moyens à forts**



Pic noir (*Dryocopus martius*)
© Julien Laignel


Verdier d'Europe (*Chloris chloris*)
© ECR Environnement – Sur site



Chardonneret élégant (*Carduelis carduelis*)
© Julien Laignel



Serin cini (*Serinus serinus*)
© Océane Roquinarc'h

En ce qui concerne l'avifaune, **15 espèces** présentent des enjeux de conservation qui vont de **« faibles »** à **« moyens à forts »**. Le Verdier d'Europe, le Gobemouche noir, l'Hirondelle de fenêtre, le Chardonneret élégant et le Serin cini sont celles qui présentent les enjeux les plus élevés. Ces espèces sont rattachées aux milieux forestiers, aux milieux semi-ouverts et aux milieux bâtis.

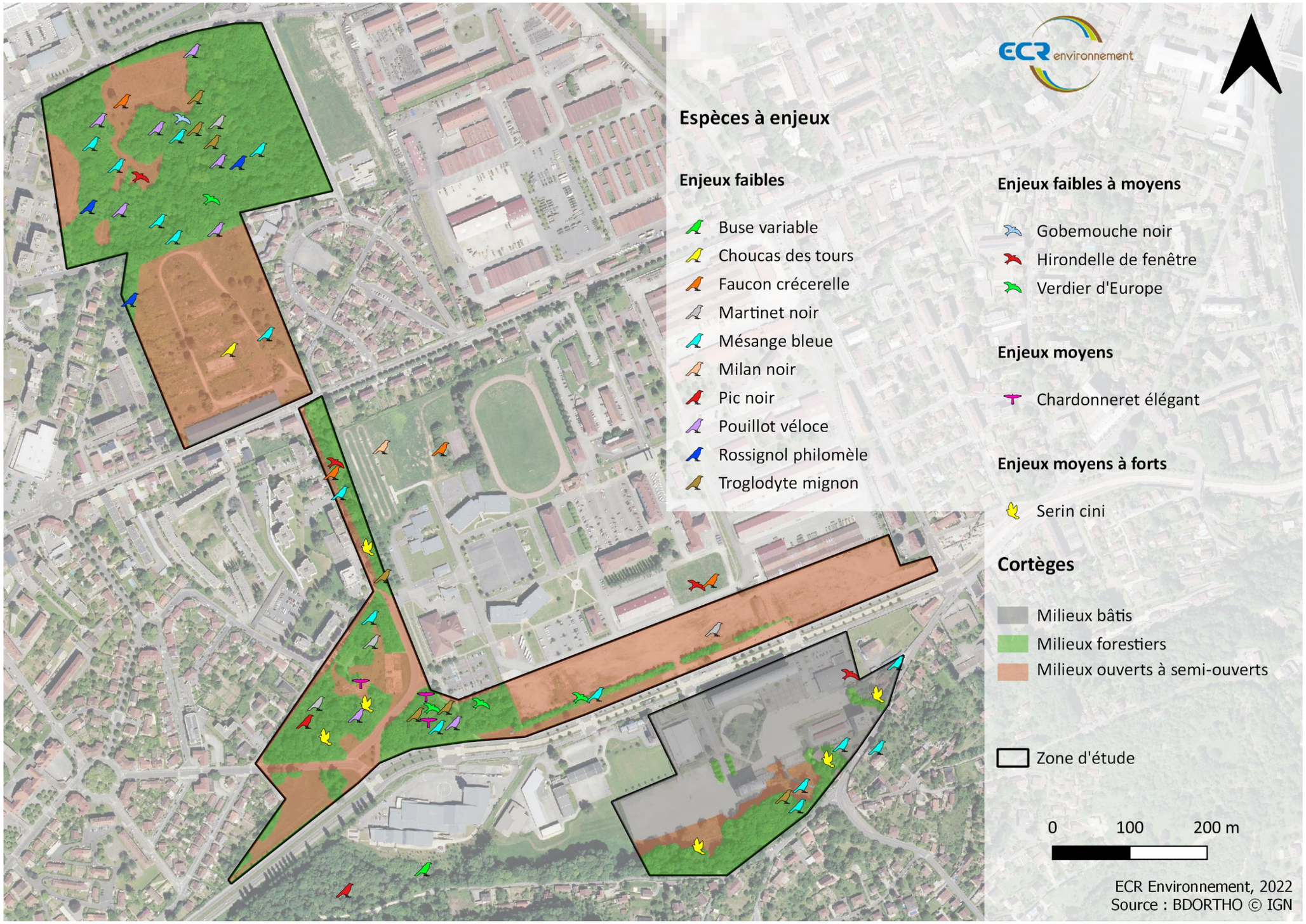


Figure 59 : Localisation des espèces remarquables pour l'avifaune

8.6.3. Mammifères (Hors chiroptères)

Méthodologie

L'observation à vue des mammifères étant difficile (farouches, crépusculaires, discrets, …), l'essentiel de l'inventaire est basé sur la bibliographie et la recherche d'indices de présence (fèces, empreintes, restes de repas, …). De plus, un effort de prospection est également mis en place pour repérer des traces de passage dans la végétation (coulées) afin de mettre en évidence d'éventuels axes de déplacement.

Tableau 17 : Inventaire des mammifères

Saison	Dates des relevés	Durée de la prospection	Conditions météorologiques	Température moyenne
Inventaires diurnes				
Automne	14/10/2021	8h30 à 12h00	Dégagé – Pas de pluie – Peu de vent – Bonne visibilité	5 à 10°C
	08/11/2021	10h à 11h		6°C
Hiver	18/02/2022	8h30 à 14h30	Nuageux avec éclaircies – Pas de pluie – Léger vent – Bonne visibilité	11 à 17°C
Printemps	26/04/2022	8h10 à 10h40	Nuageux – Pas de pluie – Pas de vent – Bonne visibilité	9°C
	27/04/2022	7h30 à 12h	Nuageux avec éclaircies – Pas de pluie – Léger vent – Bonne visibilité	10°
Eté	18/07/2022	7h45 à 11h20	Dégagé – Pas de pluie – Léger vent – Bonne visibilité	23°C
	19/07/2022	8h15 à 11h10	Dégagé – Pas de pluie – Pas de vent – Bonne visibilité	19°C

Résultats des inventaires

Au cours des prospections, **4 espèces** de mammifères ont été inventoriées : le Chevreuil européen (*Capreolus capreolus*), l'Ecureuil roux (*Sciurus vulgaris*), le Lièvre d'Europe (*Lepus europaeus*) et le Renard roux *(Vulpes vulpes).*

Des cônes d'épicéa consommés ont également été retrouvés au pied d'un épicéa sur le secteur Brulard. Ils indiquent la présence d'une ou plusieurs espèce(s) de Mulot indéterminé (*Apodemus sp.*). Etant donné qu'il n'est pas possible d'identifier l'espèce exacte à partir de cet indice, les enjeux n'ont pas été évalués.

L'Ecureuil roux est protégé au titre de l'article 2 de la liste des mammifères terrestres protégés sur l'ensemble du territoire français.

Aucune de ces 4 espèces n'est inscrite à la Directive Habitats-Faune-Flore.

Concernant les listes rouges des mammifères, il n'existe actuellement pas de liste pour la Franche-Comté, c'est donc celle de Bourgogne qui a été utilisée. Toutes les espèces sont classées en « préoccupation mineure » (LC) sur les listes rouges européenne, nationale et régionale.

Aucune espèce n'est déterminante ZNIEFF en Franche-Comté.

Habitats d'espèces et fonctionnalité des milieux

Les mammifères terrestres inventoriés appartiennent à **2 cortèges**.

- Cortèges des milieux forestiers :

Ce cortège regroupe 3 espèces qui sont le Chevreuil européen, l'Écureuil roux et le Renard roux. Les milieux forestiers sont bien représentés au sein de l'aire d'étude, en particulier sur le secteur des Polygones ; l'Ecureuil roux a d'ailleurs été observé sur ce secteur. Les zones boisées constituent des milieux de vie pour la plupart des espèces de ce cortège, notamment pour se reproduire, se reposer, se nourrir et transiter.

- Cortèges des milieux ouverts à semi-ouverts :

Ce cortège comprend 1 espèce, il s'agit du Lièvre d'Europe. Ces milieux sont bien représentés sur le site d'étude de Polygone Gendarmerie et de Brulard. Ces habitats fournissent des sites de reproduction et d'alimentation, ainsi que des zones de transit ou encore de chasse pour les espèces de ce cortège, mais également pour les espèces forestières.

En ce qui concerne les déplacements sur la zone d'étude, de nombreuses coulées (« couloirs » marqués par des passages réguliers de la faune terrestre) ont été observées sur le secteur des Polygones (Figure 60).

Enjeux de conservation écologique concernant les mammifères (hors chiroptères)

Ici, seules les espèces qui ont été évaluées avec un enjeu de conservation égal ou plus fort que « faible » sont présentées (voir tableau des scores en Annexe 8).

Les enjeux de conservation concernant l'Ecureuil roux ont été évalués comme **« faibles »**. Les enjeux ont été évalués comme « négligeables » pour les 3 autres espèces de mammifères.

Tableau 18 : Enjeux de conservation écologique des mammifères (obtenus avec la méthode d'évaluation des enjeux)

Nom commun *Nom scientifique*	Protection nationale	Directive européenne	Liste rouge nationale	Liste rouge régionale	Dét. ZNIEFF	Ecologie de l'espèce et population observée sur l'aire d'étude	Enjeux de conservation
Écureuil roux *Sciurus vulgaris*	Art. 2	-	LC	LC	-	Espèce caractéristique des milieux forestiers. Cette espèce a été vue en automne au sein des boisements du secteur Polygone Génie. L'Ecureuil roux est actif uniquement de jour et passe la nuit dans un nid installé dans le houppier d'un arbre ou dans une cavité. Il se nourrit de graines d'arbres, notamment des glands, des noisettes et des graines extraites de pommes de pin ou de cônes d'épicéa. Exceptionnellement, il lui arrive de se nourrir également d'insectes, voire d'œufs d'oiseaux ou encore d'oisillons. Il participe à la dissémination des graines en les enterrant pour constituer des réserves qu'il ne retrouve pas toujours. Sa reproduction a lieu du printemps à l'automne. La gestation dure 5 à 6 semaines et il n'y a généralement qu'une portée par saison. L'Ecureuil roux est répandu dans le département du Doubs.	**Faibles**



Écureuil roux (*Sciurus vulgaris*)
© ECR Environnement – Sur site

Les enjeux de conservation ont été évalués comme **« faibles »** pour 1 espèce : l'Écureuil roux (*Sciurus vulgaris*). Il occupe principalement les milieux forestiers où il se nourrit et se reproduit. Il a été vu sur les secteurs des Polygones et la Grette, où les boisements offrent un milieu de vie favorable à l'espèce.

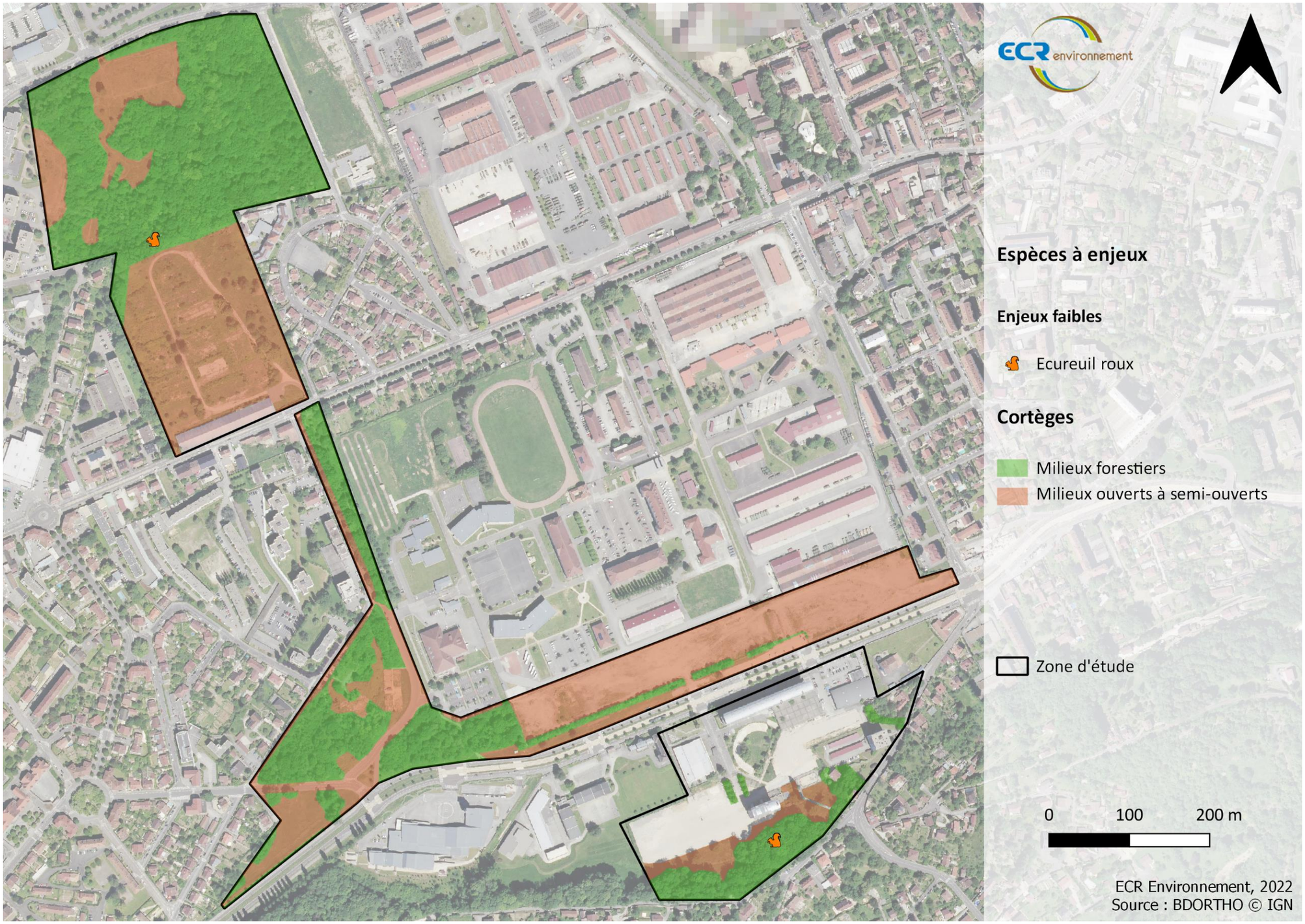


Figure 60 : Localisation des espèces remarquables et des axes de déplacement des mammifères

8.6.4. Chiroptères

Méthodologie

L'inventaire des chiroptères a été réalisé en différentes étapes. La première étape des inventaires consiste à un repérage diurne des sites favorables et des éventuels gîtes (arbres à cavités, infrastructure urbaine et bâtiments abandonnés notamment). De plus, une lecture du paysage permet de repérer des corridors potentiels (haies, lisières, murs, …) qui sont confirmés ou pas lors du passage nocturne.

La deuxième étape consiste à réaliser un inventaire nocturne qui a pour but d'identifier les espèces fréquentant le site et d'analyser leur activité (chasse, transit, …). Il a été réalisé grâce à la mise en place de **7 points d'écoute** qui durent de 15 à 20 min en fonction de l'activité et sont réalisés grâce à un Pettersson D240x (détecteur d'ultrasons). De plus, entre les points d'écoute sont réalisés des transects d'écoute parcourus lentement.

Cette méthode d'inventaire dite « active » est complétée par la pose d'une Batbox (enregistreur automatique) dans le boisement du secteur Polygone Génie. Cet appareil permet d'enregistrer des contacts tout au long de la nuit et de compléter l'inventaire actif qui a lieu en début de nuit. Il a été posé pendant 1 nuit au printemps et pendant 2 nuits en été.

Tableau 19 : Inventaire des chiroptères

Saison Cycle de vie	Dates des relevés	Objectif	Durée de la prospection	Conditions météorologiques	Température moyenne
Inventaires diurnes					
Hiver Hibernation	18/02/2022	Recherche de gîtes	8h30 à 14h30	Nuageux avec éclaircies – Pas de pluie – Léger vent – Bonne visibilité	11 à 17°C
Inventaires nocturnes					
Printemps Vers les gîtes de transition	17/05/2022	Identifier les zones de transit et de chasse	22h30 à 1h00	Dégagé – Pas de vent	21°C
Eté Vers les gîtes de mise-bas	18/07/2022 (18 + 19 pour le SM4)	Identifier les zones de transit et de chasse	21h45 à 00h00	Dégagé – Pas de vent	27°C



Pettersson D240x
(Source : © Wildcare.eu)



Enregistreur acoustique SM4
(Source : © Wildcare.eu)

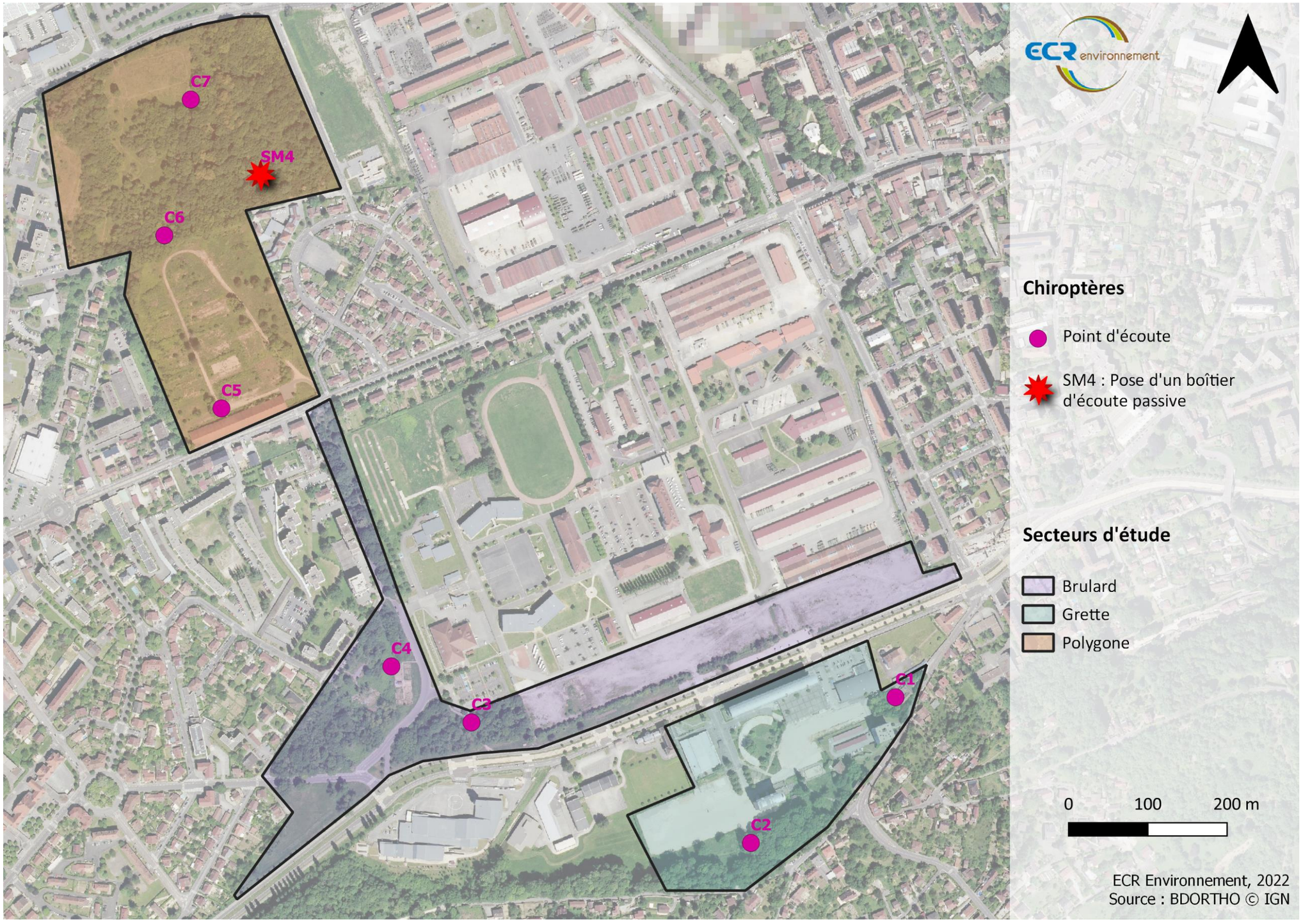


Figure 61 : Localisation des points d'écoute et des transects pour l'inventaire des chiroptères

Résultats des inventaires

Au cours des passages sur le terrain à l'aide des points d'écoute et de l'enregistreur SM4, **5 espèces** de chiroptères ont été recensées sur l'ensemble de l'aire d'étude et à proximité :

- Pipistrelle commune (*Pipistrellus pipistrellus*)
- Pipistrelle de Kuhl (*Pipistrellus kuhlii*)
- Pipistrelle de Nathusius (*Pipistrellus nathusii*)
- Pipistrelle pygmée (*Pipistrellus pygmaeus*)
- Murin de Daubenton (*Myotis daubentonii*)

L'ensemble des espèces de chiroptères sont protégées en France au titre de l'article 2 de l'arrêté ministériel du 23 avril 2007 fixant la liste des mammifères terrestres protégés sur l'ensemble du territoire et les modalités de leur protection, protégeant les individus et leurs habitats.

De plus, **toutes les espèces** contactées sont inscrites à l'annexe IV de la Directive européenne Habitats-Faune-Flore. Ces espèces sont considérées d'intérêt communautaire. A noter qu'elles font également l'objet d'un Plan National d'Actions (2016 – 2025).

Aucune espèce n'est déterminante ZNIEFF en Franche-Comté (certaines peuvent l'être, mais à condition qu'un nombre suffisant d'individus ait été observé ; or nos inventaires ne nous permettent pas de nous prononcer).

2 espèces sont inscrites sur les listes rouges nationale et/ou régionale des chiroptères :

- Pipistrelle commune (*Pipistrellus pipistrellus*) (NT France)
- Pipistrelle de Nathusius (*Pipistrellus nathusii*) (NT France – NT Franche-Comté)

Les espèces rencontrées sont principalement des espèces **opportunistes** qui chassent à proximité des sources lumineuses en raison de l'attractivité des lampadaires sur les insectes.

Les prospections diurnes ont permis de recenser des arbres favorables aux chiroptères au sein de l'aire d'étude immédiate. Ces arbres comportent des cavités potentiellement favorables à la présence ou l'installation de gîtes d'hibernation et/ou de mise bas (Figure 62, Figure 63, Figure 64). Un arbre mort sur pied présentant des cavités a également été observé sur le secteur Polygone Génie, mais il était au sol au moment du passage estival et ne paraît donc plus favorable à l'accueil d'un gîte de chiroptères.

En plus de ces quelques arbres présentés dans ce document, la société Forest Allia a identifié 117 arbres remarquables sur l'ensemble de la zone d'étude (Figure 67 et Figure 68).

De plus, **un bâtiment assez ancien** est présent au sein de la zone d'étude, il s'agit de l'actuelle bergerie municipale. Des potentialités ont été remarquées pour le passage des chiroptères (**trou dans la toiture** notamment). Plusieurs espèces recensées sur site pourraient gîter au sein de ce derniers. Ainsi, une prospection a été réalisée à l'intérieur, à l'aide d'une **caméra thermique** afin de révéler la présence de gîtes. Néanmoins aucune activité n'a été remarquée.



Figure 62 : Arbre à cavités sur le secteur Polygone Génie, sur pied au printemps mais au sol au passage estival (n°4 sur la Figure 65)



Figure 63 : Arbre à cavités au Nord du secteur Brulard (n°2 sur la Figure 65)



Figure 64 : Arbre à cavités sur le secteur Polygone Gendarmerie (n°3 sur la Figure 65)

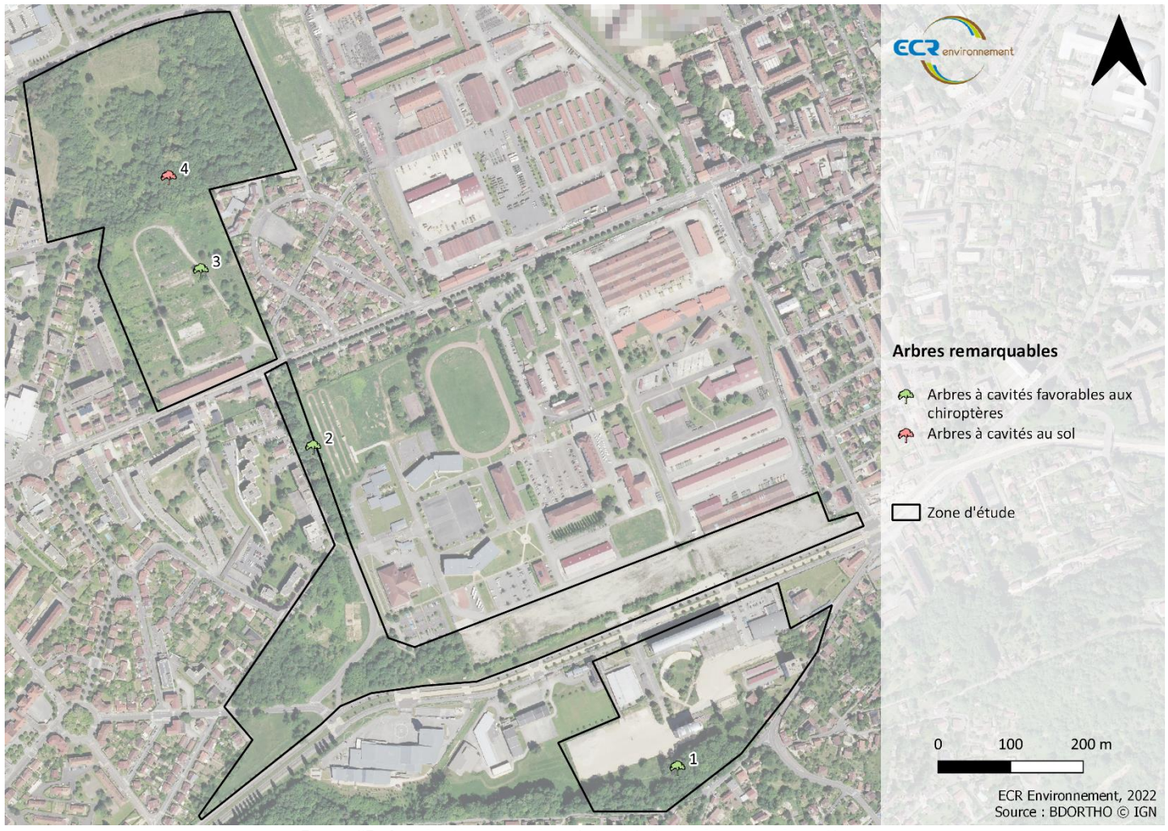


Figure 65 : Localisation des arbres à cavités favorables aux chiroptères



Figure 66 : Bâtiment présent au sein du site, présentant des potentialités d'installation de gîtes



Figure 67 : Carte de localisation des arbres remarquables – Secteur Polygones (Source : ForestAllia)



Figure 68 : Carte de localisation des arbres remarquables – Secteur Brulard et Grette (Source : ForestAllia)

Activités des chiroptères au sein de l'aire d'étude

- Au niveau des transects et des points d'écoute :

Les points d'écoute ont été réalisés dans les boisements de la zone d'étude ou en lisières de ceux-ci, ainsi qu'à proximité du hangar situé au Sud du secteur Polygone Gendarmerie. Ces inventaires « actifs » ont permis d'enregistrer les espèces en transit et/ou en chasse.

Tableau 20 : Nombre de contacts et espèces contactées à chaque point d'écoute active

Points d'écoute	Printemps			Eté		
	Nombre de contacts	Espèces rencontrées	Activité	Nombre de contacts	Espèces rencontrées	Activité
C1	1	Pipistrelle commune	Faible	0	-	Nulle
C2	8	Pipistrelle commune Pipistrelle de Kuhl Pipistrelle de Nathusius Pipistrelle pygmée	Moyenne	4	Chiroptères indéterminés	Faible
C3	6	Pipistrelle commune Pipistrelle de Kuhl Pipistrelle de Nathusius	Moyenne	0	-	Nulle
C4	2	Pipistrelle commune Pipistrelle de Kuhl	Faible	0	-	Nulle
C5	2	Pipistrelle commune Pipistrelle de Nathusius	Faible	3	Chiroptères indéterminés	Faible
C6	2	Pipistrelle commune	Faible	0	-	Nulle
C7	4	Pipistrelle commune Pipistrelle de Kuhl	Faible	18	Pipistrelle commune Pipistrelle pygmée Pipistrelle de Kuhl Chiroptères indéterminés	Forte
T_C3	3	Pipistrelle de Kuhl	Faible	4	Chiroptères indéterminés	Faible
T_C4_C5	4	Pipistrelle commune – Murin de Daubenton	Faible	0	-	Nulle
T_C5_C6	2	Pipistrelle de Kuhl	Faible	0	-	Nulle
T_C6	4	Pipistrelle commune Pipistrelle de Kuhl Pipistrelle de Nathusius	Faible	6	Pipistrelle commune Chiroptères indéterminés	Faible
T_C6_C7	0	-	Nulle	5	Chiroptères indéterminés	Faible

Les activités soulignées en vert correspondent à une activité de chasse sur le point ou le transect.
T_C4_C5 : Transect de C4 à C5 (voir Figure 61)
T_C5_C6 : Transect de C5 à C6 (voir Figure 61)
T_C3 : Transect jusqu'à C3 (voir Figure 61)
T_C6 : Transect à proximité de C6 (voir Figure 61)
T_C6_C7 : Transect de C6 à C7 (voir Figure 61)

Au printemps, l'activité la plus élevée a été mesurée aux points C2 et C3 (activité moyenne) avec respectivement 8 contacts pour 4 espèces contactées et 6 contacts pour 3 espèces contactées. Le point C3 est vraisemblablement une zone de chasse pour les chiroptères.

En été, l'activité la plus élevée a été mesurée au point C7 (activité forte) avec 18 contacts pour 3 espèces contactées. Il s'agit vraisemblablement d'une zone de chasse pour les chiroptères.

- Au niveau de l'enregistreur :

Lors du passage printanier du 18/05/2022, 3 espèces ont été inventoriées grâce à l'enregistreur. D'autres contacts ont été enregistrés sans qu'aucune espèce ni aucun groupe d'espèces ne puissent leur être attribués. Au total **194 contacts** ont été enregistrés sur l'ensemble de la nuit, ce qui a été évalué comme une activité globalement **faible**. C'est la Pipistrelle commune qui a comptabilisé le plus de contacts : 138, soit 71 % des contacts. L'activité de cette espèce sur cette zone a été évaluée comme forte. Vient ensuite la Pipistrelle pygmée avec 27 contacts, soit 14 % des contacts. L'activité de cette espèce sur cette zone a été évaluée comme moyenne. Les autres espèces ou groupes d'espèces présentent une activité faible.

Lors du passage estival du 18/07/2022, 3 espèces et 1 groupe d'espèces ont été inventoriés grâce à l'enregistreur. Au total **282 contacts** ont été enregistrés sur les 2 nuits, ce qui a été évalué comme une activité globalement **faible**. C'est la Pipistrelle commune qui a comptabilisé le plus de contacts : 136, soit 48 % des contacts. L'activité de cette espèce sur cette zone a été évaluée comme **moyenne** étant donné que ces résultats ont été obtenus sur 2 nuits d'enregistrement.
Les autres espèces ou groupes d'espèces présentent une activité faible.

Tableau 21 : Nombre de contacts par espèce ou groupe d'espèces contactés par l'enregistreur

Espèces ou groupe d'espèces	Printemps (1 nuit)			Eté (2 nuits)		
	Contacts		Activité	Contacts		Activité
	Nombre	Pourcentage		Nombre	Pourcentage	
Chiroptères indéterminés	12	6%	Faible	48	17%	Faible
Pipistrelle de Kuhl (Pipikuh)	17	9%	Faible	29	10%	Faible
Groupe « PipMi »[1]	0	0%	Nul	27	10%	Faible
Pipistrelle commune (Pippit)	138	71%	Forte	136	48%	Moyenne
Pipistrelle pygmée (Pippyg)	27	14%	Moyenne	42	15%	Faible
	194	100%	**Activité globale faible**	282	100%	**Activité globale faible**

La diversité spécifique des chiroptères de l'aire d'étude est assez faible avec au total **5 espèces inventoriées**. L'activité globale est également faible, mise à part aux **points C2, C3 et C7** où les contacts enregistrés ont été plus nombreux qu'ailleurs. C'est visiblement là que l'activité la plus forte se concentre et il s'agit sans doute de **zones de chasse**.
Les lisières de boisements ont été identifiées comme des **axes de déplacement** potentiels grâce à cette étude. Ces corridors ont une importance majeure dans la fonctionnalité écologique du site, que ce soit pour les chiroptères ou pour d'autres taxons de faune.

[1] PipMi : Pipistrelles à hautes fréquences et Minioptères

Enjeux de conservation écologique concernant les chiroptères

Au total, 5 espèces ont été inventoriées, ce qui représente une richesse spécifique relativement faible (à titre de comparaison, 28 espèces sont actuellement connues en Franche-Comté et 35 en France). Néanmoins, elles présentent toutes des enjeux de conservation notables et témoignent de la valeur écologique de la zone d'étude, en particulier étant donné qu'elle se trouve au sein d'une agglomération.
Ici, seules les espèces qui ont été évaluées avec un enjeu de conservation égal ou plus fort que « faible » sont présentées (voir tableau des scores en Annexe 10).
La carte qui suit le tableau présente la localisation des espèces de chiroptères qui ont été inventoriées, ainsi que leurs axes de déplacement (flèches noires).

Tableau 22 : Enjeux de conservation écologique des chiroptères (obtenus avec la méthode d'évaluation des enjeux)

Nom commun *Nom scientifique*	Protection nationale	Directive européenne	Liste rouge nationale	Liste rouge régionale	Dét. ZNIEFF	Ecologie de l'espèce et population observée sur l'aire d'étude	Enjeux de conservation
Pipistrelle commune *Pipistrellus pipistrellus*	Art. 2	An. IV	NT	LC	-	Espèce plutôt forestière à l'origine mais qui s'adapte très bien à de nombreux milieux, notamment les zones urbaines. Cette espèce a été contactée au printemps et en été sur tous les points et sur certains transects. Son activité est moyenne sur l'ensemble des inventaires, avec une activité plus élevée au point C3 au printemps et au point C7 en été. La Pipistrelle commune utilise généralement des bâtiments pour ses gîtes d'hibernation et de mise bas, parfois des cavités arboricoles pour l'hibernation. Elle chasse dans des milieux variés : zones humides, zones urbaines avec éclairage public, milieux boisés, milieux agricoles. La reproduction de cette espèce est possible sur la zone d'étude car il y a des bâtiments qui pourraient servir de sites de mise bas, notamment sur les secteurs Grette et Brulard. De plus, certains arbres à cavités observés sur le secteur Polygone peuvent constituer des gîtes d'hibernation. La Pipistrelle commune est répandue en Franche-Comté et elle est signalée par la CPEPESC FC sur Besançon et à proximité.	**Faibles**
Pipistrelle de Kuhl *Pipistrellus kuhlii*	Art. 2	An. IV	LC	LC	-	Espèce plutôt anthropophile. Cette espèce a été contactée au printemps et en été sur les points C2, C3, C4 et C7. Son activité est faible sur l'ensemble des inventaires, mais elle est plus élevée au printemps qu'en été. La Pipistrelle de Kuhl est présente dans de nombreux milieux anthropisés, aussi bien dans les villages que dans les agglomérations plus denses. Pour ses gîtes d'hibernation et de mise bas, elle utilise principalement des bâtiments, mais elle peut aussi occuper des milieux rupestres (parois rocheuses, fissures de falaises, …). Elle chasse dans des milieux ouverts, des boisements, des zones humides, qui sont les mêmes que la Pipistrelle commune. Sur la zone, sa reproduction est possible dans les bâtiments et elle peut trouver sa nourriture dans les parcs et jardins éclairés. La Pipistrelle de Kuhl est présente localement en Franche-Comté et elle est signalée par la CPEPESC FC à proximité de Besançon.	**Faibles**
Murin de Daubenton *Myotis daubentonii*	Art. 2	An. IV	LC	LC	-	Espèce plutôt rattachée aux milieux humides. Cette espèce a été contactée au printemps sur le transect entre les points C4 et C5. Son activité est faible et se concentre sur le printemps. Le Murin de Daubenton occupe des milieux souterrains (naturels ou artificiels) et des cavités arboricoles pour ses gîtes d'hibernation. Ses gîtes de mise bas sont plus diversifiés : cavités arboricoles, nichoirs, joints de dilatation des ponts, … Il chasse majoritairement sur les plans d'eau calmes dépourvus de végétation, mais aussi dans les prairies humides et le long des lisières forestières. La reproduction est possible sur la zone d'étude dans les arbres remarquables observés sur le secteur Polygone et les lisières forestières pourraient convenir pour la chasse. Le Murin de Daubenton est répandu en Franche-Comté et il est signalé par la CPEPESC FC sur Besançon et à proximité, ainsi que sur de nombreux sites dans le Doubs.	**Faibles**

Nom commun *Nom scientifique*	Protection nationale	Directive européenne	Liste rouge nationale	Liste rouge régionale	Dét. ZNIEFF	Ecologie de l'espèce et population observée sur l'aire d'étude	Enjeux de conservation
Pipistrelle pygmée *Pipistrellus pygmaeus*	Art. 2	An. IV	LC	LC	-	Espèce forestière à l'origine. Cette espèce a été contactée au printemps et en été sur les points C2 et C7. Son activité est faible au printemps mais forte en été. La Pipistrelle pygmée affectionne particulièrement les espaces forestiers (boisements, haies, lisières) situés à proximité d'un cours d'eau (ripisylves, prairies humides). Ses gîtes sont assez variés et peuvent être constitués par des bâtiments abandonnés en milieu urbain notamment, mais aussi des cavités arboricoles. La reproduction est possible sur la zone d'étude, aussi bien dans les bâtiments que dans certains arbres. La Pipistrelle pygmée est rare en Franche-Comté mais elle est signalée par la CPEPESC FC à proximité de Besançon et sur plusieurs sites dans le Doubs.	**Faibles à moyens**
Pipistrelle de Nathusius *Pipistrellus nathusii*	Art. 2	An. IV	NT	NT	-	Espèce forestière. Cette espèce a été contactée au printemps sur les points C2, C3 et C5, ainsi que sur le transect à proximité du point C6. Son activité est faible et se concentre uniquement sur le printemps. Tout comme la Pipistrelle commune, la Pipistrelle de Nathusius peut s'accommoder pour sa reproduction de bâtiments des villes et des villages. Néanmoins, c'est une espèce à dominante forestière, qui occupe principalement les milieux boisés riches en plans d'eau, tels que les lisières humides. Ses gîtes d'hibernation et de mise bas sont divers : cavités arboricoles, fissures et décollements d'écorces, bâtiments et nichoirs (pour l'hibernation uniquement). La reproduction est possible sur la zone d'étude, qui offre également des terrains de chasse à l'espèce. La Pipistrelle de Nathusius est présente localement en Franche-Comté et elle est signalée par la CPEPESC FC à proximité de Besançon et sur plusieurs sites dans le Doubs.	**Faibles à moyens**


Pipistrelle commune (*Pipistrellus pipistrellus*)
© Daniel Sirugue


Pipistrelle de Kuhl (*Pipistrellus kuhlii*)
© Laurent Arthur


Murin de Daubenton (*Myotis daubentonii*)
© David Aupermann


Pipistrelle pygmée (*Pipistrellus pygmaeus*)
© Laurent Arthur


Pipistrelle de Nathusius (*Pipistrellus nathusii*)
© Laurent Arthur

Au total, 5 espèces de chiroptères ont été inventoriées sur la zone d'étude. Elles présentent des enjeux de conservation allant de **« faibles » à « faibles à moyens »**, la **Pipistrelle de Nathusius** étant l'espèce qui présente les enjeux les plus élevés. L'activité est relativement faible sur la globalité de la zone d'étude, mais les **points C2 et C3** qui sont situés en zones boisées présentent une activité **moyenne** au printemps et le **point C7** qui se trouve en lisière d'une clairière présente une activité **forte** en été. Ces points sont sans doute des zones de chasse, tandis que les autres où il y a eu peu de contacts correspondent plutôt à des corridors de déplacement. D'autre part, des **arbres à cavités** ont été recensés dans les boisements du secteur Polygones, ainsi que des **bâtiments** favorables aux chiroptères (hangar sur le secteur Polygone Gendarmerie) : ils peuvent servir de sites de mise bas ou des gîtes hivernaux pour les espèces présentes sur la zone d'étude.

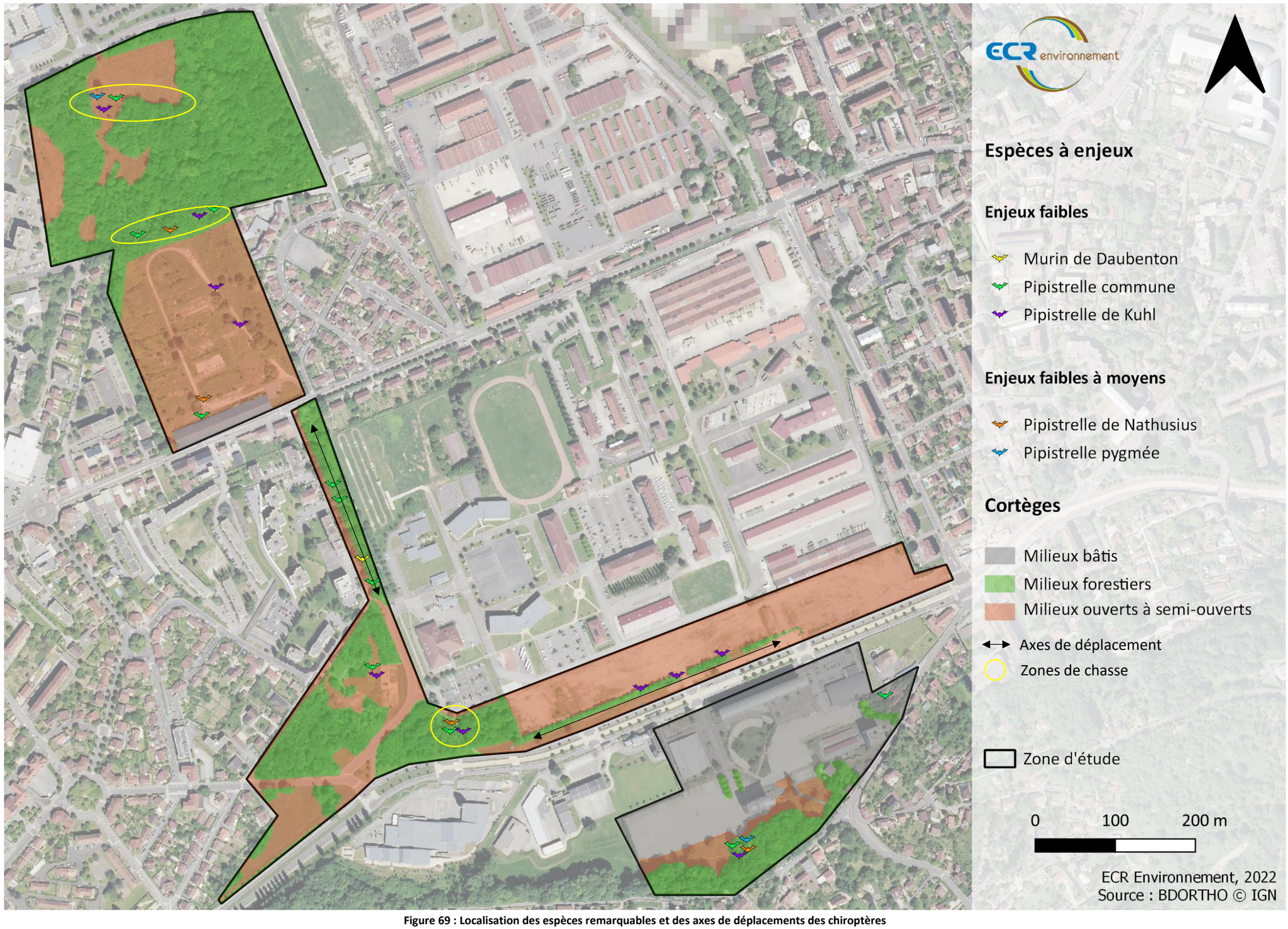


Figure 69 : Localisation des espèces remarquables et des axes de déplacements des chiroptères

8.6.5. Reptiles

Méthodologie

Des prospections ont été réalisées en s'attardant particulièrement au niveau des micro-biotopes favorables (murets, murs d'enceinte, pierriers ou tas de bois), des lisières et des secteurs ouverts à substrat meuble.

De plus, ces prospections ont eu lieu le matin quand il ne faisait pas trop chaud. En effet, contrairement aux idées reçues, les journées ou les heures les plus chaudes ne sont pas les périodes les plus favorables : une température extérieure élevée ou un ensoleillement fort va permettre aux reptiles d'atteindre rapidement l'optimum thermique, ils vont donc rejoindre leur abri plus tôt. Les journées trop froides, qui ne permettent pas une thermorégulation efficace, sont également défavorables puisque les animaux restent alors cantonnés dans leur abri.

Tableau 23 : Inventaire des reptiles

Saison	Dates des relevés	Durée de la prospection	Conditions météorologiques	Température début de matinée
Inventaires diurnes				
Printemps	26/04/2022	8h10 à 10h40	Nuageux – Pas de pluie – Pas de vent – Bonne visibilité	9°C
	27/04/2022	7h30 à 12h	Nuageux avec éclaircies – Pas de pluie – Léger vent – Bonne visibilité	10°
Eté	18/07/2022	7h45 à 11h20	Dégagé – Pas de pluie – Léger vent – Bonne visibilité	23°C
	19/07/2022	8h15 à 11h10	Dégagé – Pas de pluie – Pas de vent – Bonne visibilité	19°C

Résultats des inventaires

Au cours des prospections, **1 espèce** de reptile a été inventoriée : le Lézard des murailles (*Podarcis muralis*).

Le Lézard des murailles est **protégé** au niveau national au titre de l'article 2 de l'arrêté du 8 janvier 2021 fixant la liste des amphibiens et des reptiles représentés sur le territoire métropolitain protégés sur l'ensemble du territoire national et les modalités de leur protection.

Il est inscrit à l'**annexe IV de la Directive Habitats-Faune-Flore**.

Il est classé en « préoccupation mineure » (LC) sur les listes rouges européenne, nationale et régionale.

Il n'est pas déterminant ZNIEFF en Franche-Comté.

Habitats d'espèces et fonctionnalité des milieux

Le Lézard des murailles peut occuper des milieux divers et variés, il est donc considéré comme généraliste et ne peut pas être rattaché à un cortège en particulier.

Plus largement, les reptiles se rencontrent le plus souvent dans les milieux ouverts à semi-ouverts.

- Cortèges des milieux ouverts à semi-ouverts :

Ce cortège comprend de nombreux reptiles. Ils se rencontrent fréquemment dans ces milieux, en particulier les milieux semi-ouverts où ils peuvent trouver des zones de thermorégulation où ils peuvent s'exposer au soleil pour réguler leur température corporelle, et des arbustes ou des lisières forestières où ils peuvent se réfugier. Néanmoins, plus qu'un type de milieux, ce sont surtout des éléments paysagers spécifiques qui peuvent être attractifs pour les reptiles, par exemple des murets de pierre ou des tas de bois.

Enjeux de conservation écologique concernant les reptiles

Ici, seules les espèces qui ont été évaluées avec un enjeu de conservation égal ou plus fort que « faible » sont présentées (voir tableau des scores en Annexe 12).

Tableau 24 : Enjeux de conservation écologique des reptiles (obtenus avec la méthode d'évaluation des enjeux)

Nom commun *Nom scientifique*	Protection nationale	Directive européenne	Liste rouge nationale	Liste rouge régionale	Dét. ZNIEFF	Ecologie de l'espèce et population observée sur l'aire d'étude	Enjeux de conservation
Lézard des murailles *Podarcis muralis*	Art. 2	An. IV	LC	LC	-	Espèce caractéristique des milieux ouverts à semi-ouverts. Cette espèce a été vue au printemps et en été sur le secteur Brulard, le long de la rue du Général Brulard. Le Lézard des murailles est très plastique, c'est-à-dire qu'il s'adapte très bien aux perturbations du milieu. Pour cette raison, il est ubiquiste (on le retrouve dans une large gamme d'habitats), à tel point qu'il peut être considéré comme généraliste, et il est très rattaché à la présence humaine. On peut néanmoins noter une préférence pour les substrats solides des milieux rocailleux et ensoleillés. Pendant l'hibernation, le Lézard des murailles se réfugie dans des trous de vieux murs ou toute autre anfractuosité pour y passer l'hiver. Sa période d'activité s'étend de février-mars à octobre-novembre. La majorité de son régime alimentaire se compose d'insectes, d'araignées et d'autres petits arthropodes. Sa reproduction débute au mois d'avril et il peut y avoir jusqu'à 3 pontes sur la saison dans les régions méridionales. Le Lézard des murailles est répandu dans le département du Doubs.	**Faibles**



Lézard des murailles (*Podarcis muralis*)
© ECR Environnement

Le Lézard des murailles présente des enjeux de conservation qui ont été évalués comme **« faibles »**. Il est ubiquiste et s'adapte bien aux perturbations de son environnement, si bien qu'on le rencontre dans des milieux variés, y compris dans les zones urbaines comme c'est ici le cas.

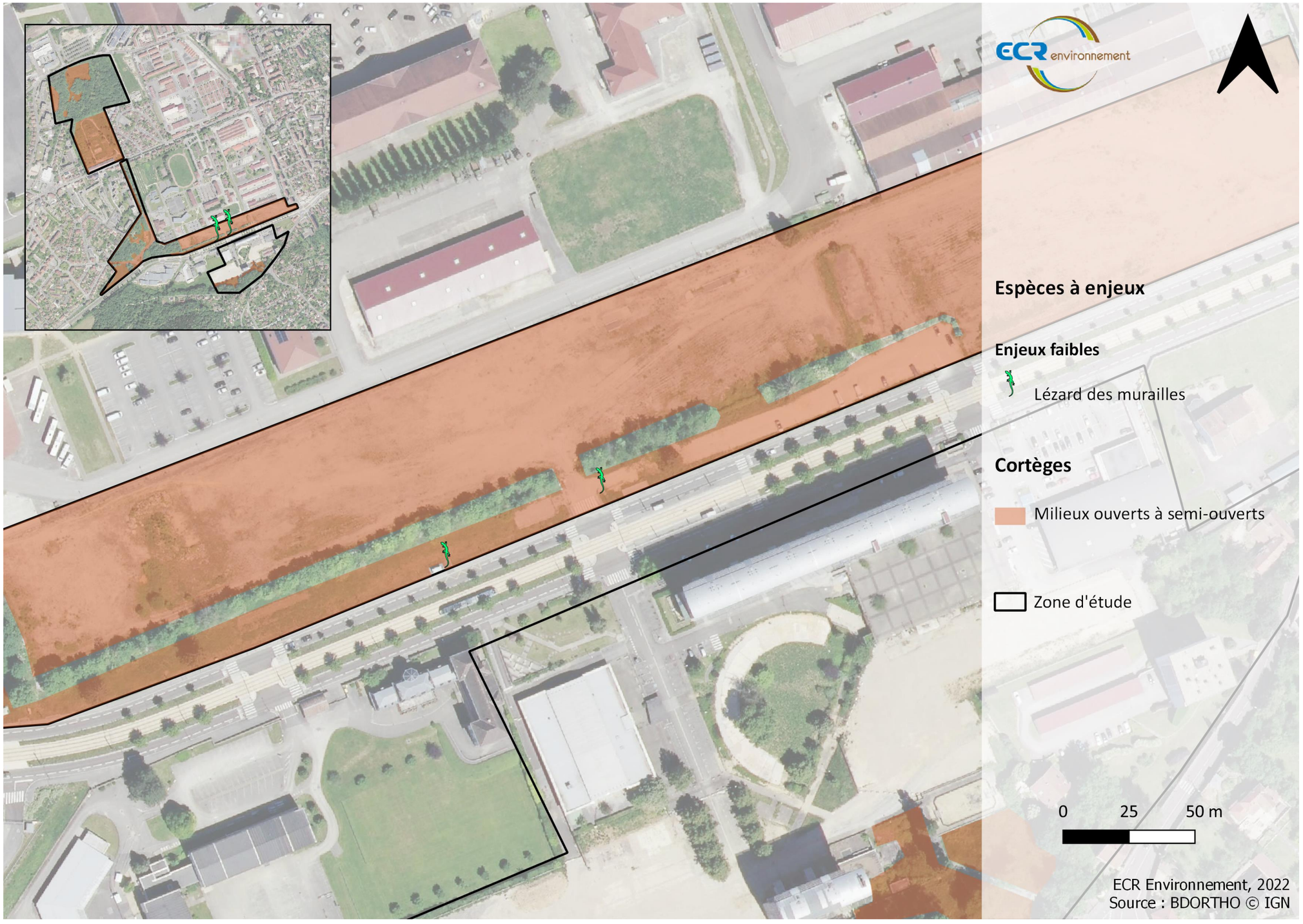


Figure 70 : Localisation des espèces remarquables pour les reptiles

8.6.6. Insectes

Méthodologie

Dans le cadre d'une bio-évaluation pertinente de la qualité entomologique de l'aire d'étude, trois principaux groupes d'insectes ont retenu notre attention compte tenu de leur richesse relative et de leur sensibilité potentielle qui leur confère un statut de bio-indicateur : les lépidoptères, les odonates et les orthoptères (sauterelles et criquets). Ceux-ci sont en effet régulièrement employés dans les études sur les écosystèmes, que ce soit en matière de potentialités alimentaires pour la faune entomophage présente, d'écologie du paysage ou de gestion des milieux. En plus de ces taxons, une recherche a été menée sur les vieux arbres et les arbres morts afin de déceler des traces de coléoptères saproxyliques remarquables comme le Grand capricorne *(Cerambyx cerdo)* par exemple. Les inventaires dressés dans ce document ne sont donc qu'une représentation partielle de la faune entomologique locale et ne se veulent en aucun cas exhaustifs.

La démarche de prospection adoptée dans le cadre de ces inventaires entomologiques repose sur un itinéraire d'échantillonnage commun (ou transect) pour les lépidoptères et les orthoptères traversant les principaux milieux caractéristiques du site (lisières et prairies). Les observateurs ont ainsi prospecté l'aire d'étude en procédant à l'identification des espèces situées plus ou moins loin de ce transect, cette marge étant variable suivant le type de milieux (ouverts ou semi-ouverts, hauteur et densité de la végétation, …).

Concernant les odonates, étant donné qu'aucune pièce d'eau n'est présente sur la zone d'étude, aucun inventaire spécifique n'a été mené et seules les données opportunistes ont été collectées.

En outre, l'inventaire est complété par des observations ponctuelles d'espèces non inventoriées lors du parcours le long des transects (coléoptères remarquables notamment).

Tableau 25 : Inventaire entomofaune

Saison	Dates des relevés	Durée de la prospection	Conditions météorologiques	Température début de matinée
Inventaires diurnes				
Printemps	26/04/2022	8h10 à 10h40	Nuageux – Pas de pluie – Pas de vent – Bonne visibilité	9°C
	27/04/2022	7h30 à 12h	Nuageux avec éclaircies – Pas de pluie – Léger vent – Bonne visibilité	10°
Été	18/07/2022	7h45 à 11h20	Dégagé – Pas de pluie – Léger vent – Bonne visibilité	23°C
	19/07/2022	8h15 à 11h10	Dégagé – Pas de pluie – Pas de vent – Bonne visibilité	19°C

Résultats des inventaires

Au cours des prospections sur le terrain, **23 espèces d'insectes** ont été inventoriées, ainsi qu'1 genre et 1 complexe d'espèces :

- 17 espèces et 1 genre de lépidoptères : l'Amaryllis (*Pyronia tithonus*), l'Argus frêle (*Cupido minimu*), l'Azuré de la bugrane (*Polyommatus icarus*), le Citron (*Gonepteryx rhamni*), la Doublure jaune (*Euclidia glyphica*), le Géomètre à barreaux (*Chiasmia clathrata*), le Moro-sphinx (*Macroglossum stellatarum*), le Myrtil (*Maniola jurtina*), la Petite tortue (*Aglais urticae*), la Phalène picotée (*Ematurga atomaria*), la Piéride de la moutarde (*Leptidea sinapis*), la Piéride du chou (*Pieris brassicae*), le Procris (*Coenonympha pamphilus*), le Souci (*Colias crocea*), le Tabac d'Espagne (*Argynnis paphia*), le Tristan (*Aphantopus hyperantus*), le Vulcain (*Vanessa atalanta*), ainsi qu'une Piéride qui n'a pas pu être déterminée jusqu'à l'espèce (genre *Pieris sp.*) ;
- 4 espèces et 1 complexe d'espèces d'orthoptères : le Criquet des bromes (*Euchorthippus declivus*), le Criquet des pâtures (*Pseudochorthippus parallelus*), la Decticelle bicolore (*Bicolorana bicolor*), l'Oedipode turquoise (*Oedipoda caerulescens*), ainsi que le complexe *Chorthippus « BBM »* (*Chorthippus biguttulus/brunneus/mollis*) ;
- 1 espèce d'hémiptères : la Punaise arlequin (*Graphosoma italicum*) ;
- 1 espèces de coléoptères : le Ver luisant (*Lampyris noctiluca*).

Les espèces ont été vues sur les trois secteurs, mais le secteur Polygones est celui où la richesse spécifique la plus élevée a été observée.

Aucune espèce n'est protégée au niveau national (seul l'Oedipode turquoise bénéficie d'une protection, mais uniquement en Île-de-France).

Aucune espèce n'est inscrite à la Directive Habitats-Faune-Flore.

Toutes les espèces sont classées en « préoccupation mineure » (LC) sur les listes rouges européenne, nationale et régionale, ou elles ne figurent pas sur les listes.

Aucune espèce n'est déterminante ZNIEFF en Franche-Comté.

Habitats d'espèces et fonctionnalité des milieux

- Cortèges des milieux ouverts à semi-ouverts :

De nombreux insectes sont rattachés aux milieux ouverts où ils trouvent leur ressource alimentaire et peuvent se reproduire. Ils peuvent également fréquenter les milieux semi-ouverts comme les zones de transition (ourlets forestiers, …). Ces milieux sont nombreux sur l'ensemble du secteur Polygones et offrent de nombreux habitats favorables aux espèces d'insectes qui ont été répertoriées ainsi qu'à d'autres.

Enjeux de conservation écologique concernant les insectes

Ici, seules les espèces qui ont été évaluées avec un enjeu de conservation égal ou plus fort que « faible » sont présentées (voir tableau des scores en Annexe 14).

Nom commun *Nom scientifique*	Protection nationale	Directive européenne	Liste rouge nationale	Liste rouge régionale	Dét. ZNIEFF	Ecologie de l'espèce et population observée sur l'aire d'étude	Enjeux de conservation
Ver luisant *Lampyris noctiluca*	-	-	-	-	-	Espèce des milieux ouverts. Cette espèce a été vue en été au Nord du secteur Polygones, en lisière de boisement. Le Ver luisant vit principalement dans les herbes hautes et les petits buissons à l'état adulte. Malgré ce que le nom peut laisser penser, il s'agit bien d'un coléoptère et pas d'un ver. Il est difficile à observer et ne se repère généralement que de nuit. Le terme « luisant » vient de la capacité de l'espèce à émettre de la lumière, en particulier les femelles. Elles s'en servent pour attirer les mâles et ainsi trouver un partenaire car elles n'ont pas d'ailes, contrairement aux mâles, et sont donc peu mobiles. Après l'accouplement, la ponte se fait sur une plante ou directement sur le sol. Les larves vivent plutôt dans les milieux forestiers, les bocages et les landes. Elles s'enterrent pour passer la mauvaise saison puis ressortent au printemps. Cette espèce est assez mal connue et ne figure sur aucune liste rouge. Cependant, il est établi que les populations sont en déclin dans de nombreux départements. Parmi les causes évoquées, on peut citer les produits phytosanitaires, certaines pratiques comme le gyrobroyage, ainsi que la pollution lumineuse qui perturbe la reproduction. Le Ver luisant est rare dans le département du Doubs.	**Faibles à moyens**



Ver luisant (*Lampyris noctiluca*)
© ECR Environnement

Le Ver luisant présente des enjeux de conservation qui ont été évalués comme **« faibles à moyens »**. Même si cette espèce ne figure sur aucune liste rouge et que son statut de conservation n'est donc pas évalué, sa raréfaction actuelle est connue, en partie à cause des activités humaines qui l'impactent fortement.

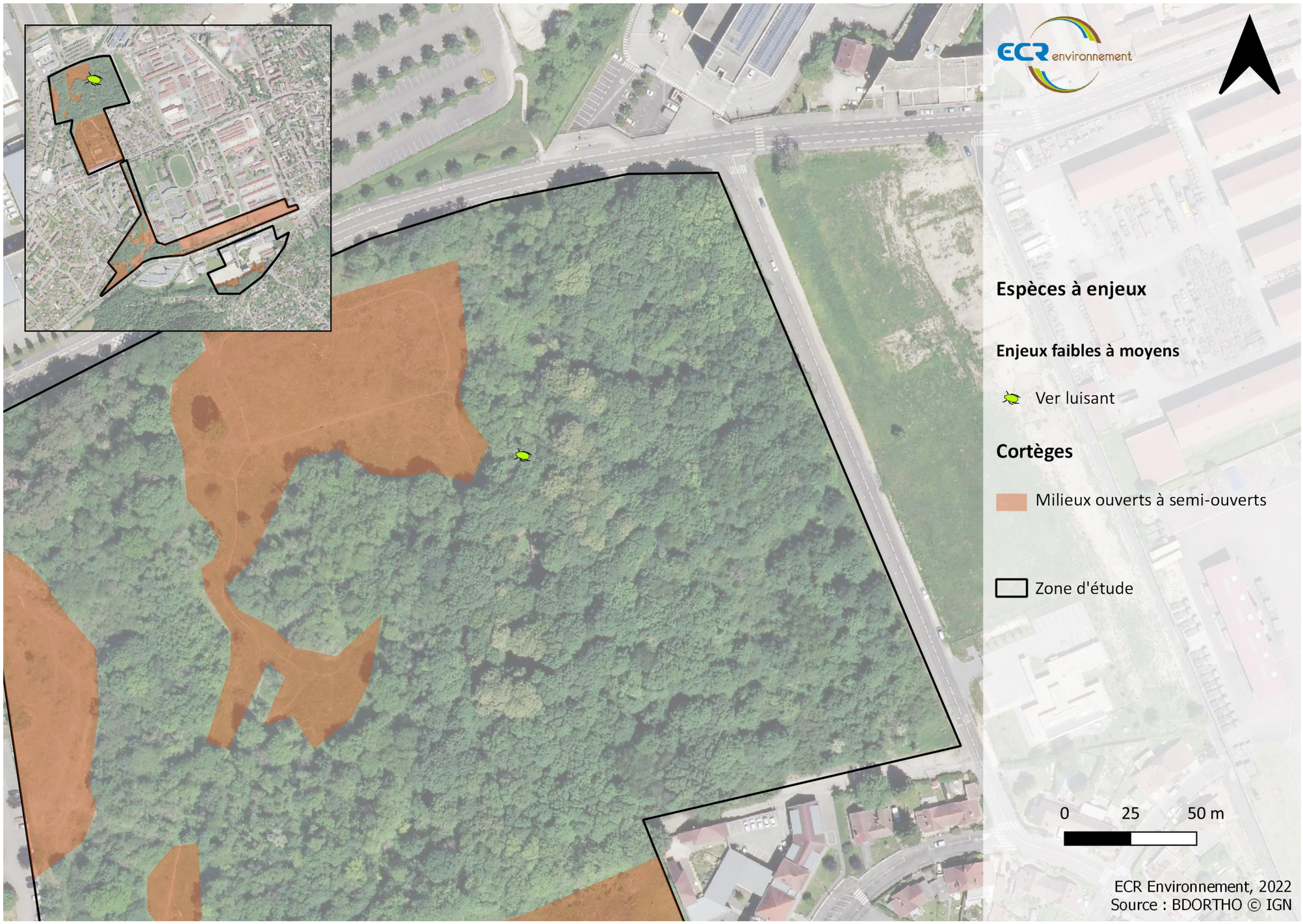


Figure 71 : Localisation des espèces remarquables pour les insectes

8.6.7. Autres invertébrés (hors insectes)

Méthodologie

Aucune méthode d'inventaire spécifique n'est mise en place pour les autres taxons de faune. Néanmoins, il arrive que des espèces qui n'appartiennent à aucun des taxons cités précédemment soient observées, on parle alors d'observation opportuniste. La plupart du temps, les enjeux de conservation ne peuvent pas ou difficilement être évalués par manque de connaissances (pas de liste rouge, aucune protection existante, …). Leur présence est malgré tout signalée à titre indicatif et pour améliorer la connaissance de la biodiversité locale.

Résultats des inventaires

Une espèce de mollusque a été observée sur le secteur de Grette, il s'agit de la Limace léopard (*Limax maximus*).

Cette espèce ne bénéficie d'aucune protection. Elle ne figure pas à la Directive Habitats-Faune-Flore. Elle est classée en « préoccupation mineure » (LC) sur la liste rouge européenne des espèces menacées et sur la liste rouge des mollusques continentaux de France métropolitaine. Elle n'est pas déterminante ZNIEFF en Franche-Comté. C'est une espèce commune et répandue.

Des araignées appartenant à la famille des *Salticidae* ont également été observées sur le secteur de Brulard, sans qu'elles puissent être identifiées jusqu'à l'espèce.

Une autre espèce d'araignée a été répertoriée, il s'agit de l'Argiope frelon (*Argiope bruennichi*). Elle a été vue au Nord du secteur Polygones. Cette espèce ne bénéficie d'aucune protection. Elle ne figure pas à la Directive Habitats-Faune-Flore. Il existe très peu de listes rouges pour les araignées et aucune n'est disponible pour l'Europe, la France ou la Franche-Comté. L'Argiope frelon n'est pas déterminante ZNIEFF en Franche-Comté. Son occurrence est mal connue, comme c'est le cas pour beaucoup d'araignées, mais elle semble être assez commune dans le département du Doubs même si sa présence est localisée.

Habitats d'espèces et fonctionnalité des milieux

Il est difficile de rattacher la Limace léopard à un cortège en particulier. Comme de nombreux mollusques continentaux, la condition principale de sa présence est le maintien d'une certaine humidité. Ainsi, on la rencontre fréquemment dans les milieux humides, mais également dans les forêts, les jardins et les parcs.

En ce qui concerne les *Salticidae*, les espèces qui appartiennent à cette famille se rencontrent dans une large gamme d'habitats. En l'occurrence, les individus ont été observés en lisière de boisement dans une zone bien ensoleillée à proximité du point d'avifaune BRU3 (voir Figure 59).

Pour ce qui est de l'Argiope frelon, elle occupe des milieux généralement ouverts mais qui peuvent être assez variés, le plus souvent ensoleillés et moyennement humides. En l'occurrence, elle a été vue dans une clairière au Nord du secteur Polygone du Génie.

Enjeux de conservation écologique concernant les invertébrés (hors insectes)

Les enjeux de conservation ont été évalués comme **« négligeables »** pour les 3 taxons qui ont été inventoriés.

8.7. Fonctionnement écologique

8.7.1. Schéma Régional de Cohérence Ecologique (SRCE)

L'étude du fonctionnement écologique d'un site consiste à étudier l'organisation de l'espace (la mosaïque des éléments du territoire et la façon dont tous ces éléments sont reliés entre eux), en sachant que la complexité, la diversité, la connectivité et finalement l'hétérogénéité du territoire conditionnent la biodiversité.

L'étude du fonctionnement écologique du site passe par une analyse à une échelle assez large dans un premier temps, afin de repérer les potentiels flux d'espèces d'un réservoir à un autre, puis à une échelle plus resserrée.

D'après le SRCE (Schéma Régional de Cohérence Ecologique) de Bourgogne-Franche-Comté, nous pouvons voir que les terrains d'étude sont à moins de 300 m de plusieurs réservoirs de biodiversité (sous-trame forestière, sous-trame des milieux xériques ainsi que de la sous-trame de mosaïque paysagère) (Figure 72).

Le SRCE est le plus souvent basé sur l'interprétation de photographies aériennes à un temps donné et repose sur une analyse à l'échelle globale. Ce document ne présente pas de manière exhaustive les réservoirs et les corridors écologiques, surtout à une échelle plus réduite comme celle du projet. De ce fait, une analyse plus précise du fonctionnement écologique est nécessaire afin de mettre en évidence la place réelle du projet au sein de l'éco-complexe.

Pour ce faire, lors des passages terrain, une analyse des entités paysagères (boisements, milieux ouverts, milieux aquatiques, milieux urbains, …) est réalisée dans un rayon plus large que celui utilisé pour l'aire d'étude (étude sur les 4 saisons).

En ce qui concerne les réservoirs de biodiversité, un réservoir se trouve à proximité du secteur Brulard, sur la colline de Rosemont (Figure 72 : Réservoirs de biodiversité autour des sites d'étude (SRCE Bourgogne-Franche-Comté)). Il regroupe les quatre sous-trames, mais c'est la sous-trame forestière qui représente la plus grande surface et qui est la plus proche de la zone d'étude. Des échanges pourraient se faire avec le secteur Brulard, grâce à des corridors déjà existants qui pourraient être préservés ou en restaurant ou créant des corridors.

Au niveau des terrains d'étude du secteur Brulard, on remarque qu'un corridor de la sous-trame « mosaïque paysagère » est présent, notamment sur les parties boisées comme celles à l'Ouest de Brulard ainsi qu'au Nord de Polygone du Génie. Ce corridor est lié au réservoir qui a été évoqué précédemment. Il pourrait être préservé et même renforcé avec des actions adéquates pour favoriser les déplacements de la faune et de la flore.

Afin de maximiser cette continuité et de faire pénétrer l'écosystème présent au Sud de la zone d'étude en ville, il serait judicieux de préserver un couloir forestier pour améliorer le fonctionnement écologique existant.

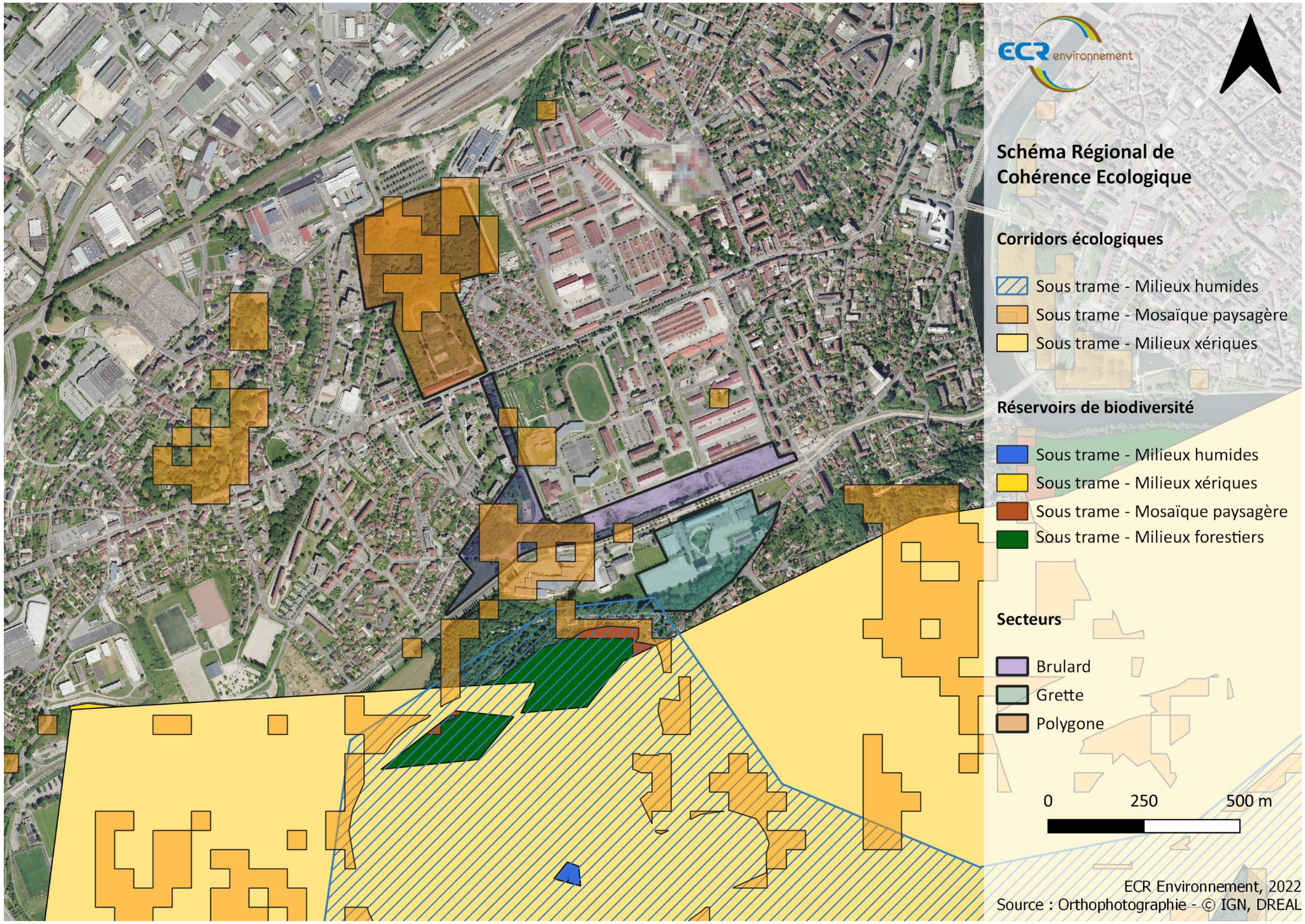


Figure 72 : Réservoirs de biodiversité autour des sites d'étude (SRCE Bourgogne-Franche-Comté)

8.7.2. Connectivité écologique au sein de la zone d'étude

La connectivité écologique est le degré de connexion entre les différents milieux naturels et semi-naturels présents au sein d'un même ensemble paysager. Elle peut être impactée par différents phénomènes, notamment la fragmentation des habitats, c'est-à-dire le morcellement des habitats en zones plus réduites appelées « taches d'habitats » et/ou la rupture des liens qui existent entre ces « taches ». La biodiversité est directement liée à la connectivité écologique car de nombreuses espèces ont besoin de passer d'un milieu à l'autre au cours de leur cycle de vie (stade de vie, changement de milieu d'une saison à l'autre, …) ou même au cours d'une même journée (zone de repos, zone de gagnage/alimentation, …). Plus la connectivité est bonne, plus la biodiversité est élevée.

Une étude a été réalisée en parallèle des investigations de l'état initial. Le sujet portait sur la modélisation des réseaux écologiques de la zone. La connectivité écologique au sein de la zone d'étude a été modélisée au moyen du logiciel Graphab. L'avifaune a été utilisée comme modèle d'étude. (Source de l'étude pour plus d'informations : *Fanny Samper. Modélisation de réseaux écologiques pour l'aide à la décision dans le cadre d'un projet de renouvellement urbain. Géographie. 2022. dumas-04086698. https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-04086698/document).*

L'étude de la connectivité écologique d'une zone consiste à attribuer un score à chaque type d'habitat ou d'élément paysager : plus ce score est élevé, plus la circulation de l'avifaune « à travers » l'élément correspondant est difficile. Par exemple, un milieu boisé aura un score faible pour un oiseau forestier car il sera très facile à traverser, tandis qu'un immeuble de hauteur élevée aura un score fort car il sera difficile à franchir et les oiseaux auront tendance à le contourner plutôt qu'à passer au-dessus.

Lors de la modélisation, en comparant le score d'un pixel à celui des pixels voisins, il est possible de calculer un degré de connectivité. Si une succession de pixels présente un score faible pour une espèce, elle pourra facilement se déplacer au sein de cette succession de pixels, qui sera alors un milieu favorable aux déplacements de l'espèce. Cette méthode permet de visualiser les zones qui ont une valeur de connectivité cumulée plus élevée, et donc potentiellement, les zones à préserver car elles ont un intérêt écologique fort.

Les résultats de l'étude ont notamment mis en avant l'importance du corridor boisé circulant au centre la zone, le long de la rue Charles Dornier. Ce cordon boisé permet de relier le nord et le sud de la zone et évolue dans un tissu urbain avec de nombreux éléments artificiels (bâtis, routes). Ainsi les espèces de faune circulant au sein de la ville sont préférentiellement attirés par cet élément structurant du territoire et vont venir s'y réfugier.

La carte ci-dessous (Figure 73) présente la connectivité cumulée de chaque habitat présent au sein de la zone d'étude.
Les liens les plus importants entre les habitats sont également représentés : ils montrent les corridors de déplacements importants (lignes pointillées rouges).

Ainsi, il apparaît que les habitats qui possèdent les plus fortes valeurs de connectivité (vert foncé sur la carte) sont les milieux ouverts de type prairies : les clairières forestières (classe E5) du secteur Polygone Génie, les végétations herbacées anthropiques (classe E5.1) à l'ouest du secteur Brulard et les prairies mésiques non gérées (classe E2.7) du secteur Grette.

De plus, les espaces semi-ouverts (classe correspondant aux communautés d'espèces rudérales des constructions urbaines et suburbaines récemment abandonnées (classe E5.12)) sont également importants pour la connectivité de la zone, de même que les boisements (classe G1.A) et les haies arborées (classe G5.1), qui sont des espaces-relais entre les habitats.

Au sein de la forêt de Polygone, les espaces qui ont la valeur de connectivité la plus forte sont les clairières, et non pas la zone boisée, comme on aurait pu s'y attendre. En effet, ces espaces à tendance semi-ouverte sont attractifs pour un plus grand nombre de cortèges que les espaces boisés, qui sont plus spécifiques. Ainsi, la zone de végétation rase au sud de la forêt de Polygone, et le terrain vague de Brulard, apparaissent également avec des valeurs plus fortes que celles des boisements.

Les espaces avec des valeurs de connectivité faibles sont situés dans la partie ouest du secteur Brulard. Ce sont des espaces de surface assez réduite, avec un intérêt écologique moins important pour l'avifaune : des fourrés médio-européens sur sols riches (classe F3.11), des jardins potagers de subsistance (classe I2.22) et des zones piétinées (classe H5.6).

Les corridors de déplacement les plus importants (lignes pointillées rouges) mettent en avant un couloir dans un axe Nord-Sud qui relie le secteur Polygone et la partie ouest du secteur Brulard.

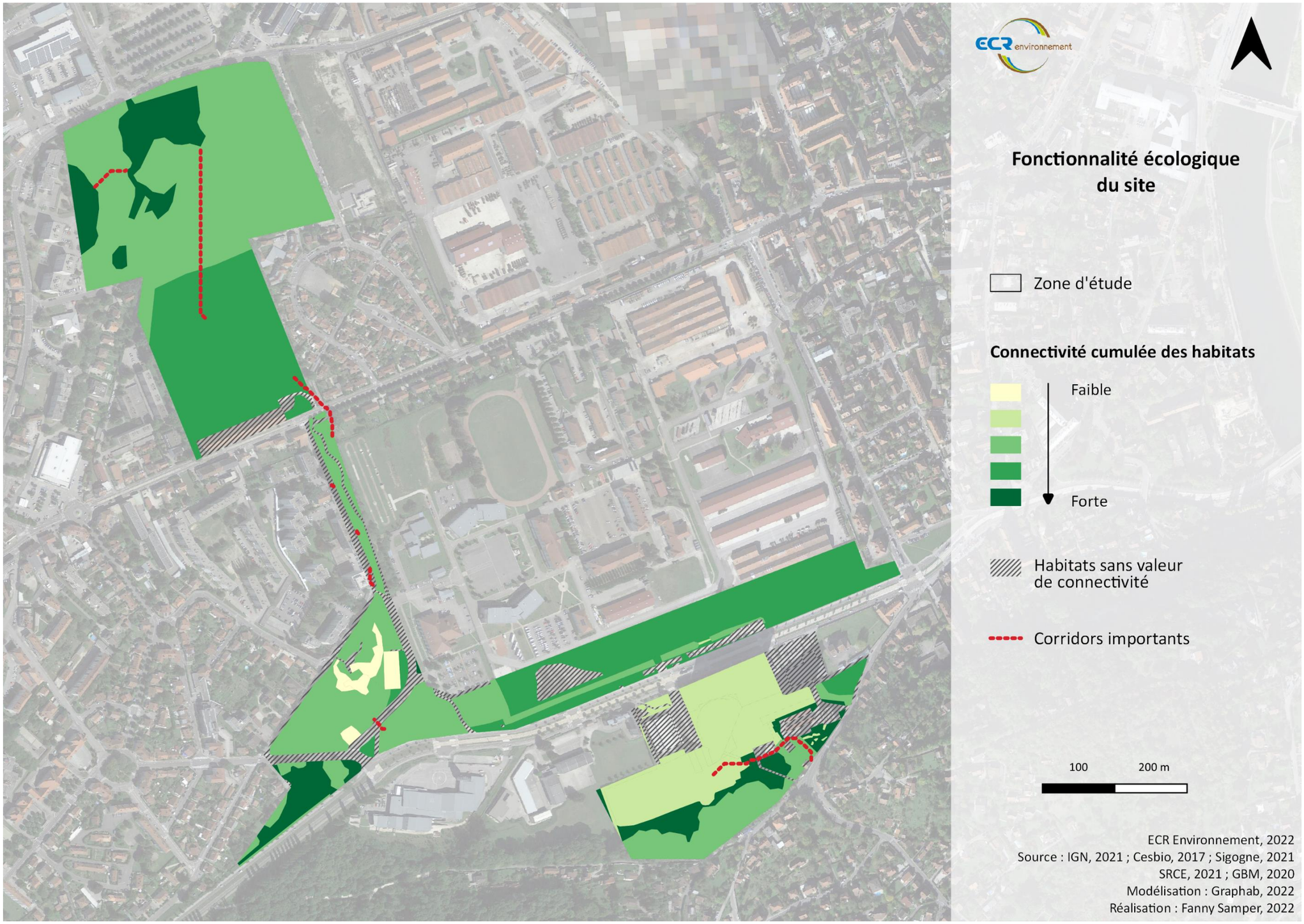


Figure 73 : Connectivité écologique au sein de la zone d'étude

8.8. Synthèse et analyse des enjeux écologiques

Le tableau suivant synthétise les principaux enjeux écologiques affectés aux habitats de l'aire d'étude du projet. Seules les espèces présentant des enjeux au minimum « faibles » sont intégrées.
Les enjeux finaux sont évalués en cumulant les enjeux identifiés dans les parties habitat, flore et faune (pour la faune, la reproduction représente un enjeu prioritaire et donc plus fort que les autres usages).
Ce tableau est suivi d'une cartographie permettant de localiser les différents secteurs à enjeux de l'aire d'étude (Figure 74).

Tableau 26 : Synthèse des enjeux écologiques

Habitat	Flore	Faune		Enjeux Finaux
		Reproduction	Gagnage – Hivernage – Transit	
E2.7 : Prairies mésiques non gérées		Lézard des murailles	Choucas des tours, Martinet noir, Pouillot véloce, Rossignol philomèle, Troglodyte mignon Pipistrelle commune, Pipistrelle de Kuhl, Murin de Daubenton, Pipistrelle pygmée, Pipistrelle de Nathusius Lézard des murailles	**Faibles à moyens**
			Verdier d'Europe, Hirondelle de fenêtre	
		Ver luisant	Chardonneret élégant	
			Serin cini	
E5 : Ourlets, clairières forestières et peuplements de grandes herbacées non graminoïdes		Lézard des murailles	Buse variable, Choucas des tours, Martinet noir, Milan noir, Pouillot véloce, Rossignol philomèle, Troglodyte mignon, Faucon crécerelle Pipistrelle commune, Pipistrelle de Kuhl, Murin de Daubenton, Pipistrelle pygmée, Pipistrelle de Nathusius Lézard des murailles	**Faibles à moyens**
			Verdier d'Europe, Hirondelle de fenêtre	
		Ver luisant	Chardonneret élégant	
			Serin cini	
E5.1 : Végétations herbacées anthropiques		Lézard des murailles	Choucas des tours, Martinet noir, Pouillot véloce, Rossignol philomèle, Troglodyte mignon, Faucon crécerelle Pipistrelle commune, Pipistrelle de Kuhl, Murin de Daubenton, Pipistrelle pygmée, Pipistrelle de Nathusius Lézard des murailles	**Faibles à moyens**
			Verdier d'Europe, Hirondelle de fenêtre	
		Ver luisant	Chardonneret élégant	
			Serin cini	
E5.12 : Communautés d'espèces rudérales des constructions urbaines et suburbaines récemment abandonnées		Lézard des murailles	Martinet noir, Faucon crécerelle Pipistrelle commune, Pipistrelle de Kuhl, Murin de Daubenton, Pipistrelle pygmée, Pipistrelle de Nathusius Lézard des murailles	**Faibles**
			Verdier d'Europe, Hirondelle de fenêtre	
			Chardonneret élégant	
			Serin cini	
E7 : Prairies peu boisées		Lézard des murailles	Buse variable, Choucas des tours, Martinet noir, Milan noir, Pouillot véloce, Rossignol philomèle, Troglodyte mignon, Faucon crécerelle Pipistrelle commune, Pipistrelle de Kuhl, Murin de Daubenton, Pipistrelle pygmée, Pipistrelle de Nathusius Lézard des murailles	**Faibles à moyens**
			Verdier d'Europe, Hirondelle de fenêtre	
		Ver luisant	Chardonneret élégant	
			Serin cini	
F3.11 : Fourrés médio-européens sur sols riches		Troglodyte mignon Lézard des murailles	Martinet noir, Pouillot véloce, Mésange bleue Pipistrelle commune, Pipistrelle de Kuhl, Murin de Daubenton, Pipistrelle pygmée, Pipistrelle de Nathusius Lézard des murailles	**Faibles à moyens**
		Ver luisant	Verdier d'Europe, Hirondelle de fenêtre	

Habitat	Flore	Faune		Enjeux Finaux
		Reproduction	Gagnage – Hivernage – Transit	
FA.1 : Haies d'espèces non indigènes		Rossignol Philomèle, Troglodyte mignon, Mésange bleue Verdier d'Europe Chardonneret élégant	Pipistrelle commune, Pipistrelle de Kuhl, Murin de Daubenton, Pipistrelle pygmée, Pipistrelle de Nathusius	**Moyens**
G1.A : Boisements mésotrophes et eutrophes à Quercus, Carpinus, Fraxinus, Acer, Tilia, Ulmus et boisements associés		Buse variable, Milan noir, Pouillot véloce, Rossignol Philomèle, Troglodyte mignon, Mésange bleue, Pic noir Écureuil roux Murin de Daubenton, Pipistrelle pygmée, Pipistrelle de Nathusius Verdier d'Europe, Gobemouche noir Ver luisant Chardonneret élégant Serin cini	Martinet noir, Mésange bleue, Pic noir Écureuil roux Gobemouche noir Ver luisant	**Moyens à forts**
G5.1 : Alignements d'arbres		Pouillot véloce, Rossignol Philomèle, Troglodyte mignon, Faucon crécerelle, Mésange bleue Écureuil roux Murin de Daubenton, Pipistrelle pygmée, Pipistrelle de Nathusius Verdier d'Europe Ver luisant Chardonneret élégant Serin cini	Martinet noir, Mésange bleue, Pic noir Écureuil roux Gobemouche noir Ver luisant	**Moyens à forts**
H5.6 : Zones piétinées			Pipistrelle commune, Pipistrelle de Kuhl, Murin de Daubenton, Pipistrelle pygmée, Pipistrelle de Nathusius	**Négligeables**
H5.61 : Sentiers			Pipistrelle commune, Pipistrelle de Kuhl, Murin de Daubenton, Pipistrelle pygmée, Pipistrelle de Nathusius	**Négligeables**
I2.22 : Jardins potagers de subsistance			Choucas des tours, Rossignol Philomèle, Troglodyte mignon, Mésange bleue	**Négligeables**
I2.23 : Petits parcs et squares citadins			Choucas des tours, Rossignol Philomèle, Troglodyte mignon, Mésange bleue	**Négligeables**
J : Zones bâties, sites industriels et habitats artificiels				**Négligeables**
J1.1 : Bâtiments résidentiels des villes et des centres-villes		Choucas des tours, Martinet noir, Faucon crécerelle Pipistrelle commune, Pipistrelle de Kuhl Hirondelle de fenêtre Pipistrelle pygmée, Pipistrelle de Nathusius		**Faibles à moyens**
J1.3 : Bâtiments publics des zones urbaines et périphériques		Choucas des tours, Martinet noir, Faucon crécerelle Pipistrelle commune, Pipistrelle de Kuhl Hirondelle de fenêtre Pipistrelle pygmée, Pipistrelle de Nathusius		**Faibles à moyens**
J1.6 : Sites de construction et de démolition en zones urbaines et suburbaines				**Négligeables**
J4.2 : Réseaux routiers				**Négligeables**
J4.6 : Surfaces pavées et espaces récréatifs				**Négligeables**
J6.1 : Déchets				**Négligeables**
X22 : Petits jardins non domestiques des centres-villes		Mésange bleue	Choucas des tours, Rossignol philomèle, Troglodyte mignon, Mésange bleue	**Faibles**

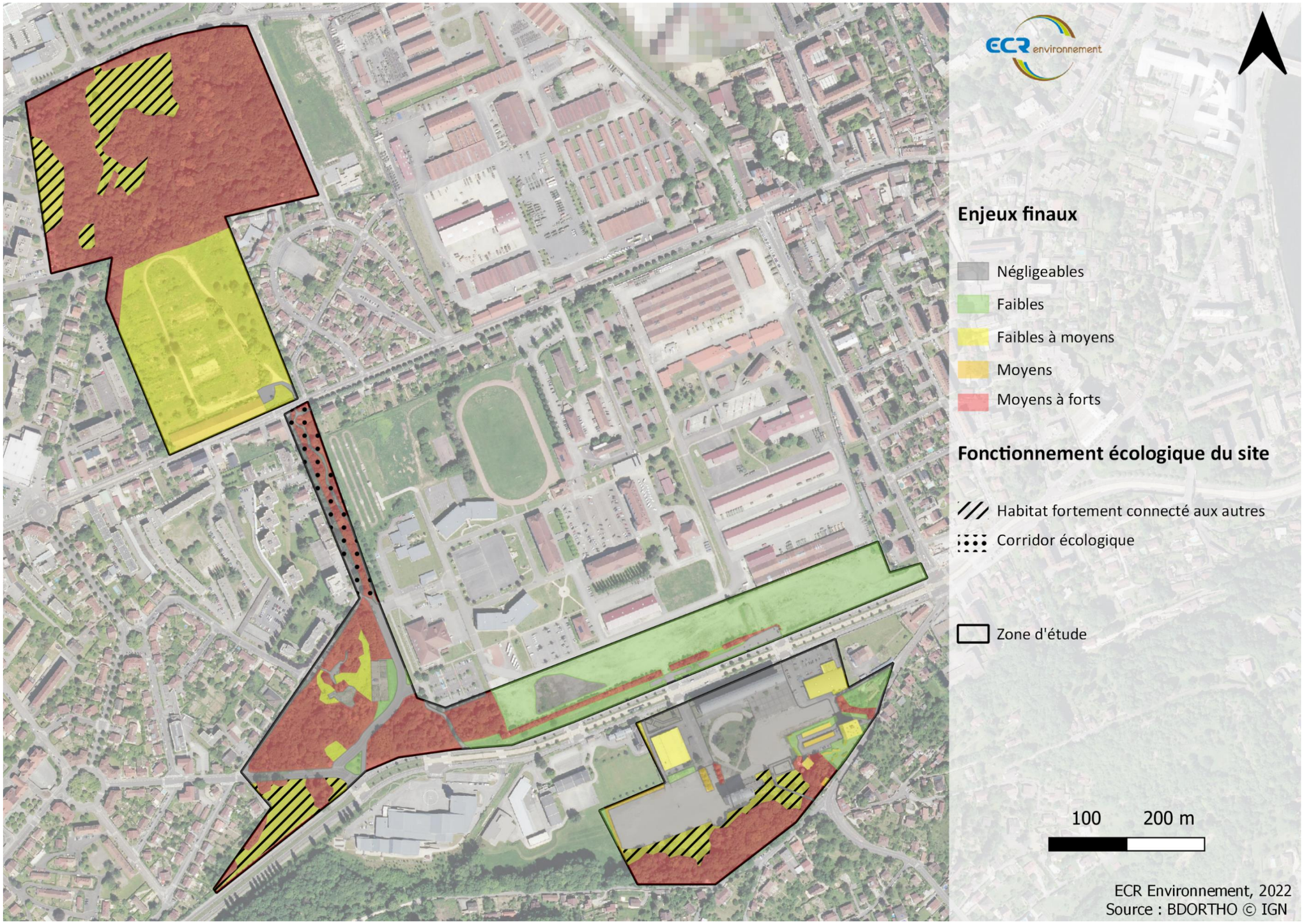


Figure 74 : Carte de synthèse des enjeux écologiques au sein de l'aire d'étude

9. ANNEXE C : ANALYSE COMPARATIVE DES TROIS SCENARIOS DU PROJET ISSUE DES ETUDES PRELIMINAIRES

4 DESCRIPTION DES SCENARIOS ETUDIES

4.1 Cadrage du programme

Dans le cadre des études préliminaire il a été tenu une réunion de travail et d'échange avec l'exploitant actuel du réseau (Egis - CR Réunion travail GBM n°1_20240124).

Ce point a permis de préciser plusieurs points de programme et d'affiner les scénarios proposés, en particulier :

- Intégration de la trame du futur quartier Grette-Brulard-Polygone avec extension vers le nord du carrefour Sainte-Famille ;
- Passage d'un besoin de deux positions de remisage à une seule position ;
  - Les autres terminus de la ligne (hors CEM) ne comportent qu'une position de remisage : celle-ci sert au retournement de la rame uniquement ;
  - L'autre voie envisagée au programme avait vocation à permettre le stockage d'une rame en avarie autrement qu'au CEM : cette disposition n'a pas été jugée nécessaire au regard du fonctionnement actuel par le MOA et l'exploitant en place en janvier 2024 ;
  - La double position de remisage accentue le caractère ferroviaire du site alors qu'il s'agit d'un critère majeur d'appréciation ;

Ces éléments ont été intégrés dans l'étude des scénarios objets de cette note. Par ailleurs, le principe dimensionnant du projet de terminus est un fonctionnement en arrière-gare, d'autres typologies de variantes (par exemple avec remisage en station ou sur d'autres sites) ne sont pas étudiées dans le cadre de cette analyse.

4.2 Description sommaire des scénarios

L'étude détaillée dans les paragraphes suivants a permis de définir trois scénarios viables et prenant en compte les adaptations de programme sur lesquels se porte l'analyse multicritère :

4.2.1 Scénario 1 – insertion au nord

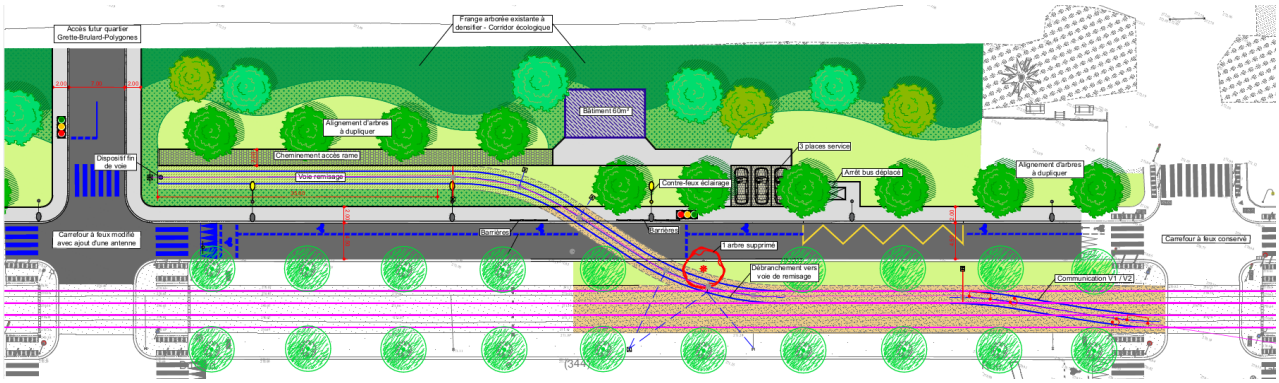


FIGURE 27 : SCENARIO 1

- La voie de remisage est insérée au nord de la voirie actuelle, sans modification de celle-ci. L'accès au futur quartier Grette-Brulard-Polygone s'effectue par le carrefour Sainte-Famille ;
- Nécessite une traversée de voirie pour atteindre la position de remisage ;

4.2.2 Scénario 2 - insertion longitudinale

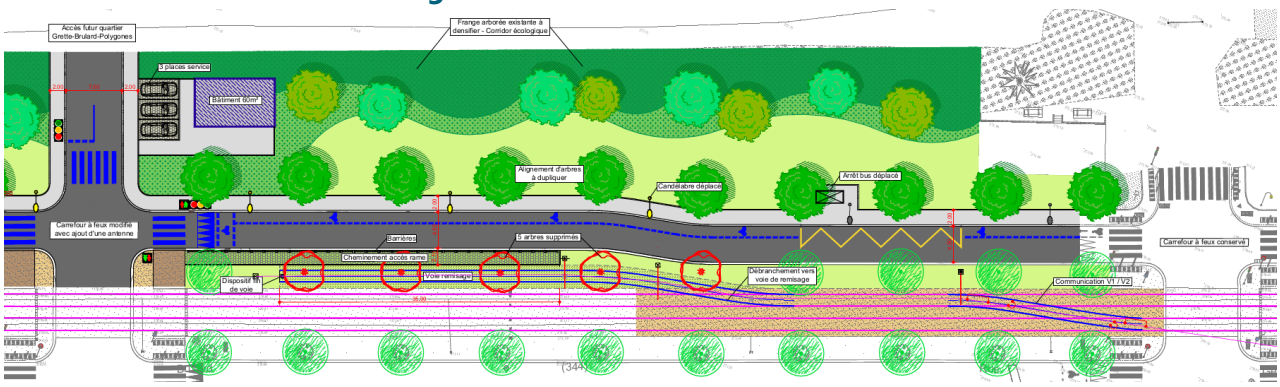


FIGURE 28 : SCENARIO 2

- L'insertion de la voie de remisage se fait au plus près de la plateforme tramway existante en lieu et place de la surlargeur végétalisée au nord de la plateforme ;
- Le cheminement d'accès au quai se fait au nord, la voirie existante est légèrement reprise et déviée ;

4.2.3 Scénario 3 - insertion centrale

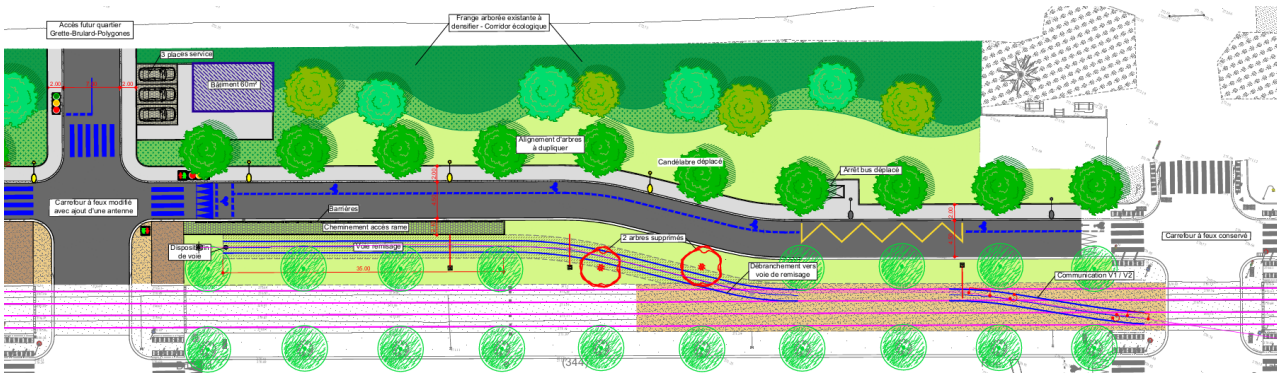


FIGURE 29 : SCENARIO 3

- L'insertion est réalisée dans le faisceau de la plateforme en lieu et place de la voirie existante au nord ;
- Cette insertion est une variation du scénario 2 avec une translation de 3 m vers le nord, le fonctionnement global est le même ;
- La voirie est déviée de manière plus importante vers le nord mais l'alignement d'arbres existants au nord de la plateforme actuelle est maintenu ;

Le folio de plans fournit avec la présente étude permet d'avoir une vision détaillée des scénarios. Les détails techniques sont par ailleurs explicités dans l'analyse multicritère qui suit.

5 ANALYSE MULTICRITERE

5.1 Cadre de l'analyse

Pour rappel, les critères d'analyse proposés sont les suivants :

- Aspects opérationnels :
  - Impact sur l'exploitation de la ligne existante ;
  - Impact sur la sécurité d'exploitation de la ligne existante ;
  - Planning de l'opération ;
  - Impact sur l'exploitation en phase travaux ;
  - Coût ;
- Aspects aménagements urbains :
  - Caractère ferroviaire de l'aménagement définitif ;
  - Impact sur les voiries et infrastructures existantes ;
  - Insertion du bâtiment d'exploitation ;
- Aspects techniques :
  - Voie ferrée ;
  - Ligne aérienne de contact (LAC) ;
  - Signalisation lumineuse de trafic et ferroviaire (SLT et SIGFer) ;
  - Impact sur les réseaux concessionnaires existants :
  - Impact sur les réseaux tramways.

Par soucis de description détaillée des scénarios il est proposé d'amorcer l'analyse par les aspects techniques afin de bien comprendre les contraintes de design et d'en détailler ensuite les aspects aménagements et opérationnels.

Pour chaque thème il est distingué les hypothèses communes dans un premier temps puis les hypothèses différenciantes.

5.2 Aspects techniques

5.2.1 Voie ferrée

5.2.1.1 Hypothèses communes

(a) Position de la communication de voie V1/V2

Quel que soit le scénario retenu dans la configuration arrière-gare il est nécessaire d'incorporer une communication simple entre les voies V1 et V2 pour permettre à une rame sortant de la position de remisage de repartir vers le centre-ville.

Le positionnement de cet appareil de voie est contraint par le profil en long de la ligne existante décrit précédemment. Pour mémoire les appareils de voie doivent être implantés en alignement droit et en pente constante. Aucun dévers n'est possible sur les appareils. La pente maximale des appareils de voie en ligne est limitée à 4%.

Dans les scénario étudiés l'appareil de voie proposé est un appareil classique présentant une géométrie de la voie déviée avec un aiguillage en rayon R50 tangente 1/6, l'entraxe entre les deux voies de 3.00m. Il s'agit d'un type d'appareil standard déjà existant sur la ligne (CS POL 1/2, CS CHA 1/2, MED ½) ce qui permet de mutualiser les pièces de rechange et unifier la maintenance. La longueur d'implantation retenue en hypothèse de la communication est de **27.2 m**. La vitesse admissible en voie déviée pour ce type d'appareil est de 20 km/h.

Documents de référence :

CHA1_CHA2 : DOE plan réception sur site ADV CS CHA 1/2 de type R50 tg 1/6 annoté à la main

M-INFR2-DOE-PV-255-IN2-63001-A-MED1-2 : DOE Référence DWG ADV MED 1/2

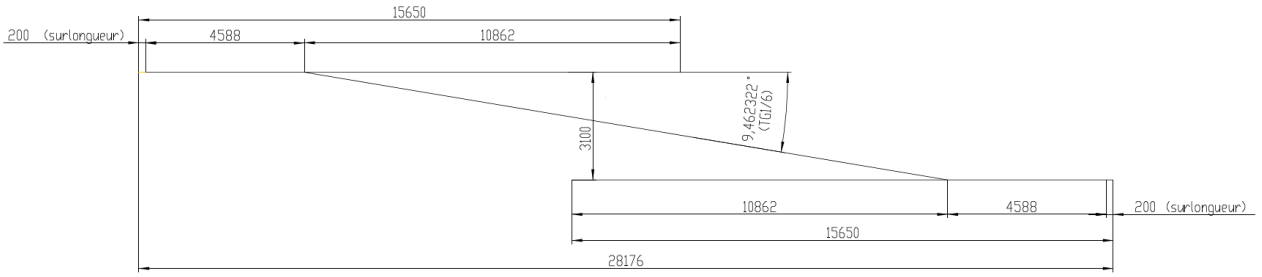


FIGURE 30: EXTRAIT DOE SCHEMA D'IMPLANTATION CS MED ½, R50 TG 1/6 EA3100 41GP13

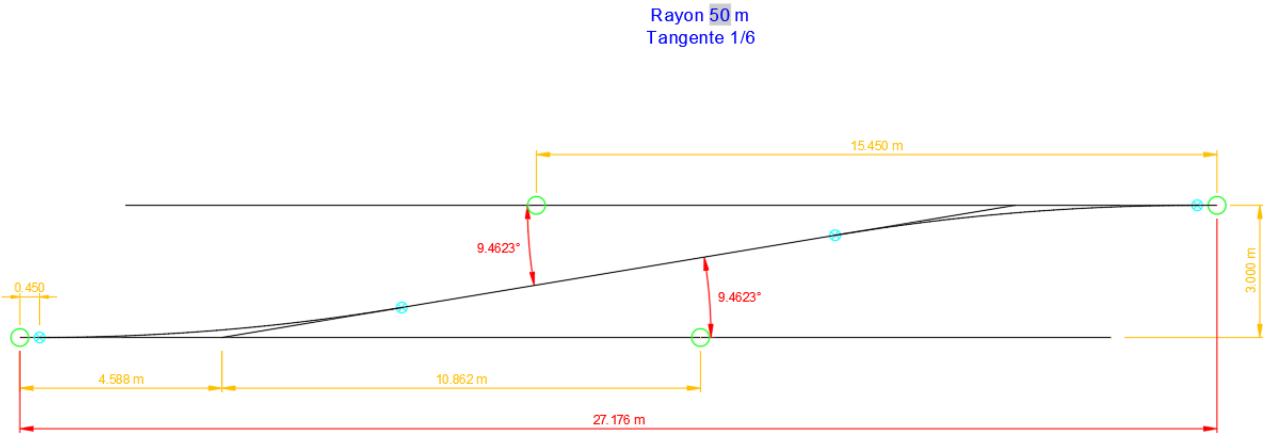


FIGURE 31 : LONGUEUR DE REFERENCE APPAREIL DE VOIE POUR ENTRAXE 3.00 M

Plusieurs positionnements de la communication ont été envisagés :

- Directement devant la parabole

La position la plus immédiate consiste à positionner l'appareil de voie juste en amont de la parabole : cette configuration amène au dessin suivant en considérant un appareil de voie R50 tg 1/6 du type de ceux déjà en fonctionnement sur la ligne existante :

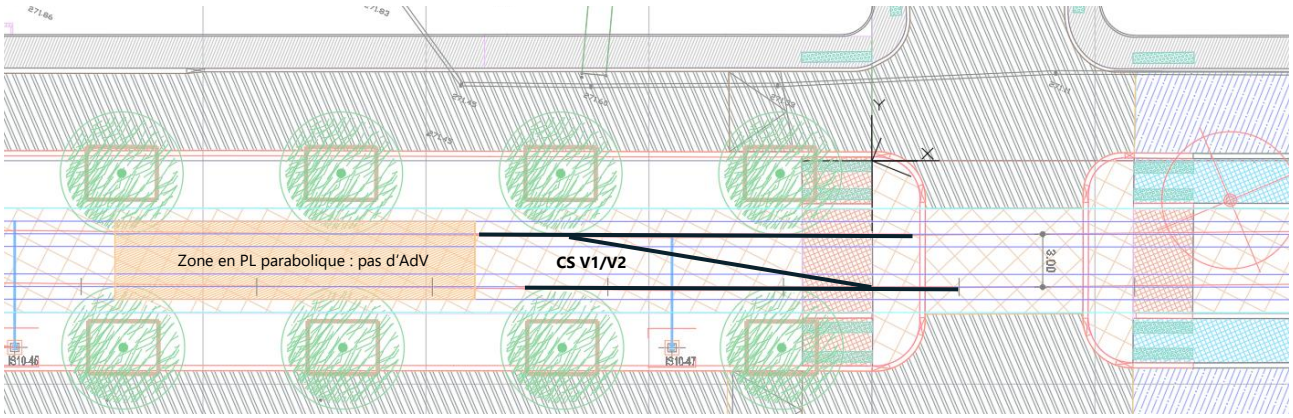


FIGURE 32 : IMPLANTATION DE LA COMMUNICATION SIMPLE DIRECTEMENT DEVANT LA PARABOLE

Dans cette configuration :

- L'appareil dépasse d'environ 1.55 m dans la zone circulée du carrefour, l'élément dans la zone du carrefour est l'aiguille donc une partie mobile de l'appareil. Cette configuration n'est pas une configuration nominale qu'on pourrait mettre en place sur un réseau neuf, néanmoins elle se présente en milieu urbain sur des zones circulées.

  L'appareil de communication V1/V2 sera ici utilisé très régulièrement pour desservir le terminus avec un changement de position toutes les 8 minutes pour assurer l'injection des rames qui reprennent l'exploitation et envoyer le matériel roulant en voie tiroir pour retournement. Son positionnement sous la voirie l'expose à des sujets de colmatage, d'usure (résidus de pneus, déchets entre aiguille et rail, usure de l'aiguille sous circulation) ou d'encombrement de l'aiguille (véhicule dans le carrefour, sur la partie mobile au moment du changement de position) ;

- L'appareil de voie intercepte également la traversée piétonne au niveau du cœur de l'appareil, cette zone est non mobile. Cette disposition n'est pas bloquante pour le positionnement de l'appareil puisque l'appareil est moins exposé qu'en carrefour, en revanche elle rend la traversée piétonne moins confortable (franchissement de parties métalliques).

- En position reprise de parabole :

Sur la base de la position précédente on peut envisager de translater plus ou moins légèrement l'appareil de voie vers l'ouest afin de gagner l'espace nécessaire pour faire sortir l'aiguille du carrefour. Cette modification se fait au prix d'une reprise du profil en long sur le tronçon de voie entre la communication et le débranchement.

Parmi les variantes étudiées aucune n'est réalisable avec une configuration où on sortirait complètement l'appareil de voie de la traversée piétonne, en revanche la translation de 2.00 m vers l'ouest pour permettre de sortir la communication du carrefour aboutit au profil réaliste suivant présentant une parabole de **R=800 m** (pour 1000 m actuellement et 700 m en rayon minimum).

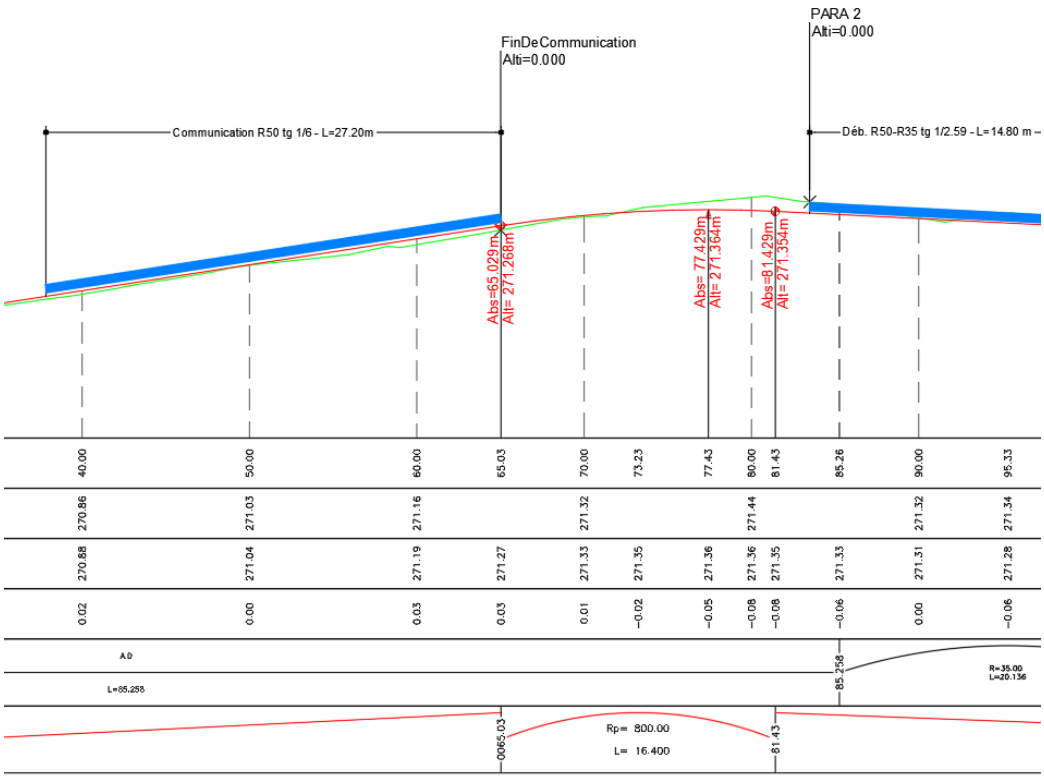


FIGURE 33: EXTRAIT PL VARIANTE 1

- Cette position permet de ne pas avoir de partie de la communication sur la voirie mais seulement au niveau de la traversée piétonne ;
- Elle nécessite une reprise du profil en long de la voirie existante sur un périmètre plus étendu que sur les strictes zones d'implantation des appareils ;

■ En sortie immédiate de station

Pour parcourir l'ensemble des possibilités il a été également envisagé d'installer la communication dès la sortie de la station Brulard puisqu'il s'agit d'une zone en alignement droit. En poussant cette hypothèse il a également été envisagé d'insérer le débranchement dans cet intervalle :

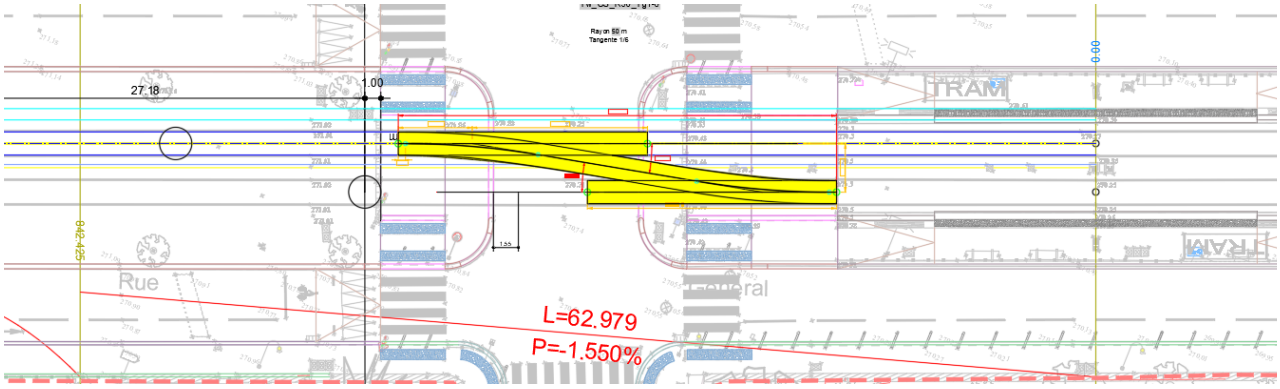


FIGURE 34 : INSERTION DU DEBRANCHEMENT EN SORTIE IMMEDIATE DE STATION

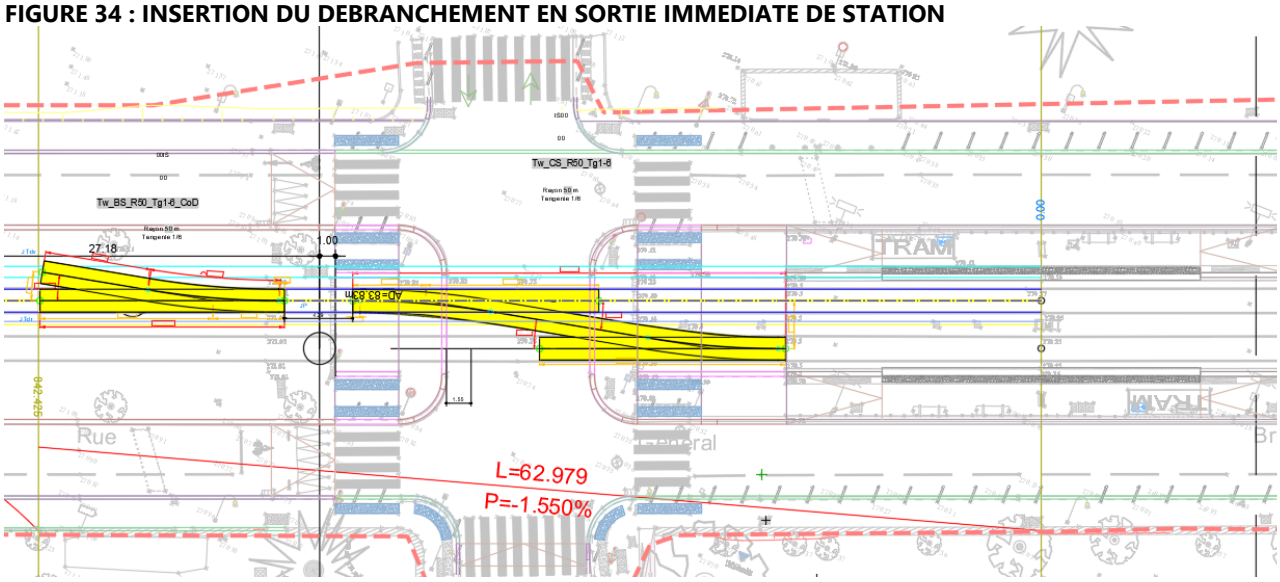


FIGURE 35 : INSERTION DU DEBRANCHEMENT EN SORTIE IMMEDIATE ET ENCHAINEMENT DEBRANCHEMENT

- Dans cette configuration la communication se retrouve en plein milieu du carrefour, même si ses parties mobiles en sont exclues, c'est une position non désirée pour les raisons évoquées plus haut ;
- L'alternative de fermeture complète du carrefour ne parait pas réaliste au vu de la volonté d'intégration du projet ;
- L'enchainement entre la communication et le débranchement tel que dessiné dans la figure ci-dessus n'est pas réaliste, un alignement droit de l'ordre de 8 à 12 m est nécessaire entre les deux appareils pour éviter une mise en crabe du matériel roulant (note d'hypothèse tracé L1/L2) ;

■ Positionnement retenu

Le positionnement retenu dans l'analyse des scénarios est le positionnement qui inclut une reprise de la parabole et du profil en long avec un R=800 m. Cette configuration permet un fonctionnement non dégradé du carrefour par rapport à l'existant, s'insère mieux dans le site et est la plus raisonnable pour le bon fonctionnement de l'appareil.

(b) Hypothèses de tracé et voies

Les hypothèses de tracé seront explicitées par l'intermédiaire d'une note dédiée dans les phases d'études ultérieures, on dispose notamment des données d'entrée disponibles suivantes :

Documents de référence :

TTZ-PRO-GU-401-MOI-30868-A : Note sur les hypothèses de tracé en études PRO

ABD9002583728-A_SPECIFICATION_GABARIT_BESANCON

Mémoire - Véhicule

Pour cette phase d'étude on rappelle notamment les données suivantes :

■ Gabarits

Matériel CAF (selon note d'hypothèse tracé)

Caractéristiques Générales	
Longueur de la voiture	23,021 m
Largeur du gabarit statique	2,400 m
Largeur du gabarit dynamique	2,606 m
Hauteur de plancher / plan de roulement	350 mm
Hauteur de la voiture	3 610 mm *
Hauteur Minimum (Panto Bas)	3 800 mm *
Hauteur Max (Panto haut)	6 500 mm *
Masse à vide	29 120 kg *
Masse en charge maximale	42 140 kg *
Masse en charge maximum à l'essieu	< 11 000 kg
Entre axe des Roues	1 800 mm
Longueur du porte à faux / premier Bogie	4 940 mm *
Nombre de caisses et nacelles	3
Nombre de bogies porteurs	0
Nombre de bogies moteurs	2
Couplage de secours Manuel / Automatique	Manuel
Garde au sol Minimum sur bogie d'extrémité	

Tableau 1 : Gabarits en alignement droit

Caractéristiques	Valeur
Gabarit Statique (GS) voie unique	2.40 m
Gabarit Dynamique (GD) voie unique avec caméras de rétrovision	2.606 m
Gabarit Limite d'Obstacle (GLO) voie unique	2,906 m
Entraxe en Alignement Droit avec poteaux latéraux	2.90 m
GLO en Alignement Droit avec poteaux latéraux	5.806 m
Entraxe en Alignement Droit avec poteaux centraux (hypothèse largeur de poteau de 300 mm tolérances comprises)	3.30 m
GLO en Alignement Droit avec poteaux centraux	6.206 m
Hauteur du tram (gabarit statique)	3.61 m
Hauteur minimum des fils de contact	3.80m
Hauteur maximale des fils de contact	6.50 m

Matériel Alstom (selon spécification Gabarit)

Les dimensions du matériel roulant sont considérées à l'état nominal, sans tolérance. En alignement droit, le gabarit statique équivaut à la largeur du tramway soit :

- 2400 mm hors caméras,
- 2426 mm entre caméras.

7.5 Analyse de l'insertion du matériel – Conclusion

Le Citadis 305 s'inscrit dans le Gabarit Dynamique requis au chapitre 3 du CCTP [R12] pour tous les rayons de courbe.

■ Tracé en plan

Matériel CAF

Tableau 3 : Tracé en plan

Caractéristiques	Valeur
Rayon minimum	18 m minimum absolu 25 m minimum normal
Longueur minimum d'alignement droit	8 m
Longueur minimum de clothoïde	8 m minimum absolu 12 m minimum normal
Longueur minimale entre deux appareils de voie (à pointes opposées)	8 m 12 m conseillé

Matériel Alstom

- Rayon de courbe compris entre 25 m et Alignement Droit,
- Rayon mini de creux : 350 m,
- Rayon mini de bosse : 700 m,
- Ecartement de la voie : 1435 mm (+0/-2 mm),
- Usure de voie : 5 mm en ligne / 4 mm en station,
- Hauteur des quais par rapport au plan de roulement : 285 mm,
- Position du nez de quai par rapport à l'axe de la voie : 1235 mm,
- Dévers maximal : 100 mm.
- Hauteur de la LAC comprise entre 3,95 m et 6,45 m
- Déport maxi de la LAC : +/-200 mm en AD – +400/-200 mm en courbe

■ Tracé en profil en long

Matériel CAF	Matériel Alstom

Tableau 4 : Profil en long

Caractéristiques	Valeur
Rayon parabolique minimum en creux	500 m minimum absolu 700 m minimum conseillé
Rayon parabolique minimum en bosse	700 m
Pente maximale	8 % sur 70 m en AD 6% sur 300 m
Pente maximale en terminus ou voie de garage	0.5% 2% exceptionnel (si pas de garage)
Caractéristique PL sur appareils de voie	4% maximum en pente unique

Conformément au §7.5 des spécifications de gabarits du matériel Alstom il est considéré que les hypothèses de tracé de la L1/L2 sont valides.

■ Spécifications liées au tracé en terminus :

Dans une optique de réduction de l'encombrement du terminus et de sa bonne intégration au site il est proposé dans les tracés de la présente étude de déroger aux principes de tracés « en exploitation » en enchainant directement des AD et courbes sans clothoïdes de transition. Cette hypothèse implique un mouvement moins fluide de la rame et est couramment admise pour des configurations en terminus (rame à vide).

Les géométries mise en œuvre seront détaillées dans les scénarios.

■ Type de pose de voie

Afin de permette une intégration architecturale favorable il est proposé d'avoir une plateforme végétalisée pour la voie tiroir. Dans un souci de cohérence avec l'existant il est retenu une plateforme de type classique avec revêtement gazon dont la coupe type est rappelée ci-dessous.

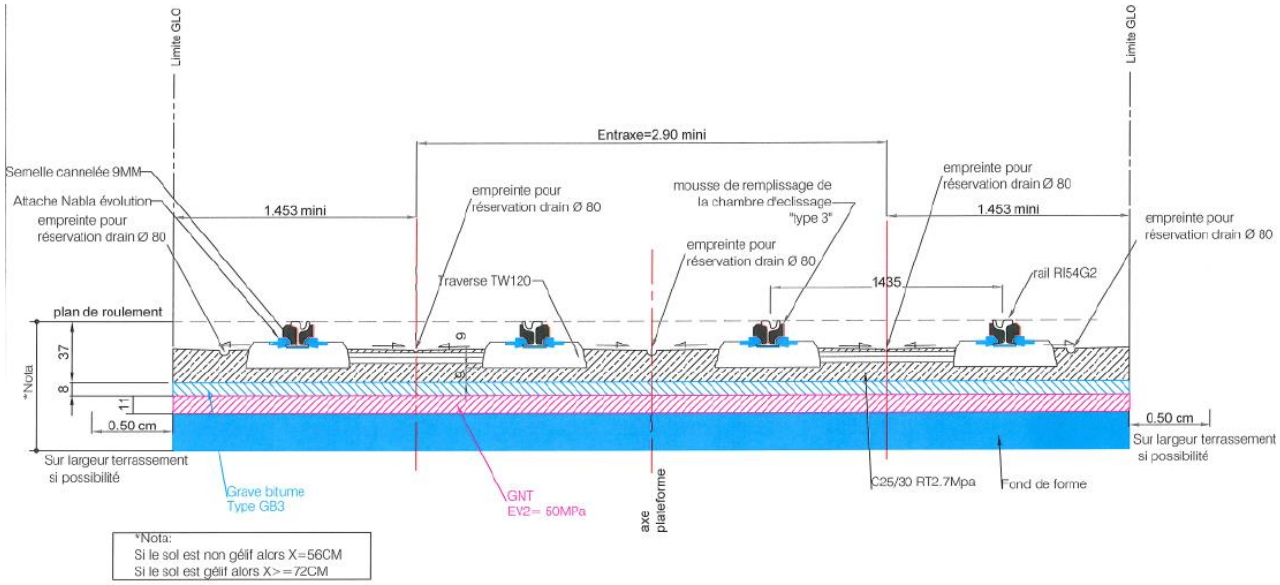


FIGURE 36 : POSE DE VOIE CLASSIQUE (VOIE DOUBLE) REVETEMENT GAZON

Pour les zones de voies reprises sur le tronçon principal il est proposé une remise en état à l'existant, avec le même revêtement de surface.

(c) Zone de remisage et cheminement d'accès aux rames

- Zone de remisage
  - Une seule position de remisage est considérée conformément aux échanges entre parties-prenantes ;
  - La longueur de la position de remisage spécifiée au programme est de 34 m pour des rames de longueur 32,60 m (Alstom) et 23,021 m (CAF) ;
  - Une surlongueur est à prévoir pour le dispositif d'arrêt de la rame ;
  - Contrainte de pente en terminus : la pente maximale dans les zones en terminus doit couramment être inférieure ou égale à 0,5%, pour éviter la dérive d'un véhicule dont les freins ne sont pas bloqués. Cette contrainte est facilement compatible avec les scénarios 2 et 3 au vu du nivellement existant mais est plus difficile à atteindre pour le scénario 1, un ajustement de la contrainte pourra être envisagé dans ce cas au vu des configurations déjà en œuvre sur le réseau (GAME terminus Viotte) ;
  - Largeur GD = 2.606 m
  - Largeur GLO (en remise AD, 2 lames d'air 15 cm) = 2.906 m
  - Taquet d'arrêt de remisage : à considérer par homogénéité avec le réseau par exemple en utilisant un poteau LAC de fin d'ancrage comme dispositif d'arrêt (terminus gare Viotte) ;
- Cheminement d'accès aux rames

Le cheminement d'accès aux rames à ce stade est considéré identique quel que soit le scénario retenu. Il s'agit d'un cheminement simple, à distinguer d'un vrai quai d'accès voyageur.

Pour mémoire, les hypothèses des quais voyageurs sont les suivantes :

- Hauteur du cheminement :

Il est noté une différence de hauteur de plancher par rapport au plan de roulement entre les matériels CAF et Alstom :

  - CAF : 350 mm selon la note d'hypothèse tracé L1/L2 ;
  - Alstom : 285 mm selon les spécifications gabarits ;
- Distance nez de quai :

Il est également noté une différence de distance entre l'axe de voie et les nez de quais entre les matériels CAF et Alstom :

  - CAF : 1250 mm ;
  - Alstom : 1235 mm ;

En simplification de ces contraintes il est donc proposé de retenir les hypothèses de principe suivantes :

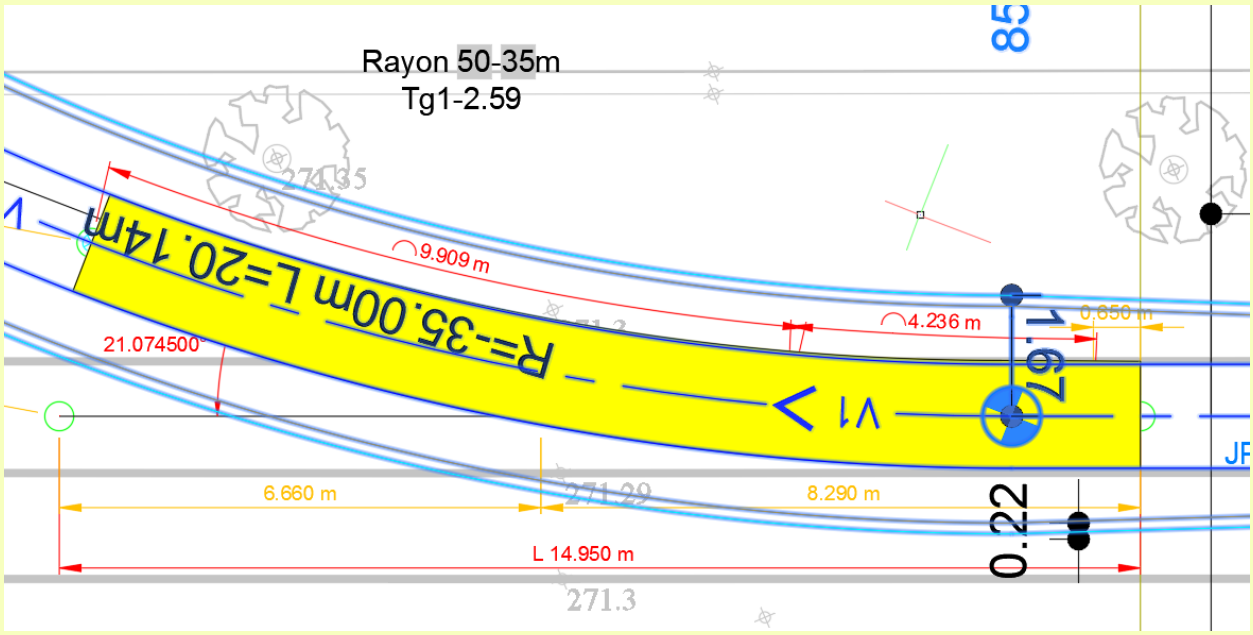
- hauteur de quai : pas de surélévation par rapport au TN, une marche de l'ordre de 300 mm existerait entre le plancher du MR et le cheminement ;
- distance bord de cheminement / axe voie : sans objet car cheminement au TN
- Largeur nominale du cheminement : on considère usuellement un cheminement de 120 cm minimum, hors GLO et obstacle fixes ponctuels (mâts LAC, mâts de signalisation…). Compte tenu de l'insertion entre voirie et voie pour les scénarios 2 et 3 il est retenu ici une largeur de 210 cm, y compris bordures et garde-corps avec la voirie. Cette largeur pourra être ajustée.
- Revêtement : pavés à joints fertile
- Contraintes de pente du cheminement : Sans objet

5.2.1.2 Hypothèses différenciantes

(a) Appareil de débranchement

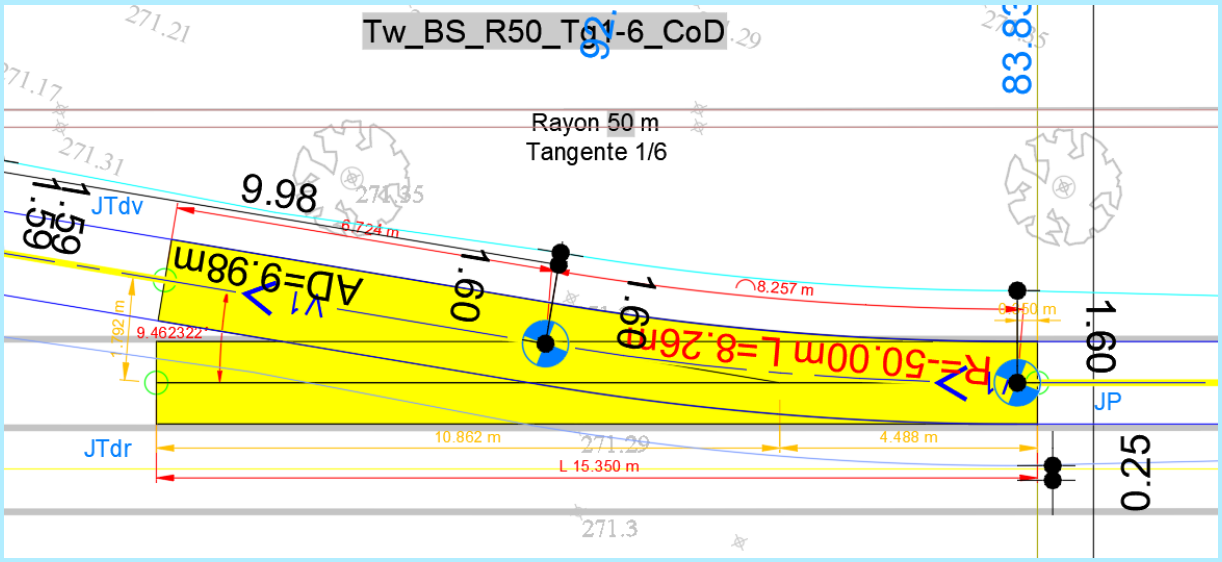
Les appareils de débranchement varient selon le scénario. Du fait des contraintes d'insertion dans la zone d'étude. Aucun appareil de voie n'est identique entre les scénarios étudiés.

Scénario 1 – insertion nord



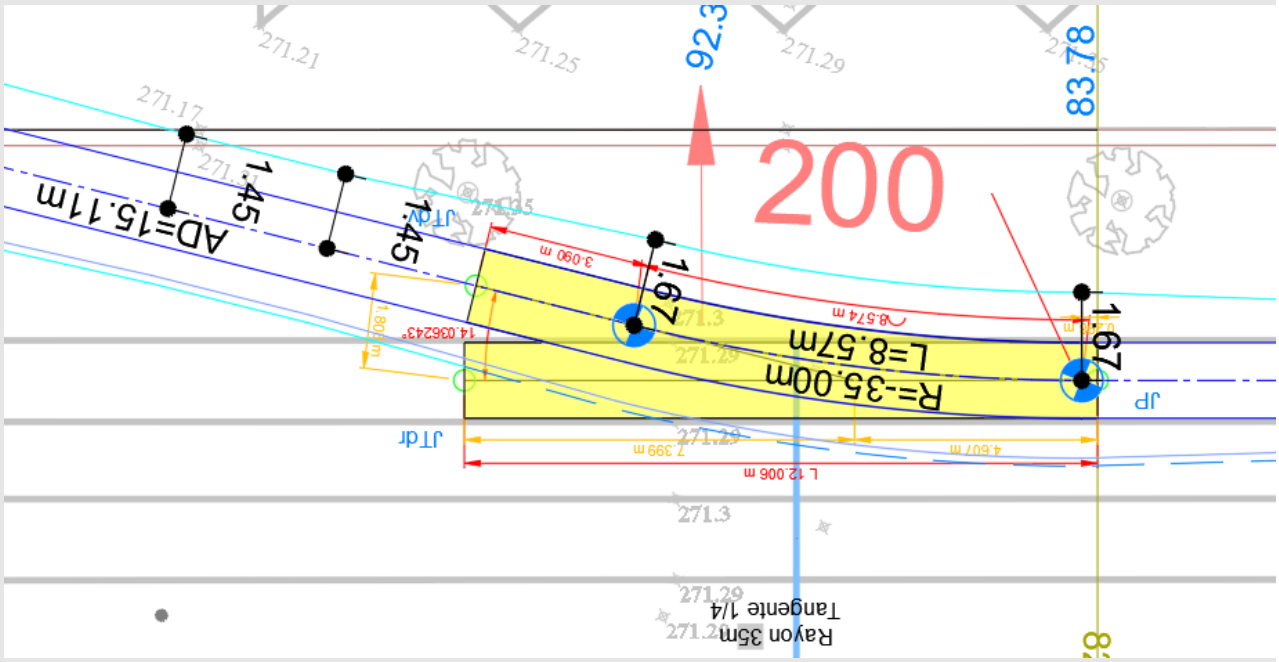
Du fait de la contrainte de l'insertion dans la trame verticale du carrefour Sainte-Famille l'appareil de débranchement est assez spécifique puisqu'il s'agit d'un **R50-R35, tg 1/2.59**. Ce type d'appareil n'existe pas sur le réseau actuel et est forcément moins courant qu'un R50, tg 1/6. La variation de rayon permet d'avoir une entrée plus douce en position de remise en intégrant un rayon intermédiaire de 50 m entre l'alignement droit et le rayon de 35 m.

Scénario 2 - insertion longitudinale



Le scénario 2 est composée d'un appareil de débranchement de type **R50, tg 1/6** qui est l'appareil de voie « classique » et est déjà déployé sur le réseau.

Scénario 3 - insertion centrale



Plusieurs variations ont été tentées sur le scénario 3 sans pouvoir toutefois conserver un appareil de voie R50, tg 1/6 qui emmène la position de remisage en conflit avec le passage piéton ouest. Le scénario 3 est donc finalement composée avec un **R35, tg 1/4.** Le passage d'un alignement droit à un rayon R35 directement ainsi que l'angle plus ouvert entraine un passage en position de remisage plus brusque qu'avec le scénario 2 notamment.

La longueur totale de la voie de remisage est également plus importante que pour le scénario 2.

Un point important en termes d'exploitation consiste à fiabiliser le débranchement de la voie 2 sans impact sur la voie 1 : le GD du matériel roulant en débranchement ne doit pas croiser le GD de la voie 1.

Cette hypothèse a été vérifiée avec les appareils de voie mis en œuvre pour lesquels une lame d'air de 22 cm (scénario 1) à 25 cm (scénario 2 et 3) est disponible entre les deux GD pour une lame d'air couramment admise de 15 cm en mode nominal.

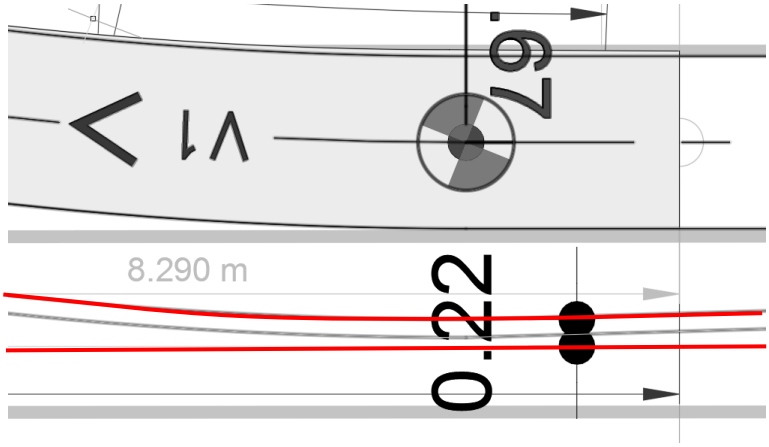
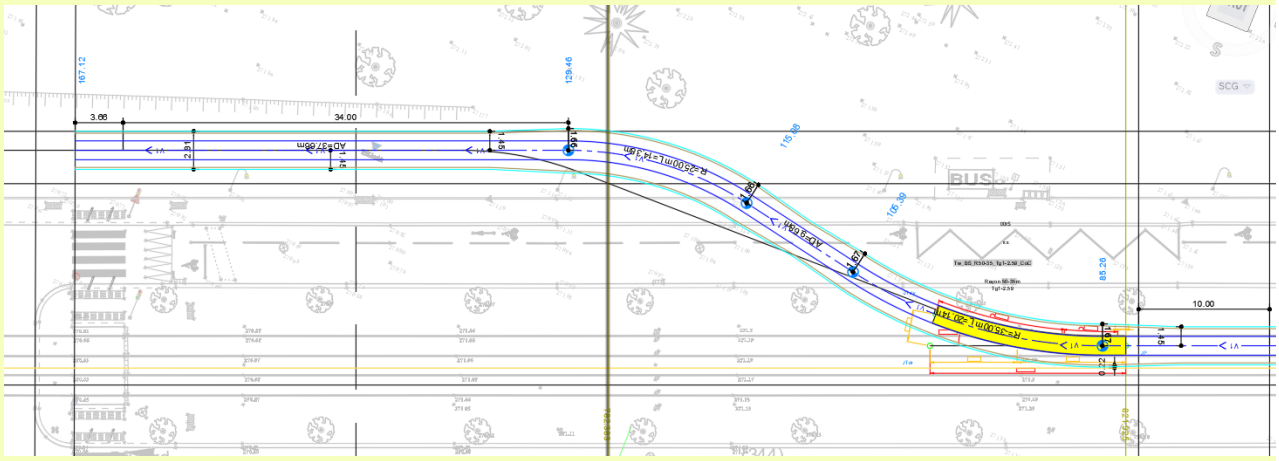


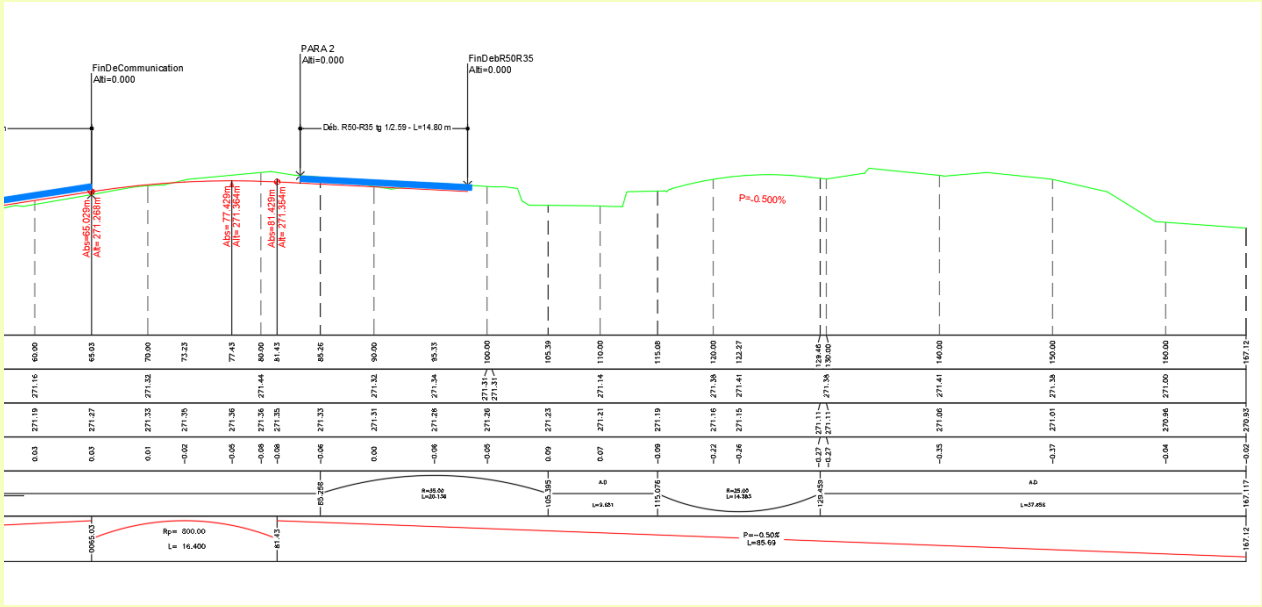
FIGURE 37 : ILLUSTRATION LAME D'AIR ENTRE GD

(b) Voies

Scénario 1 - Nord

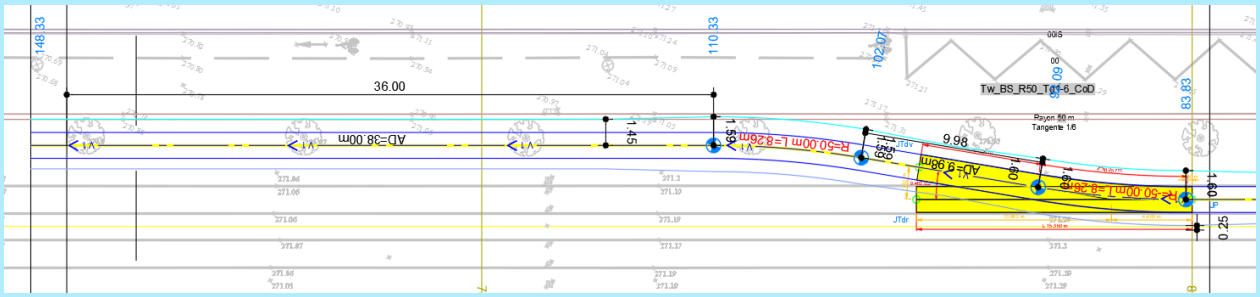


En plan la voie est constituée d'un AD d'un peu moins de 10 m au sortir de l'AdV. Une courbe R25 directement enchainée permet d'atteindre la voie tiroir de longueur 34 m + 3.66 m (marge aménagement et dispositif de fin de voie).

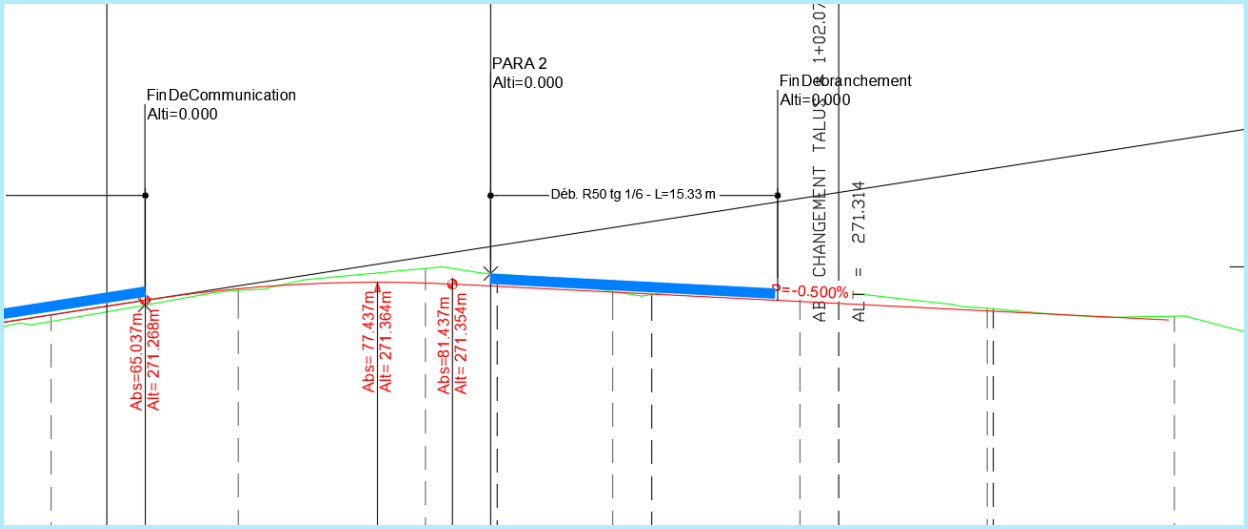


En long, la voie traverse la voie existante et s'insère dans la zone de remise au nord des voies, un travail de nivellement général de la zone est nécessaire pour intégrer la voie tiroir.

Scénario 2 - longitudinal

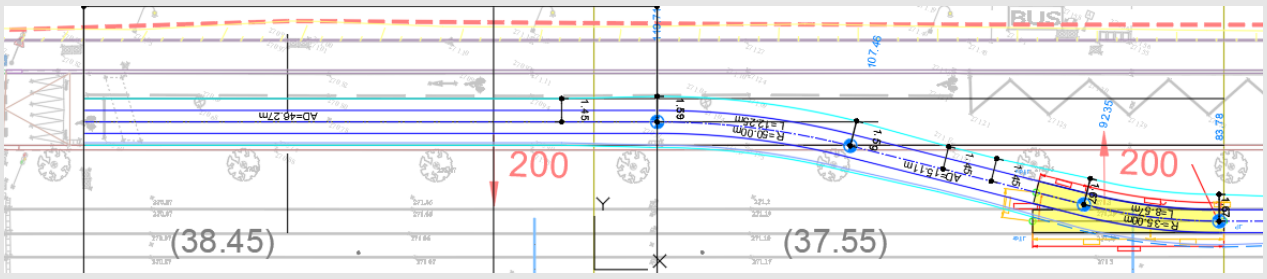


En plan la longueur de voie est réduite à son minimum, une courbe R50 de longueur 8,3 m permet de s'insérer dans la position collée à la V2 directement en sortant de l'appareil de voie, un AD de 34 m constitue ensuite la position du remisage.



En long le profil de voie est identique à la voie existante, sur la longueur du remisage les trois voies sont coplanaires. Un travail de préparation de plateforme est nécessaire sur la zone végétalisée pour la mise en place en lieu et place des arbres.

Scénario 3 - central



En plan la longueur de voie est légèrement augmentée par rapport à la variante 2, un AD de longueur 15m prolonge la sortie de l'appareil de débranchement. Une courbe R50 de longueur 12 m permet de se remettre dans l'alignement droit de la position de remisage de 36 m.

En long le profil de voie est très similaire au scénario 2 et ne présente pas de point d'attention particulier avec une pente de 0.5%.

Poste	Scénario 1 - Nord	Scénario 2 - longitudinal	Scénario 3 - Central
Appréciation globale sur le critère voie ferrée			
Quantitatifs			
Linéaire reprise voie ferrée existante, voie double (ml) :	74 ml		
Nombre d'appareils de voies (u)	2		
Linéaire voie ferrée remisage, voie simple (ml)	82 ml	62.6 ml	63.4 ml

Des conceptions de tracés voies ferrées sont viables pour les trois scénarios et ne présentent pas de différences fondamentales. Le scénario 1 présente l'inconvénient d'être le plus consommateur en linéaire de voie et d'emprise au sol. Le scénario 2 permet la mise en œuvre d'un appareil de voie déjà en place sur le réseau et qui permet un passage vers la voie tiroir légèrement plus fluide par sa géométrie.

5.2.2 LAC

5.2.2.1 Hypothèses communes

(a) Communication V1/V2

A ce stade des études, il n'est pas considéré de variation sur le type de poteau mis en œuvre et la fondation associée. Les poteaux seront de type H et fondés sur des massifs de type poids suivant le même principe que l'existant. Le tir de LAC au droit de la communication simple est identique pour tous les scénarios avec un tir de transversal au droit de la communication :

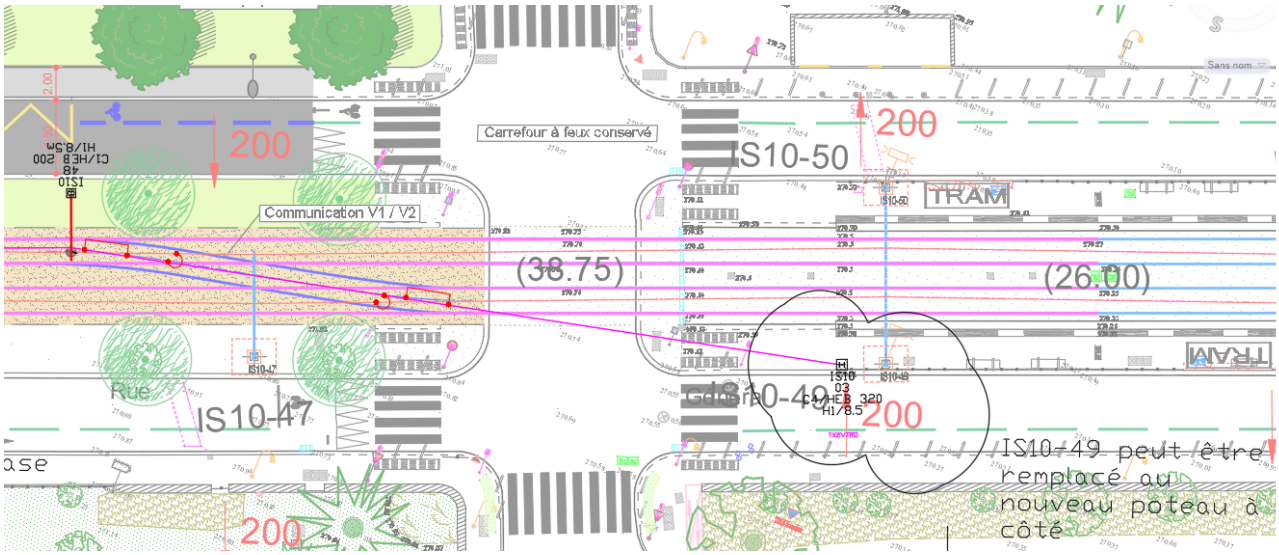


FIGURE 38 : PRINCIPE LAC AU-DESSUS COM V1-V2

- Un nouveau poteau est ajouté à l'est du carrefour pour permettre le bon alignement du fil de contact dans l'entrée de la communication V1/V2. Il pourra être envisagé deux solutions sur ce poteau :
  - La solution présentée en première approche avec la création d'un poteau accolé à celui de la station Brulard existant (IS10-49). Ce principe permet de limiter l'intervention sur le réseau existant et donc de limiter l'impact des travaux mais a l'inconvénient esthétique de faire apparaitre deux grandes émergences proches ;
  - La solution de remplacement du poteau existant : l'ajout du transversal pour la communication ajoute des efforts importants sur le poteau qui devrait être revérifié ou vraisemblablement remplacé en lieu et place pour une section plus importante. Cette solution semble réaliste mais engendre plus d'interventions sur le réseau existant ;
  - Il a également été envisagé d'implanter le poteau à l'ouest du carrefour mais cette position n'est pas compatible avec le fonctionnement de la communication ;
- Côté nord de la plateforme un nouveau poteau est ajouté dans la zone pour accrocher le transversal au niveau de V1. La réalisation de ce poteau se fera à proximité de la multitubulaire en exploitation, en première approche il ne pourrait malheureusement pas être centré entre les deux arbres ;
- Le poteau IS10-47 reste en place pour tenir la LAC de la ligne en exploitation.

(b) Dispositif de fin de voies

En première approche pour une bonne intégration et une cohérence sur le réseau il peut être proposé de mettre en place un poteau LAC en guise de heurtoir.

Cette disposition restera à confirmer puisque de récents retours d'expérience ont fait apparaitre des demandes d'OQA de justifications des poteaux aux chocs d'un tramway entrainant des dimensionnements prohibitifs en termes de faisabilité ou coûts.

Dans les scénarios étudiés il est considéré un heurtoir complémentaire pour s'affranchir des sujets de justification LAC, son positionnement est alors simplement géométrique.

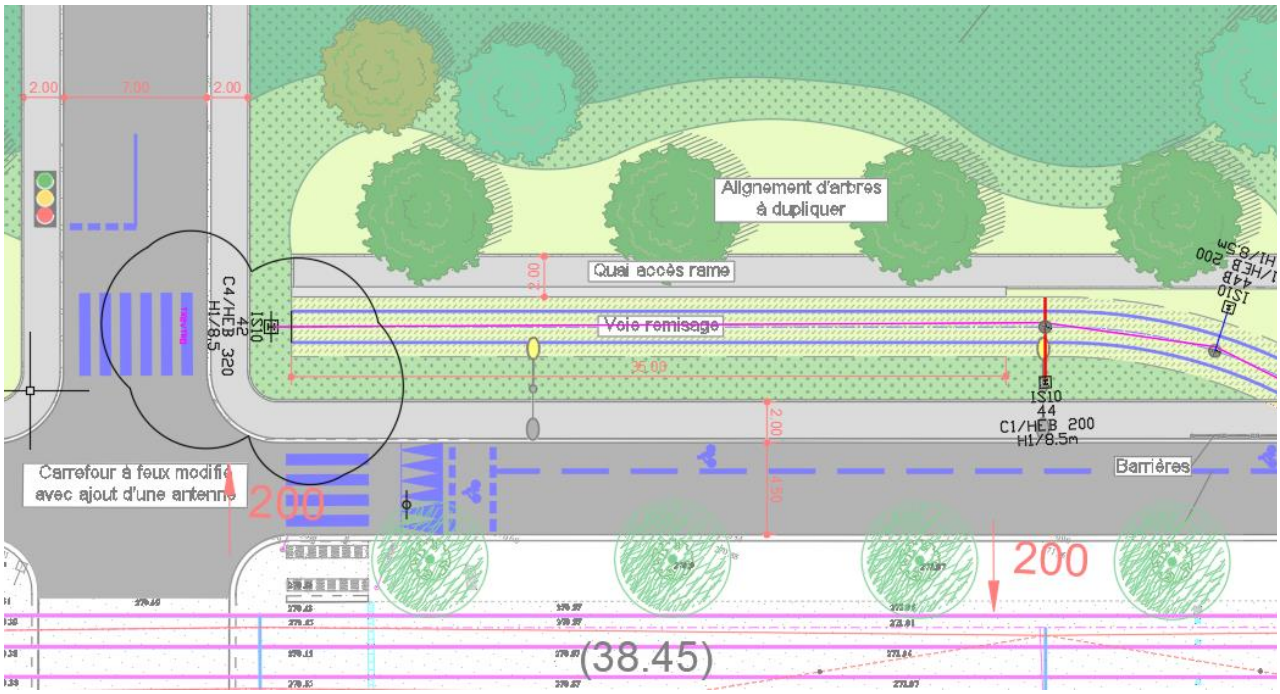


FIGURE 39 : POTEAU LAC EN HEURTOIR, SCENARIO 1

(c) Impact sur ligne existante

Dans tous les scénarios le poteau IS10-45 constitue le point d'ancrage EST de l'appareil de débranchement. Cette nouvelle fonction amènera à devoir rejustifier le poteau aux nouveaux efforts amenés par le nouveau fil de contact du débranchement ou à procéder à son changement.

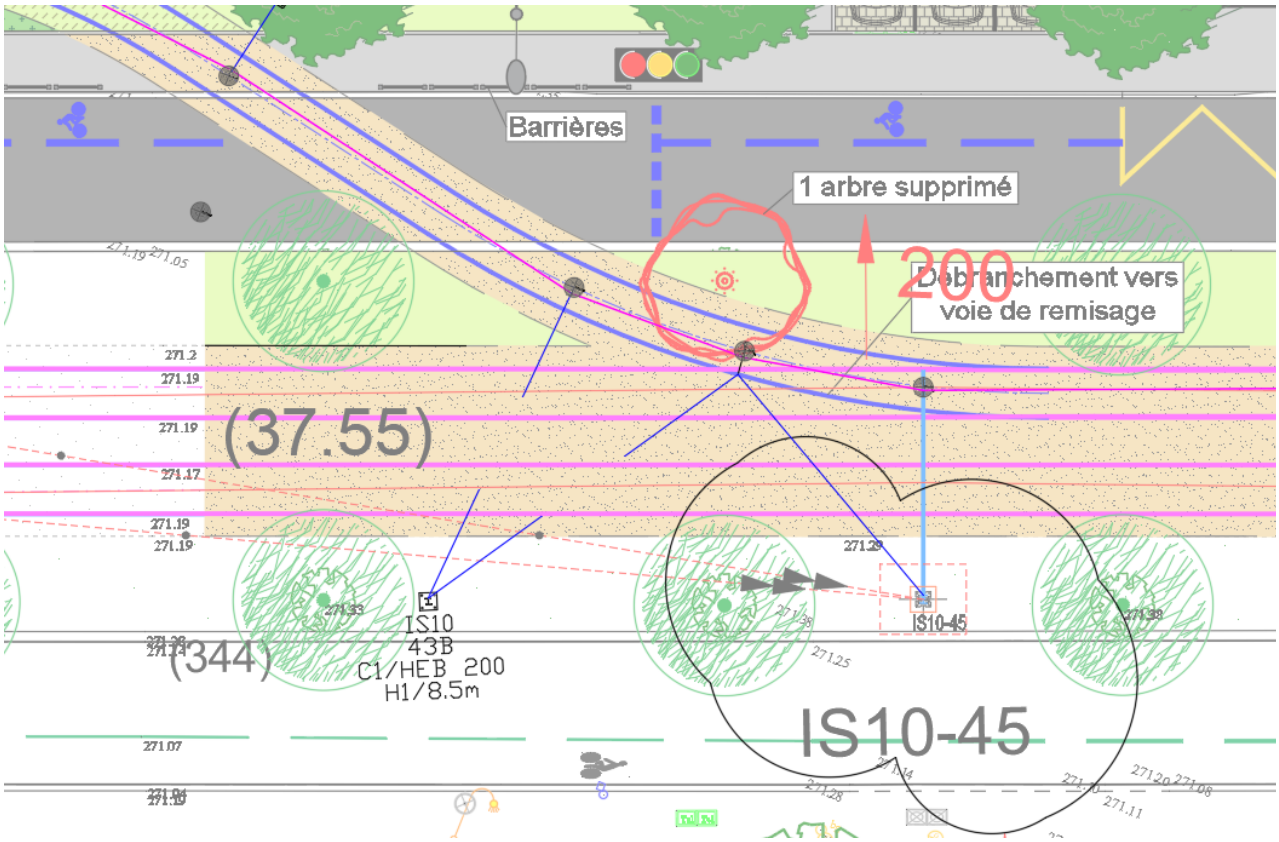


FIGURE 40 : POTEAU IS10-45, SCENARIO 1

5.2.2.2 Hypothèses différenciantes

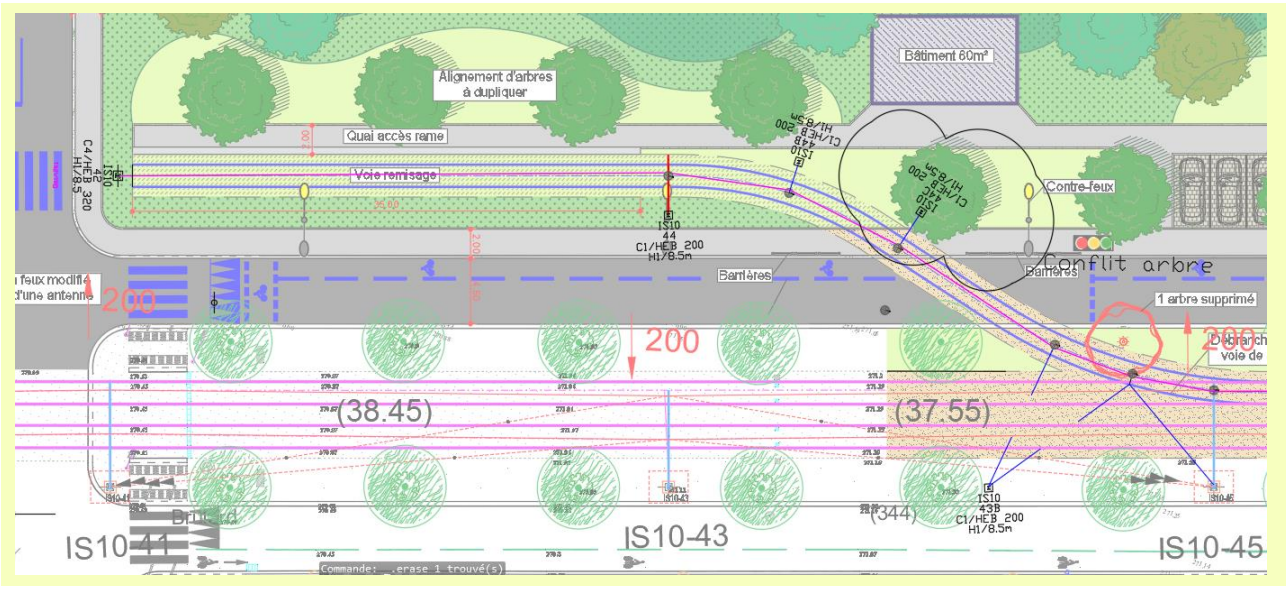
Le scénario 2, par sa proximité avec la voie existante nous a amené à nous interroger sur la possibilité de limiter le nombre de nouveaux poteaux à ajouter en envisageant de simples prolongations de consoles pour desservir la voir tiroir. Cette option n'a pas été retenue puisque l'implantation des poteaux existants ne permettait de tir fiable pour ce scénario et que le poteau principalement concerné par cette option (IS10-43) est un poteau spécifique, de milieu de tir, avec fils d'anti-cheminement et montage spécifique.

Les trois scénarios sont ainsi constitués de nouveau tirs de LAC propres à la voie tiroir et varient simplement par le nombre de poteaux mis en œuvre.

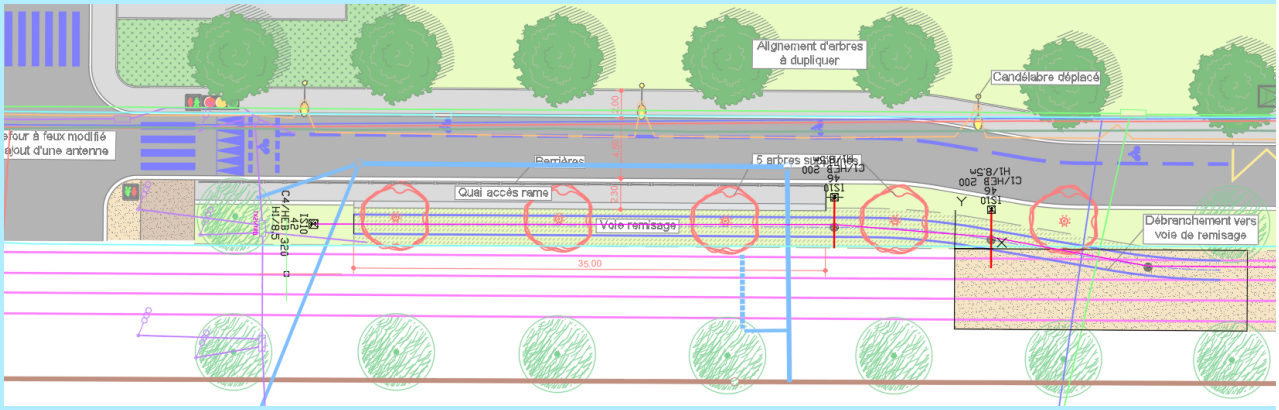
Scénario 1 - Nord

L'éloignement de la voie de remisage impose la mise en place d'un nouveau tir pour desservir la communication. En première approche il peut être proposé le principe illustré ci-dessous. Il est également à noter que le tir de LAC franchit alors la voirie nord.

L'avantage de cette solution est qu'elle permet de réaliser les travaux de LAC de manière indépendante par rapport à la voie existante jusqu'au moment de la mise en service. Elle présente en revanche un plus grand nombre de poteau (5 unités) du fait des courbes plus importantes.



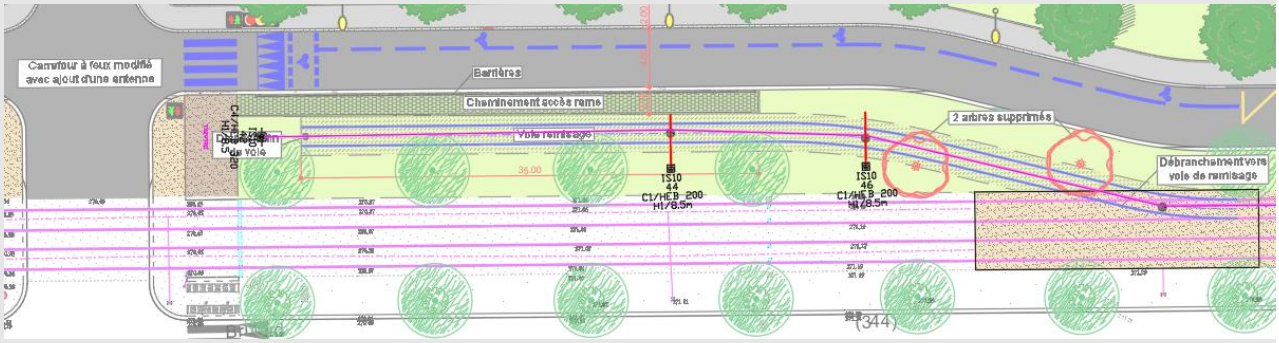
Scénario 2 - longitudinal



La solution est économe puisque 3 poteaux sont ajoutés en plus des 2 nécessaires à la communication V1/V2.

Les poteaux sont implantés entre la voirie et la voie de remisage et n'entravent pas le cheminement d'accès aux rames. La suppression des arbres rend en revanche les poteaux plus visibles.

Scénario 3



La solution présente également seulement 3 poteaux, implantés sur la bande végétalisée entre la plateforme existante et la voie de remisage.

Poste	Scénario 1	Scénario 2	Scénario 3
Appréciation globale sur le critère LAC			
Quantitatifs			
Poteaux et massifs communication V1/V2(u)	2		
Nouveaux poteaux et massifs	5	3	3

Pour ce qui concerne la LAC, le scénario 1 est là encore le plus consommateur en ressources et présente l'inconvénient de présenter une traversée de voirie mais permet d'avoir une zone de travail éloignée de la voie en exploitation. Les scénarios 2 et 3 permettent de limiter le nombre de poteaux et le coût associé. Les travaux liés à la LAC sont en revanche plus proche de la voie en exploitation. En première approche (voir § planning) il est néanmoins envisagé de réaliser les travaux sous exploitation avec protection mécanique et d'intervenir de nuit pour les opérations le nécessitant (mâtage, raccordements).

5.2.3 Signalisation lumineuse de Traffic (SLT) et ferroviaire (SIGFer)

5.2.3.1 Hypothèses communes

(a) Signalisation ferroviaire

A ce stade il n'y a pas de signalisation ferroviaire sur le site. L'ajout du terminus modifie cet état général mais ne varie pas selon le choix de la variante (à l'exception de la position d'une émergence). A ce stade des études il n'est pas identifié de contrainte bloquante liée à la signalisation ferroviaire, son fonctionnement sera développé dans les phases d'études ultérieures. En première approche il peut être proposé une vision de principe de la nouvelle zone de manœuvre sur la base de la variante 1 ci-dessous :

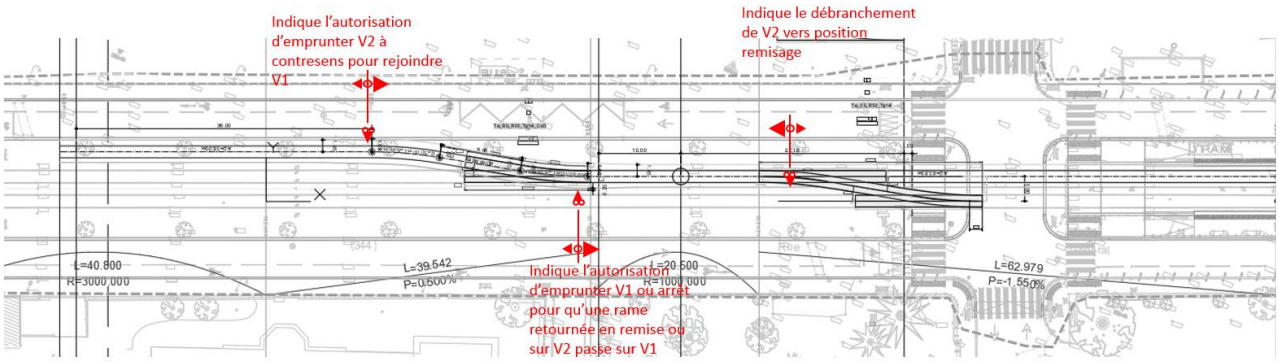


FIGURE 41 : PRINCIPE D'IMPLANTATION DE LA SIGFER SUR LA VARIANTE 1

La signalisation ferroviaire est constituée de deux grandes entités :

- Du matériel installations en campagne constitué par :
  - 2 ou 3 mécanismes de commande d'aiguille,
  - des signaux et indicateurs,
  - des circuits de voie de détection des rames,
  - 1 boucle de détection de remisage,

- des boucles de télécommande d'aiguille,
- des boîtiers de commande de secours d'itinéraire.
- Des systèmes de chauffage aiguilles

- De matériel "poste" regroupé dans un local technique appelé "Local Signalisation" où sont regroupés de plusieurs châssis de câbles, alimentations et armoires automates. Le système en place sur la ligne existante fonctionnant sur le principe de calculateurs de sécurité pour les zones de manœuvre, le besoin en espace technique est réduit par rapport aux système relais NS1 et se limite à quelques armoires. .

(b) SLT

Du fait des contraintes du site et notamment du respect du cadrage de la trame viaire du futur quartier GBP le projet de terminus s'inscrit entre les carrefours 408-ouest et Sainte-Famille. Pour mémoire les installations sont décrites dans le paragraphe 3.2.4.4.

Au niveau du carrefour accès école Sainte-Famille, les infrastructures de SLT sont déjà mises en place. Selon les variantes et la nécessité de dévoiement de la voirie Nord, l'implantation des équipements de SLT de ce carrefour sera toutefois revue avec des déplacements de feux véhicules et piétons.

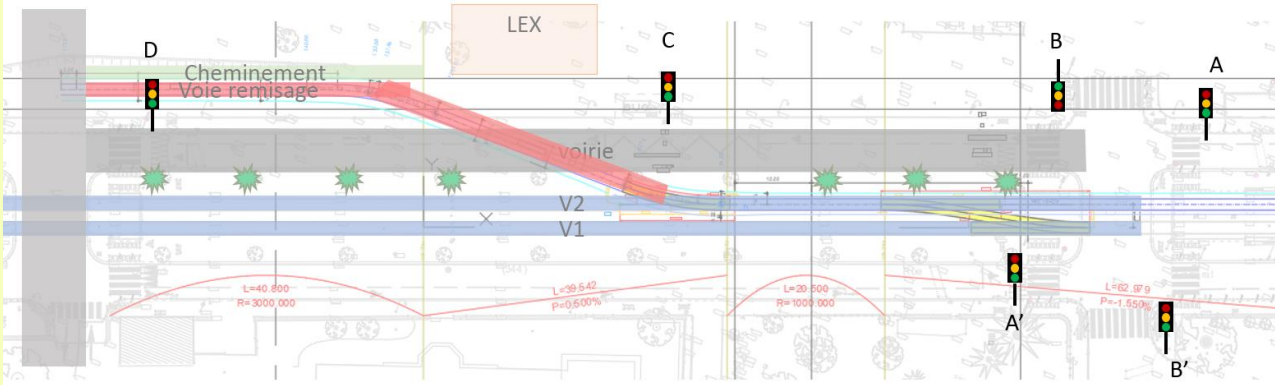
De plus, au-delà du projet du terminus, l'accès au futur quartier GBP dessiné au niveau du carrefour Sainte-Famille pourra nécessiter l'ajout d'une branche au Nord du carrefour et de fait une modification de la SLT en place. Cette possibilité figure sur les plans de masse des différentes variantes.

Quel que soit le scénario retenu, il sera nécessaire d'ajouter des boucles de détection dans la zone. En particulier il faudra ajouter une boucle permettant de détecter une rame à contresens sur V2 pour revenir sur V1 et bloquer le carrefour 408-ouest au rouge lors de son franchissement.

5.2.3.2 Hypothèses différenciantes

Pour ce qui concerne le carrefour 408-ouest en revanche on note des modifications plus importantes, dont l'étendue varie en fonction des scénarios.

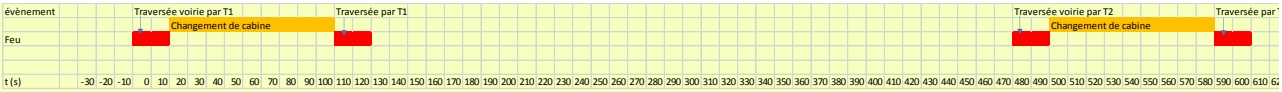
Scénario 1 - Nord



Le scénario 1 implique une traversée de la voirie par la voie de remisage du tramway, cette traversée doit être régulée.

Un ordre de grandeur des fréquences d'interruption (rouge sur le C) peut être approché de la manière suivante (sera à préciser selon l'étude d'exploitation ultérieure) :

- En considérant qu'une rame arrive au terminus toutes les 8 minutes (=480 secondes, fréquence T1 objectif avec le terminus)
- Avec un temps de changement de cabine de 1 minute 30 (90 secondes)
- En considérant 20 secondes de temps de traversée de la voirie (rouge),
- Soit un passage au rouge de 4 x 20 s toutes les 10 minutes environ



- Pour mémoire : le fonctionnement actuel est un rouge intégral au moment du passage du tramway ;
- Dans cette logique un fonctionnement de la traversée sur le tronçon AD sans ajout du feu C pourrait être envisageable. Au moment de la traversée de voirie l'ensemble du carrefour 408-ouest serait rouge. Cette solution a l'inconvénient d'augmenter la fréquence de rouge sur ce carrefour, l'exploitation du carrefour serait à vérifier ultérieurement, en particulier vis-à-vis de la règle des 120 secondes.
- L'ajout d'un feu (C) au plus proche de la traversée de la voie de remisage peut également être envisagé. Ce feu serait positionné à environ 75 m du feu A et fonctionnerait en lien avec la signalisation ferroviaire pour un passage au rouge unique au moment de la traversée d'un tramway. Cette solution aurait le mérite de ne pas modifier le cycle du carrefour actuel mais tronçonne le secteur de manière plus importante. **C'est l'hypothèse conservée en référence dans le scénario 1.**

Scénario 2 – longitudinal

La voie tiroir étant dans le faisceau du tramway il n'y a pas d'impact sur la SLT hors boucles de détections supplémentaires. L'impact lié à la signalisation ferroviaire est conforme aux exigences règlementaires et ne constitue pas un critère différenciant.

Scénario 3 - central

La voie tiroir étant dans le faisceau du tramway il n'y a pas d'impact sur la SLT. hors boucles de détections supplémentaires L'impact lié à la signalisation ferroviaire est conforme aux exigences règlementaires et ne constitue pas un critère différenciant.

Poste	Variante 1	Variante 2	Variante 3
Appréciation globale sur le critère SLT et SIGFer			
Quantitatifs	Critère non différenciant		

5.2.4 Energie

Le mode d'alimentation de la voie tiroir ne varie pas en fonction de la variante retenue. L'ajout éventuel d'interrupteurs d'isolement sera étudié dans la phase AVP et permettra de mieux préciser le schéma d'alimentation du terminus ainsi que le fonctionnement de la ligne en cas d'avarie sur une LAC.

Ce point technique ne constitue pas un critère différenciant entre les scénarios et n'est donc pas plus développé à ce stade.

5.2.5 Impact sur les réseaux concessionnaires existants

Les informations sur les réseaux reconnus dans la zone sont rappelées dans le paragraphe 3.2.1. On ne peut pas identifier ici d'hypothèses ou impact communs entre les variantes.

Pour mémoire l'épaisseur de la pose retenue actuellement est de 56 cm au-dessus du fond de forme. Une profondeur d'enfouissement courante des réseaux sous trottoirs est de l'ordre de 60 à 80 cm.

Selon le scénario retenu, l'impact est plus ou moins important sur les réseaux et est surtout à définir par les concessionnaires une fois les conflits avec le projet développé identifiés. On peut rappeler les grands principes suivants pour servir de base à l'analyse :

- Une règle d'usage en tramway lors des phases de déviations de réseaux concessionnaires est d'avoir une hauteur de charge de l'ordre de 1.50 m entre la surface et la génératrice supérieure des réseaux (besoin de multitublaire principalement) pour permettre à ces derniers de passer sous la plateforme. Cet usage n'est pas spécialement pertinent dans notre cas (besoin en multitubulaire faible) et on considère que les réseaux ne sont pas dévoyés sur le scénario 1 où les réseaux sont interceptés transversalement par la plateforme.
- Dans le cas d'une déviation de voirie où un réseau existant sous trottoir serait amené à être déplacé sous une chaussée il est peu probable que le réseau soit laissé en l'état du fait des couvertures d'usages différentes (60 cm sous trottoir et 80 cm sous voirie) et de la perte de couverture (hauteur vue du trottoir à recéper). Dans ces configurations, des interventions sur réseaux sont à prévoir avec par exemple de l'approfondissement, de la mise en place de protection mécanique ou une déviation.

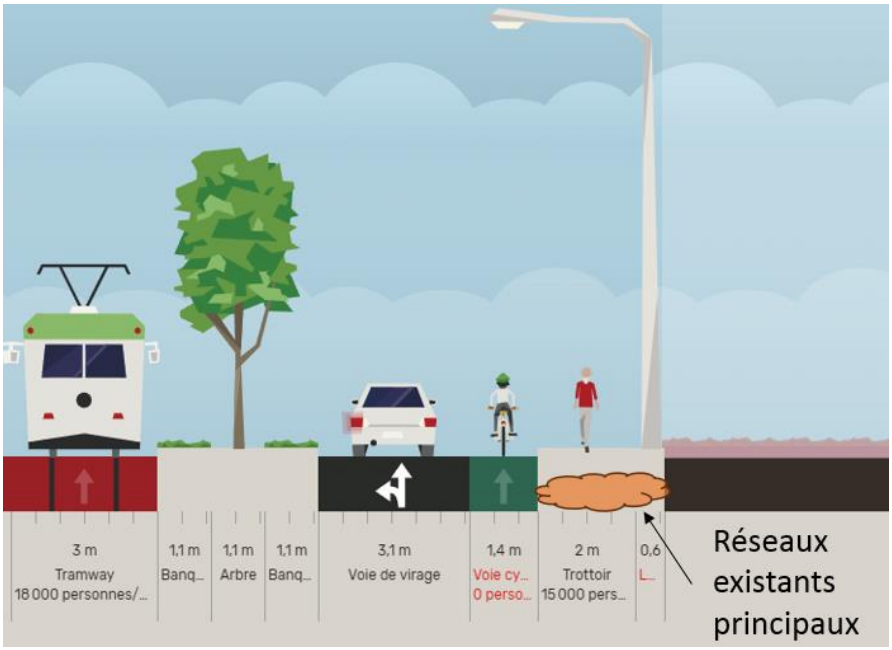


FIGURE 42 : COUPE DE PRINCIPE CONFIGURATION ACTUELLE, VUE VERS L'OUEST (STREETMIX)

On différencie les variantes sur ce point

Scénario 1 - Nord

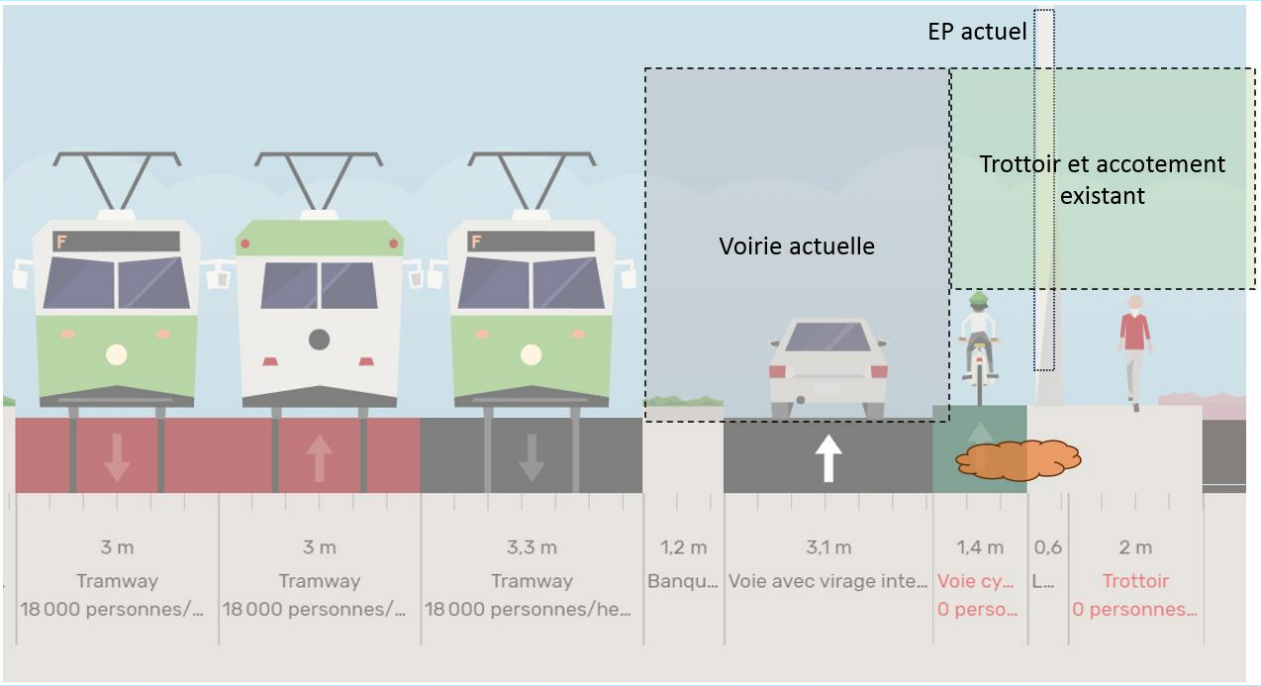
- Les voiries sont conservées en l'état sauf au droit de la traversée de plateforme. Celle-ci croise l'ensemble des réseaux du trottoir nord et il pourrait être envisagé un approfondissement de ceux-ci sur la largeur de la plateforme, néanmoins non intégré à ce stade.
- Le réseau d'évacuation des eaux pluviales est également intercepté par la plateforme et serait à réadapter.
- La voie tiroir est positionnée sur une zone vierge de tous réseaux.

L'impact global sur les réseaux concessionnaires est donc considéré comme modéré.

Scénario 2 - longitudinal

L'aspect réseaux est un point à fort enjeu pour le scénario 2 et a été abordé selon deux visions :

- En première approche il a été envisagé le scénario suivant, sans déviation de réseau :



Sur la coupe de principe ci-dessus on observe les éléments suivants :

- La voirie déviée en considérant un cheminement d'accès aux rames de 1.20 m permettrait d'avoir la chaussée en lieu et place de la bande cyclable actuelle, avec une largeur de voie de **3.10 m** ;
- Cette dernière serait basculée sur le trottoir actuel, en piste dédiée ;
- Le trottoir pourrait être étendu vers le nord (droite de la coupe) ;
- Les réseaux pourraient être laissés en place sous le trottoir devenu piste cyclable ;
- Les infrastructures d'éclairage public (massifs et candélabres) n'ont pas besoin d'être modifiés ;

Pour ce qui est des autres réseaux :

- La voie tiroir intercepte le réseau d'eau pluviale : ce réseau étant déjà en place sous la plateforme et les voiries n'étant pas modifiées il est considéré qu'il n'y a pas d'impact sur le réseau ;
- Le réseau SLT du carrefour Sainte-Famille n'est pas non plus affecté ;

L'impact global sur les réseaux concessionnaires serait considéré comme quasi-nul dans cette approche

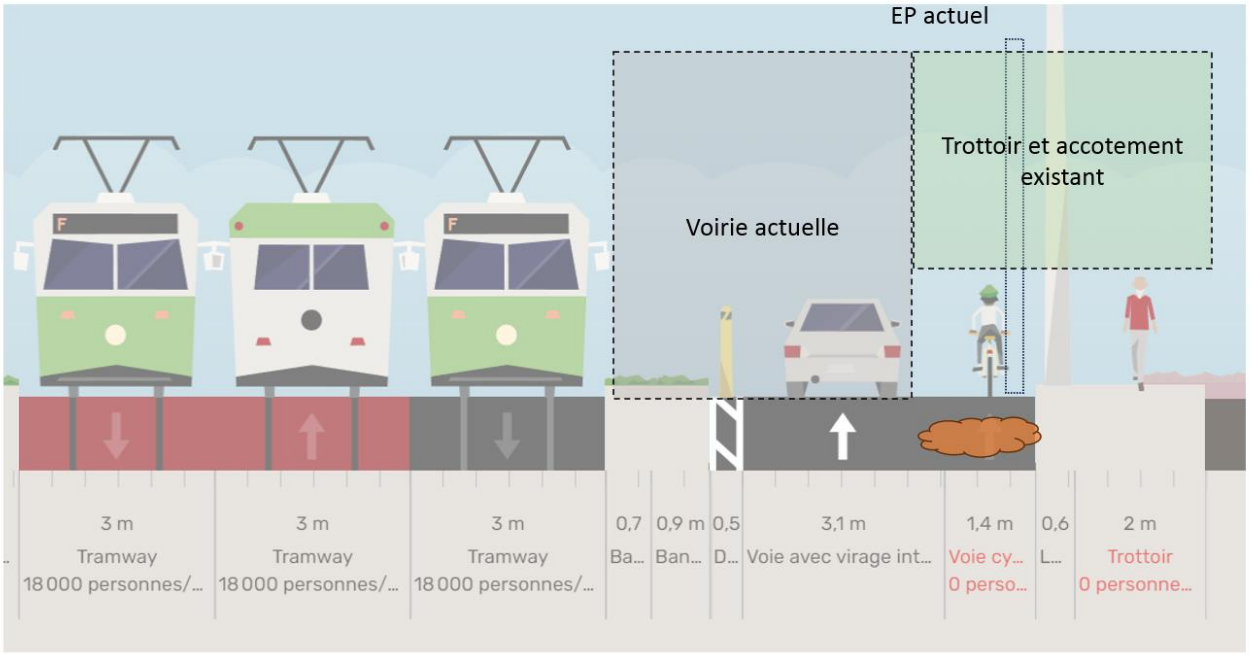
Cette approche avec une hypothèse de voie de largeur 3.10 m pourrait être acceptable pour une voie à sens unique en agglomération avec une vitesse de circulation à 50 km/h. Elle suscite néanmoins les commentaires suivants :

- L'axe d'étude est un axe majeur de l'agglomération ;
- Il possède le même profil sur tout son linéaire avec une voie de 4.50 m comprenant une bande cyclable. La déviation telle qu'imaginée en première approche rompt alors l'unité du boulevard en instaurant un traitement particulier sur environ 70 m qui peut nuire à la lisibilité de la zone, en particulier pour les cyclistes qui devraient gérer une section ponctuelle en piste sur un tronçon plutôt organisé en bande ;
- La voirie de largeur 3.10 m peut constituer un point dur sur l'axe pour le passage de convois exceptionnels ou plus régulièrement dans le secteur pour le passage de déneigeuses. Il est également à

noter qu'une caserne de pompier est située dans le secteur d'étude et peut générer des contraintes spécifiques.

Du fait de ces éléments le passage dans la configuration envisagée sans déviation de réseau nécessiterait une concertation avec les services de voiries et **semble peu acceptable de notre point de vue**. Il semble ainsi plus réaliste à ce stade des études d'envisager une translation de la voirie en conservant une largeur de 4.50 m :

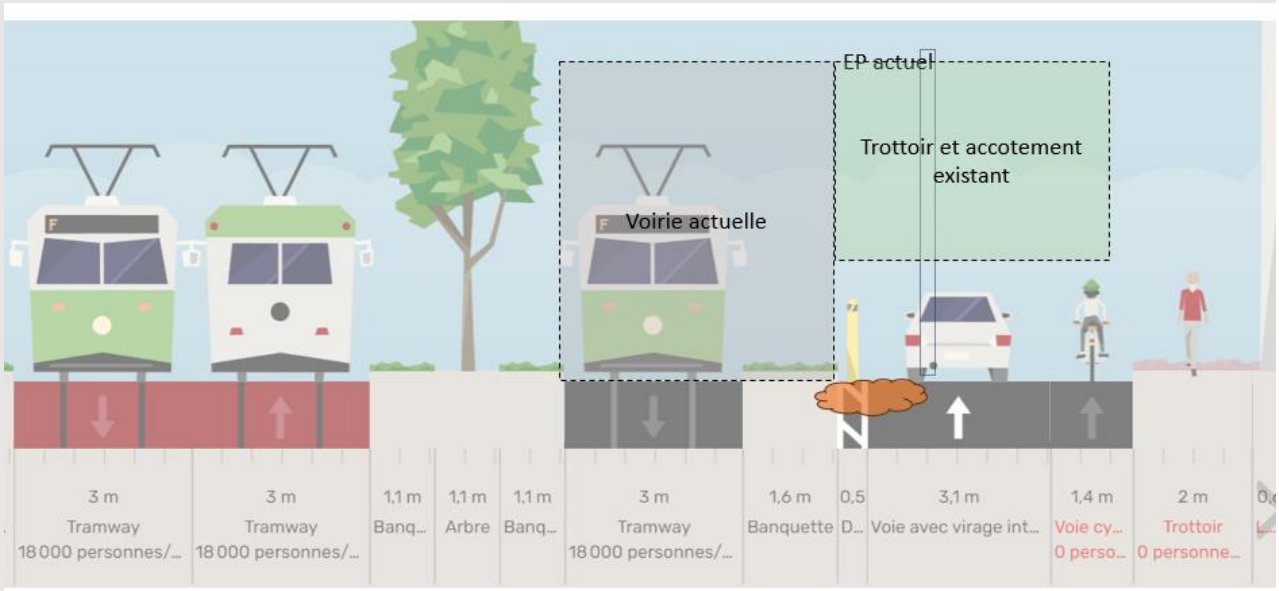
- Approche <u>avec déviation de réseaux</u> :



- Dans cette coupe de voirie les réseaux se retrouvent sous la voirie, au niveau de la bande cyclable, bien que la translation de la voirie soit moins importante que pour le scénario 3 on se retrouverait dans le cas où une déviation des réseaux est également nécessaire ;
- L'ensemble des impacts dans cette approche est identique au scénario 3 ;

A ce stade des études, cette hypothèse avec réseaux déviés constitue l'hypothèse de référence du scénario 2 afin de privilégier une homogénéité des voiries sur cet axe.

Scénario 3 - central



Sur la coupe de principe ci-dessus on observe les éléments suivants :

- La voie tiroir s'insère au niveau de la chaussée actuelle ;
- En considérant un cheminement d'accès aux rames d'environ 2.30m (bordure de voirie comprise) l'ensemble voirie, bande cyclable et trottoir doit être translaté vers le nord (droite de la coupe) en conservant les largeurs attribuées existantes ;
- Les réseaux secs présents sous trottoir se retrouveraient alors intégralement sous la chaussée déviée avec une possible insuffisance de couverture et devraient donc être déviés, approfondis ou protégés
- Les infrastructures d'éclairage public (massifs et candélabres) seraient déplacées au même titre que le réseau d'éclairage sur le tronçon de voirie dévié ;

Pour ce qui est des autres réseaux :

- La voie tiroir intercepte le réseau d'eau pluviale longitudinalement : un dévoiement du réseau sera à réaliser et les avaloirs de voirie seront à repositionner suite au dévoiement de chaussée ;
- Le réseau SLT du carrefour Sainte-Famille n'est pas affecté, mise à part les déplacements nécessaires d'équipements de feux de la voirie Nord et l'extension du carrefour avec le possible ajout d'une branche pour l'accès au futur quartier GBP (génie civil déjà réalisé selon DOE) ;
- Le réseau SLT en place du carrefour Brulard / 408 Est n'est pas non plus impacté, mise à part l'évolution nécessaire pour la régulation de la traversée de la voie de remisage du tramway entre les deux carrefours à feux.

Poste	**Variante 1**	**Variante 2**	**Variante 3**
Appréciation globale sur le critère réseaux concessionnaires			
Quantitatifs			
Interventions sur réseaux	Selon concessionnaires réseaux		

5.2.6 Impact sur les réseaux tramways

L'impact sur les réseaux liés aux tramways (alimentation énergie, réseaux CFA…) n'est pas un critère différenciant entre les scénarios étudiés :

- Les éventuels besoins supplémentaires en réseaux tramways ne sont pas impactés par la configuration du terminus ;
- Du côté de l'infrastructure : la position de la multitubulaire est connue en XY et une hypothèse de hauteur de charge de l'ordre de 60 cm est rationnelle. A ce stade des études la multitubulaire est donc considérée comme non déviée. La gestion du croisement entre la multitubulaire et l'appareil de débranchement restera à préciser dans la suite des études mais ne varie pas selon le scénario retenu et n'est pas un sujet bloquant.

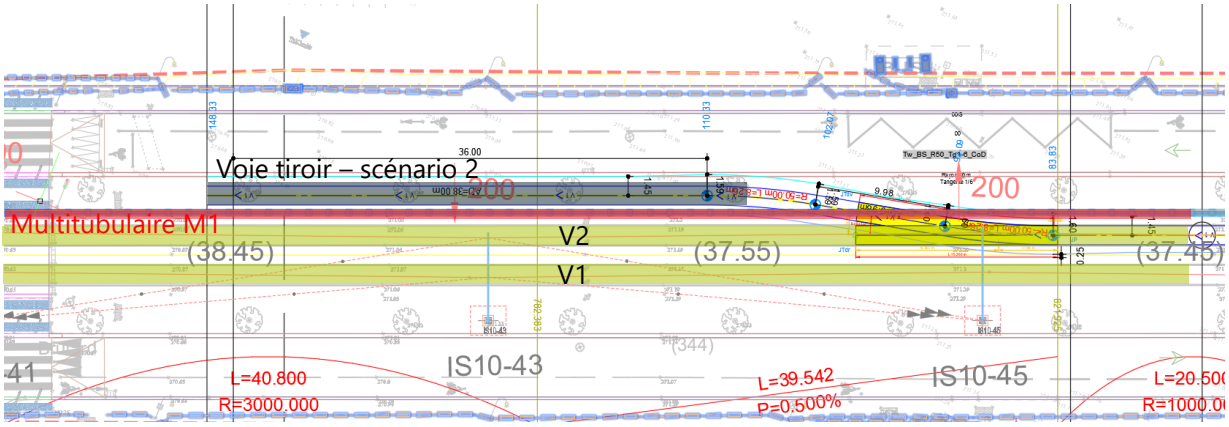


FIGURE 43:POSITIONNEMENT DE LA MULTITUBULAIRE

Il est ainsi proposé de ne pas considérer ce critère comme discriminant.

5.3 Aspects aménagements urbains

5.3.1 Impact sur les voiries

5.3.1.1 Hypothèses communes

L'impact sur les voiries diffère selon les variantes proposées. Toutefois des dispositions communes existent dans le traitement des voiries :

- L'invariant commun principal entre les 3 versions proposées réside dans la création éventuelle d'une antenne au nord du carrefour Brulard / Sainte-Famille pour l'accès au futur quartier Brulard Ouest. Cette projection, respectant le plan guide d'urbanisation de l'agglomération, a été insérée dans les différents scénarios de manière à vérifier sa compatibilité avec l'implantation du terminus de tramway et afin de ne pas entraver le développement prévu du quartier.

  Cette évolution du carrefour imposera une extension du carrefour à feux existant avec une reprogrammation du contrôleur de feux, ainsi que la gestion de la traversée piétonne.

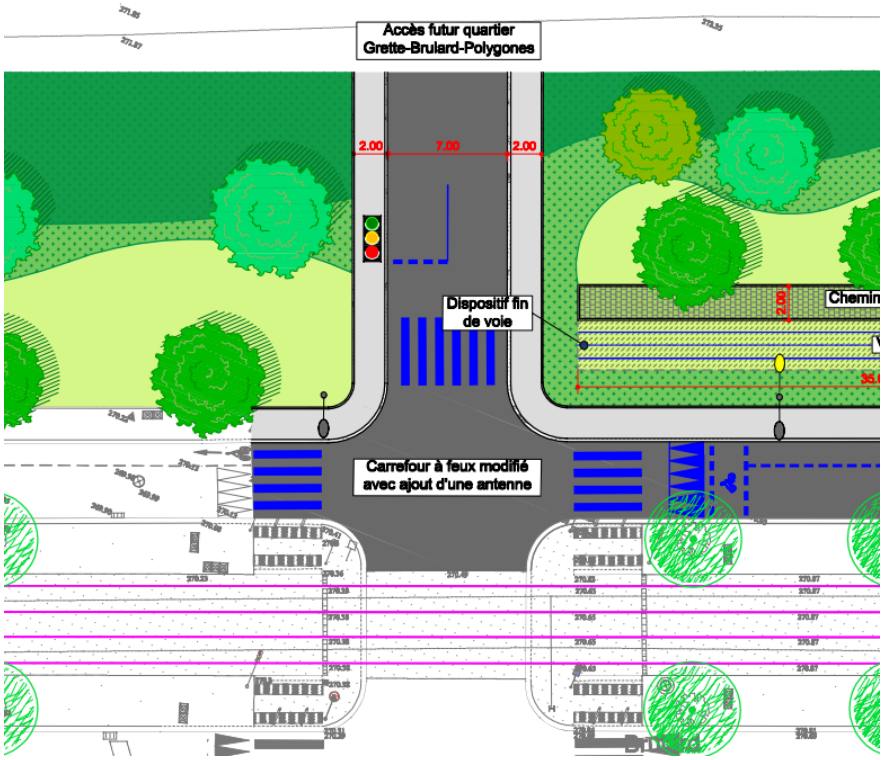


FIGURE 44 : CARREFOUR SORTIE ECOLE / SAINTE-FAMILLE

- Le second point commun à toutes les variantes correspond au déplacement nécessaire de l'arrêt bus de l'agglomération situé sur la voirie nord. La translation d'une trentaine de mètre du quai bus et ses équipements (abri bus) vers l'Est est rendu nécessaire par l'appareillage de débranchement de la voie principale vers la voie de remisage du terminus quelle que soit la variante proposée. Le déplacement du quai permet soit de libérer de l'espace pour la traversée de chaussée de la voie de remisage (variante 1) ; soit de permettre le dévoiement de chaussée suite à l'insertion de la voie de remisage entre la chaussée et les voies courantes du tramway (variante 2 et 3)

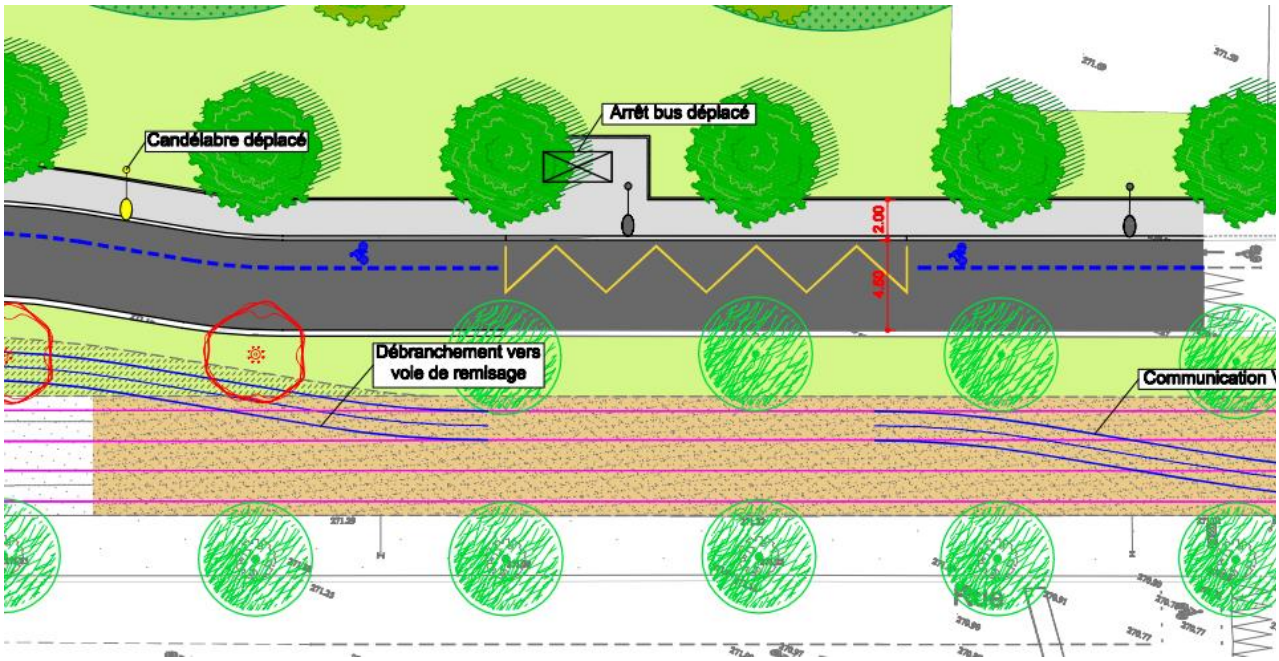
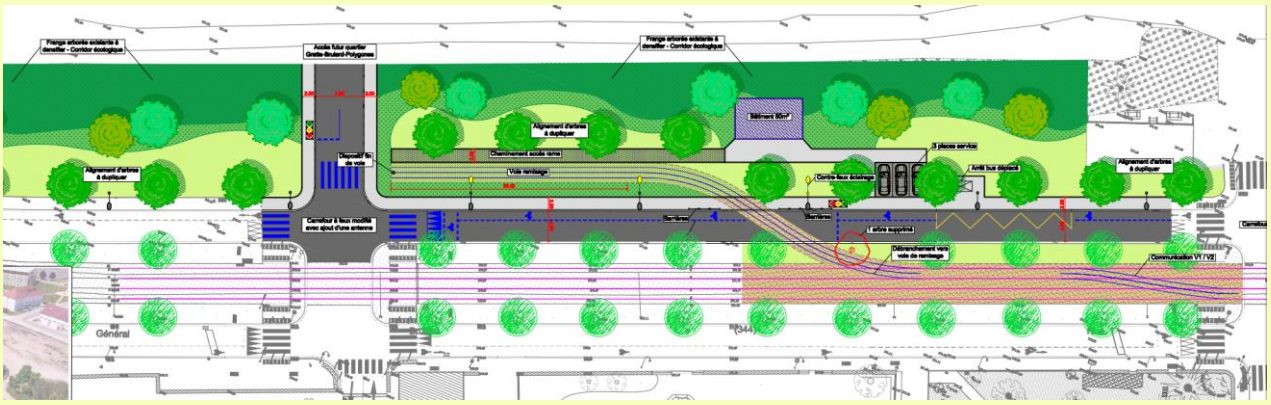


FIGURE 45 : DEPLACEMENT ARRET BUS

5.3.1.2 Hypothèses différenciantes

Variante 1

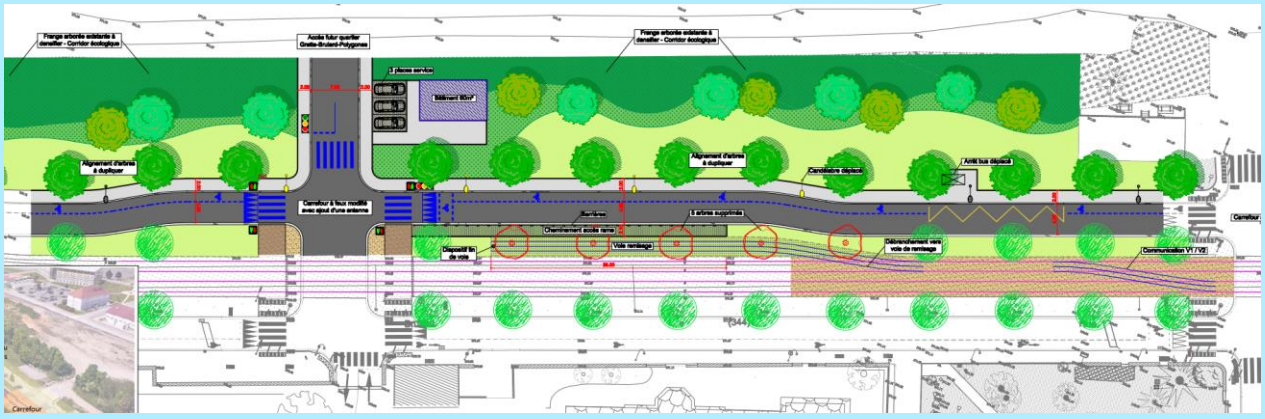


Sur la variante 1, la voirie est conservée dans son profil actuel sans déviation de l'axe de chaussée. Le trottoir et la bande cyclable nord sont conservés dans leur position existante. Les principales interventions sur les éléments de voirie sont :

- La gestion de la traversée de chaussée du débranchement du tramway vers la voie de remisage par la SLT et la signalisation urbaine
- La création d'un cheminement d'accès à la rame de la voie de remisage et au bâtiment d'exploitation depuis le trottoir nord
- La création de places de stationnement de service à proximité du bâtiment d'exploitation (3u)
- La création d'une antenne d'accès au futur quartier Brulard Ouest au niveau du carrefour Sainte-Famille et le déplacement de l'arrêt bus (cf hypothèses communes)

L'impact global sur les voiries peut donc être considéré comme faible sur cette variante.

Variante 2



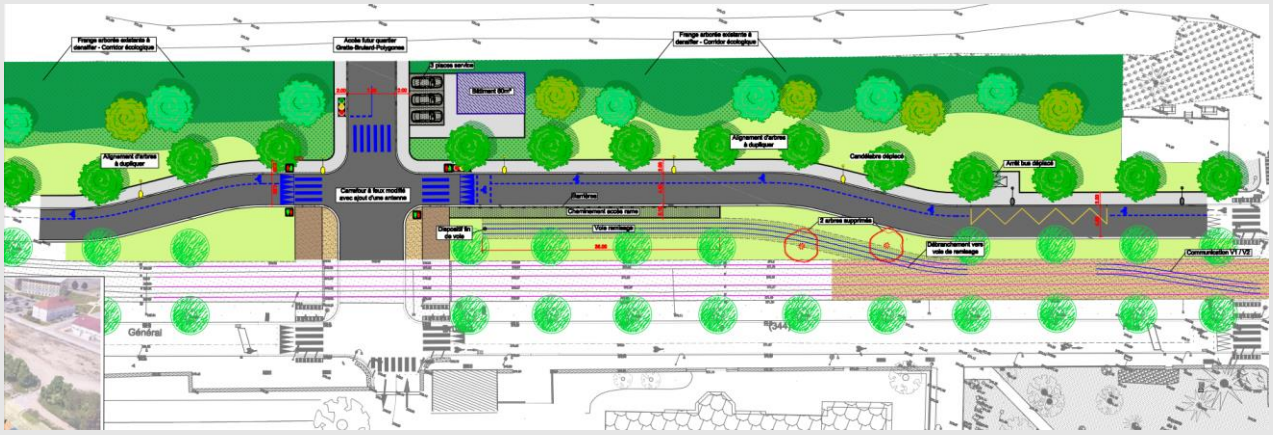
Sur la variante 2, la voirie est déviée pour permettre l'insertion de la voie de remisage dans le terre-plein arboré existant. Les principales interventions sur les éléments de voirie sont :

- Le dévoiement global de la chaussée nord d'environ 2m au nord de son axe sur une longueur d'environ 120m incluant le carrefour Sainte-Famille, y compris bande cyclable et trottoir dont les gabarits sont conservés. Le dévoiement restant mesuré, les travaux de terrassements et de structures de voirie resteront d'un volume modéré.
- La création d'un cheminement d'accès à la rame de la voie de remisage depuis la traversée piétonne du carrefour Sainte-Famille

- La création de places de stationnement de service (3u) et d'un cheminement d'accès au bâtiment d'exploitation depuis la nouvelle antenne d'accès au futur quartier Brulard Ouest
- La création d'une antenne d'accès au futur quartier Brulard Ouest au niveau du carrefour Sainte-Famille et le déplacement de l'arrêt bus (cf hypothèses communes)

L'impact global sur les voiries peut donc être considéré comme modéré sur cette variante.

Variante 3



Sur la variante 3, la voirie est déviée pour permettre l'insertion de la voie de remisage en lieu et place de la chaussée actuelle. Les principales interventions sur les éléments de voirie sont :

- Le dévoiement global de la chaussée nord d'environ 5m au nord de son axe sur une longueur d'environ 140m incluant le carrefour Sainte-Famille, y compris bande cyclable et trottoir dont les gabarits sont conservés. Le dévoiement étant important, les travaux de terrassements et de structures de voirie seront importants sur cette version, la topographie au nord de la zone étant peu favorable à un dévoiement de chaussée.
- La création d'un cheminement d'accès à la rame de la voie de remisage depuis la traversée piétonne du carrefour Sainte-Famille
- La création de places de stationnement de service (3u) et d'un cheminement d'accès au bâtiment d'exploitation depuis la nouvelle antenne d'accès au futur quartier Brulard Ouest
- La création d'une antenne d'accès au futur quartier Brulard Ouest au niveau du carrefour Sainte-Famille et le déplacement de l'arrêt bus (cf hypothèses communes)

L'impact global sur les voiries peut donc être considéré comme fort sur cette variante.

Poste	Variante 1	Variante 2	Variante 3
Appréciation globale sur le critère voiries			
Quantitatifs			
Reprise de chaussée	25 ml	120 ml x 2m	140 ml x 5m

Pour ce poste la hiérarchie est claire : le scénario 1 permet de limiter les reprises du site tandis que le scénario 3 les maximise.

5.3.2 Intégration paysagère

5.3.2.1 Hypothèses communes

Bien que comportant des spécificités, les trois variantes proposent une intégration paysagère soignée dont les principes sont globalement similaires. On notera par ailleurs :

- Une consommation d'espace relativement réduite et une faible emprise des ouvrages du terminus (voie de remisage, bâtiment, chemin d'accès, stationnement), apportant un faible impact sur l'environnement du projet et sur les aménagements urbains actuels.
- Une implantation des ouvrages respectant globalement la topographie existante. Selon les variantes, l'intégration à la topographie se fera plutôt en déblais qu'en remblais, participant à l'ancrage visuel des ouvrages dans le terrain naturel.
- Une bonne intégration dans le projet du futur quartier Brulard Ouest, respectant ses contraintes d'accès et l'espace étant réservé au 4ème terminus.
- Une intégration par le végétal avec une prise d'appui sur l'armature paysagère existante, sans en modifier son aspect, sa continuité et sa valeur écologique :
  - Conservation et renforcement des alignements d'arbres (à des degrés différents selon variantes) ;
  - Conservation et renforcement du corridor vert au nord du site entre le futur quartier GBP et la rue Brulard notamment ;
  - Création d'une voie de remisage et d'un cheminement d'accès végétalisée ;
- Une imperméabilisation faible des surfaces aménagées par rapport à l'état existant notamment par l'utilisation de revêtements perméables sur la voie de remisage, son cheminement d'accès et les parkings de service et par la conservation des gabarits existants des voiries et trottoirs.
- Une gestion des eaux pluviales peu impactée par des surfaces perméables et végétalisées (voie de remisage, cheminement d'accès à la voie) et sans changement pour la voirie et les trottoirs.

5.3.2.2 Hypothèses différenciantes

Variante 1

Sur la variante 1, la voie de remisage et ses équipements viennent s'insérer dans l'espace végétalisé au nord de la rue. La configuration de la voirie et l'armature générale du site ne sont pas modifiés et reste en cohérence avec les aménagements amont et aval. L'insertion paysagère des ouvrages du 4ème terminus passe par :

- La conservation de la frange arborée et du corridor vert existant entre le futur quartier Brulard Ouest et la rue Brulard avec une proposition de densification et de renforcement de ce corridor avec des plantations d'arbres et arbustes sur l'emprise du projet ;
- La conservation des alignements d'arbres existants de part et d'autre de la plate-forme des voies de tramway existantes, hormis l'abattage d'un sujet pour le débranchement en direction de la voie de remisage ;
- La plantation d'un alignement d'arbres de haute tige côté terminus en symétrie des alignements existants bordant la plateforme des voies de tramway actuelles de façon à renforcer l'armature végétale du site ;
- L'intégration de la plate-forme de la voie de remisage en léger déblais dans le versant végétalisé réduisant ainsi son impact visuel, notamment de loin (pas d'effet « point de vue » sur les ouvrages par une surélévation) et facilitant son assimilation dans la végétation ;
- La végétalisation de la plateforme de la voie de remisage pour fondre le rail dans l'environnement enherbé existant ;

- La végétalisation du cheminement d'accès à la rame à l'aide d'une dalle ou d'un pavé à joints fertiles de façon à diminuer l'impact de la minéralisation au droit de l'ouvrage ;
- L'intégration du bâtiment d'exploitation dans la frange arborée existante pour le fondre dans l'environnement vert en place ;
- L'infiltration des eaux pluviales des nouveaux ouvrages directement sur place dans les espaces verts attenants.

L'intégration paysagère de cette variante est plutôt bonne. L'ambiance très verte du site est respectée mais l'aspect ferroviaire perçu est accentué par la présence de la traversée de voirie qui rend bien visible le terminus malgré la faible intervention sur les voiries.

Variante 2

Sur la variante 2, la voie de remisage et ses équipements viennent s'insérer en lieu et place du terre-plein arboré le long des voies de tramway existantes. La configuration de la voirie et l'armature générale du site sont modifiés par un léger dévoiement de la voirie et du trottoir Nord, créant une rupture avec le dessin et les alignements des aménagements amont et aval. L'insertion paysagère des ouvrages du 4ème terminus passe par :

- La conservation de la frange arborée et du corridor vert existant entre le futur quartier Brulard Ouest et la rue Brulard avec une proposition de densification et de renforcement de ce corridor avec des plantations d'arbres et arbustes sur l'emprise du projet ;
- La suppression d'une partie de l'alignement d'arbres existant du côté nord de la plate-forme des voies de tramway existantes pour l'insertion de la voie de remisage, incluant l'abattage de 5 sujets de haute tige existants ;
- La plantation d'un alignement d'arbres de haute tige au nord de la voirie en symétrie des alignements existants bordant la plateforme des voies de tramway actuelles de façon à renforcer l'armature végétale du site ;
- L'intégration de la plate-forme de la voie de remisage directement en parallèle des voies existantes réduisant ainsi son impact visuel,
- La végétalisation de la plateforme de la voie de remisage pour fondre le rail dans l'environnement enherbé existant du terre-plein ;
- La végétalisation du cheminement d'accès à la rame à l'aide d'une dalle ou d'un pavé à joints fertiles de façon à diminuer l'impact de la minéralisation au droit de l'ouvrage ;
- L'intégration du bâtiment d'exploitation dans la frange arborée existante pour le fondre dans l'environnement vert en place ;
- L'infiltration des eaux pluviales des nouveaux ouvrages directement sur place dans les espaces verts.

L'intégration paysagère de cette variante est plutôt moyenne (suppression d'arbres d'alignement, rupture des alignements par la déviation de la voirie). L'ambiance très verte du site est toutefois respectée par le travail effectué au nord de la voirie dans un espace laissé vierge de l'impact ferroviaire.

Variante 3

Sur la variante 3, la voie de remisage et ses équipements viennent s'insérer en lieu et place de la voirie nord existante le long du terre-plein arboré. La configuration de la voirie et l'armature générale du site sont fortement modifiés par un dévoiement relativement conséquent de la voirie et du trottoir Nord, créant une rupture avec le dessin et les alignements des aménagements amont et aval. L'insertion paysagère des ouvrages du 4ème terminus passe par :

- La conservation de la frange arborée et du corridor vert existant entre le futur quartier Brulard Ouest et la rue Brulard avec une proposition de densification et de renforcement de ce corridor avec des plantations d'arbres et arbustes sur l'emprise du projet ;
- La conservation des alignements d'arbres existants de part et d'autre de la plate-forme des voies de tramway existantes, hormis l'abattage de deux sujets pour le débranchement en direction de la voie de remisage ;
- La plantation d'un alignement d'arbres de haute tige au nord de la voirie en symétrie des alignements existants bordant la plateforme des voies de tramway actuelles de façon à renforcer l'armature végétale du site ;
- L'intégration de la plate-forme de la voie de remisage par une excroissance du terre-plein végétalisé en bordure des arbres existants réduisant ainsi son impact visuel,
- La végétalisation de la plateforme de la voie de remisage pour fondre le rail dans l'environnement enherbé existant du terre-plein ;
- La végétalisation du cheminement d'accès à la rame à l'aide d'une dalle ou d'un pavé à joints fertiles de façon à diminuer l'impact de la minéralisation au droit de l'ouvrage ;
- L'intégration du bâtiment d'exploitation dans la frange arborée existante pour le fondre dans l'environnement vert en place ;
- L'infiltration des eaux pluviales des nouveaux ouvrages directement sur place dans les espaces verts.

L'intégration paysagère de cette variante est bonne. Malgré la suppression des alignements induits par les modifications de voirie l'ambiance générale du site reste très verte et est renforcée. La conservation de la bande plantée entre les voies actuelle et la voie de remise permet une respiration entre voies et atténue le caractère ferroviaire du site. Le terminus reste peu perçu car il ne traverse pas de voirie et est intégré dans le « faisceau ferroviaire ».

Poste	Variante 1	Variante 2	Variante 3
Appréciation globale sur le critère intégration paysagère			

L'intégration paysagère est le critère le plus subjectif de l'analyse multicritère et l'aspect ressenti peut varier fortement selon la personne qui regarde le scénario. La hiérarchie ci-dessus est basée principalement sur l'aspect de la végétalisation et de la perception du terminus. La variante 3 est jugée par le maitre d'œuvre comme la mieux intégrée en préservant la végétalisation existante et en limitant la perception du tramway qui apparait plus fortement sur le scénario 1 avec la traversée de voirie. Le scénario est jugé le moins bon car il fait apparaitre une bande nue de végétalisation de 18 m entre la limite de plateforme sud et le trottoir nord.

5.3.3 Intégration du bâtiment d'exploitation

A ce stade des études il n'est pas encore défini de design précis du local d'exploitation, sur le principe il s'agit d'un local de 50 m² environ, incluant les spécifications prévues au programme :

Type	Effectif	Surface
Espace polyvalent	12	20 m²
WC F	1	4 m²
WC H	1	4 m²
Vestaire F	2	10 m²
Vestaire H	2	10 m²
Local entretien	S/O	2 m²
Total		**50 m²**

A cette surface s'ajoute le besoin en surface lié à l'ajout de la signalisation ferroviaire du terminus et les besoins en armoires associées, de l'ordre de moins 5 m², restant à affiner.

L'architecture et la position de ce local n'entre pas dans les critères différenciants à ce stade et il est seulement représenté une emprise figurée sur les plans masses des différents scénarios étudiés. Le programme sera précisé en fonction des discussions avec les autorités compétentes en suite des études préliminaires puisqu'il est évoqué aujourd'hui une piste de travail de local en construction modulaire pour intégration à terme du local d'exploitation à un ensemble immobilier du projet Grette-Brulard-Polygone.

5.4 Aspects liés à l'exploitation

5.4.1 Sécurité

Pour anticiper au mieux les aspects sécuritaires qui pourraient être impactés par la création du quatrième terminus il est proposé de se pencher sur quelques aspects récurrents liés à la sécurité d'exploitation à partir des fiches techniques IUTCS du Cerema et STRMTG :

- Visibilité et masques (fiches n°1 et 4) ;
- Traversées piétonnes (fiche n°2) ;
- Tramway dans la circulation générale (fiche n°3) ;
- Modifications de voiries (fiche n°5) ;
- Tramways et aménagements cyclables (fiches n°7 et 8) ;
- Temps d'attente aux feux (fiche n°9) ;

Scénario 1

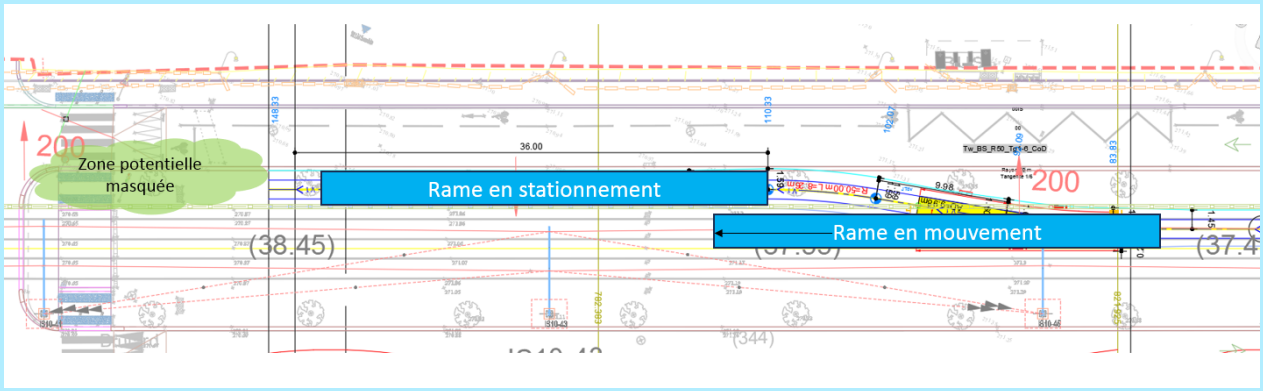
Le scénario 1 présente des enjeux sécuritaires spécifiques du fait de sa configuration en croisement avec une voirie et une piste cyclable :

- Le croisement de la piste cyclable avec les rails s'effectue avec un angle de 33°. Cette valeur n'est pas satisfaisante au regard du référentiel de conception (fiche IUTCS n°7, annexe 2) qui préconise un **croisement orthogonal et jusqu'à 60°.** L'angle de 33° s'approche également de la borne inférieure usuelle fixée à 30° ;

- Le croisement avec une voirie engendre des risques de collisions véhicules / matériel roulant et sujets associés (ZLOF) ainsi que des sujets liés à la SLT (voir § dédié) ;
- Les sujets de masques et modifications de voiries sont moins proéminents dans ce scénario ;

Scénario 2

Le scénario 2 permet de s'affranchir des sujets liés aux collisions de véhicules puisque la voie tiroir est maintenue dans le faisceau du tramway. En revanche il est identifié un sujet de visibilité illustré par la figure suivante où un masque pourrait être constitué par un tramway stationné en position de remisage. Dans ce cas la traversée piétonne serait masquée pour le conducteur sur V2 :



La traversée piétonne reste gérée par feux (feu rouge piéton lorsqu'un tramway circule sur V1 ou V2 à proximité du carrefour), le principe de détermination des masques est donc le suivant (Fiche n°4 : Tramway et visibilité, p13) :

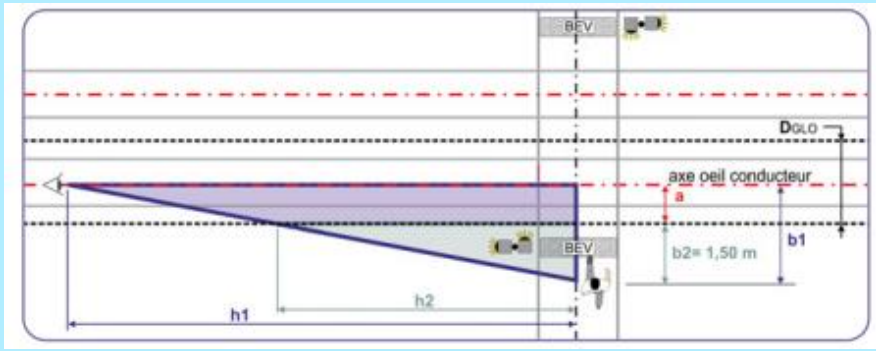
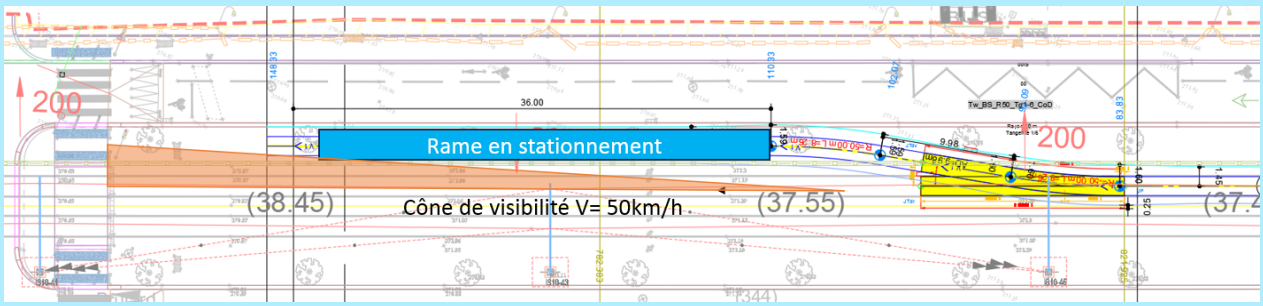


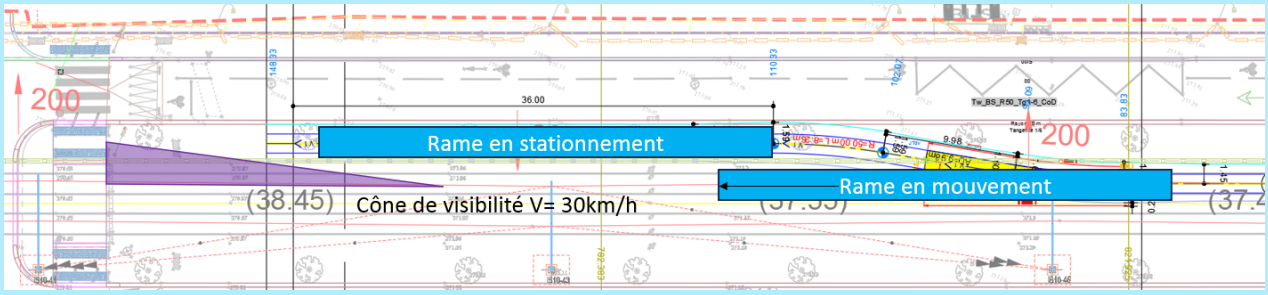
Schéma 11 : cône de visibilité pour une traversée de voies tramways aménagée pour les piétons gérée par signalisation lumineuse.

Dans notre cas on peut donc tracer les cônes de visibilité suivant :

- Pour une vitesse de circulation du tramway de 50 km/h



- Pour une vitesse de circulation du tramway de 30 km/h



On observe que le sujet du masque de visibilité est un sujet à vigiler mais non déterminant à ce stade :

- Pour une vitesse de circulation de 50 km/h dans la zone la rame en position de remisage pourrait constituer un masque. Avant d'impacter la vitesse d'exploitation des précisions sur la représentation du masque et la position fine du matériel roulant sur la voie sont à envisager ;
- En considérant une vitesse d'exploitation plus faible à 30 km/h il n'y a pas de sujet ;

Un autre sujet de sécurité identifié concerne le cheminement qui est intercalé entre la voirie et la position de remisage et donc soumis à de la circulation de part et d'autre. La situation pouvant être inconfortable pour le personnel de conduite qui doit accéder au matériel roulant est limitée par l'ajout de barrières côté voirie.

Scénario 3

Le scénario 3 présente la configuration la plus favorable car la position de remisage reste dans le faisceau du tramway (pas de risque de collision) et ne modifie pas la situation actuelle pour ce qui concerne les masques.

Poste	Scénario 1 - Nord	Scénario 2 - longitudinal	Scénario 3 - Central
Appréciation globale sur le critère sécurité d'exploitation			

Concernant la sécurité d'exploitation on observe ainsi que le scénario 3 est le meilleur puisqu'il ne dégrade pas le fonctionnement sécuritaire existant tout en ajoutant une nouvelle fonctionnalité à la zone. Le scénario 2 modifie également peu le fonctionnement existant en restant dans le faisceau actuel du tramway mais il pose plus de point d'attention concernant la sécurité que le scénario 3. Enfin le scénario 1 amène un fonctionnement modifié avec une traversée de voirie par un tramway et génère donc de nouvelles situations à risques à traiter, c'est la solution la moins intéressante de ce point de vue.

5.4.2 Exploitation de la ligne

On distingue deux niveaux de granulométrie concernant l'impact de la création du terminus sur l'exploitation du réseau :

- Sur le fonctionnement général de la ligne : la création d'un nouveau terminus modifie en profondeur le fonctionnement actuel de la ligne. L'étude d'exploitation générale de la ligne en configuration avec terminus sera menée lors de la phase AVP à partir des données de temps de parcours sur les deux lignes et des hypothèses de temps minimum et maximum visés par l'exploitant en terminus. Ce fonctionnement ligne est impacté par la configuration qui sera retenue pour la zone du terminus ;
- Localement au niveau du terminus on peut isoler deux aspects différenciants selon les scénarios :
  - La distance à parcourir et les conditions d'accès à la position de remisage ;
  - Le temps de retournement de la rame.

Les deux critères précédents sont évidemment liés mais permettent de mettre en évidence les données importantes liées à l'exploitation. On identifie également les points non discriminants entre scénarios suivants :

- La position du local d'exploitation et le temps de parcours entre celui-ci et la rame en position de remisage est considéré constant à ce stade du fait de la localisation encore imprécise du local ;
- Les données d'exploitation suivantes qui servent de référence de comparaison entre les scénarios et qui seront à affiner avec l'étude d'exploitation générale :
  - vitesse de franchissement d'appareil en voie déviée et cheminement sur voie déviée : 15 km/h. Pour l'analyse et simplification on considère également cette vitesse sur la portion entre les quais Brulard et l'appareil de débranchement sur V2 (83.5 m à parcourir soit 20 secondes) ;
  - A ce stade il est également considéré un temps identique pour les sens de remise et injection sur la voie en exploitation ;
  - temps de changement de cabine : 90 secondes ;

Scénario 1

Le scénario 1 est le moins intéressant en termes d'exploitation de la ligne :

- Distance axe quai Brulard / axe position remise : **145 m** soit environ **35 secondes** de temps de parcours ;
- Temps de franchissement de la voirie : bien que la traversée de la voirie soit régulée il est pertinent de considérer un forfait de perte de temps en moyenne par franchissement du carrefour. Ce forfait permet de considérer le temps perdu qui serait lié à un blocage du carrefour ou sujet de priorité. Il est proposé de retenir la valeur forfaitaire de **5 secondes**, sur la base d'un taux de priorité du tramway de 80% et d'un temps perdu en cas de non-priorité de 25 s.
- La traversée de la voirie engendre les risques de collisions évoqués plus haut susceptibles de désorganiser l'exploitation de la ligne à plus grande échelle ;

Scénario 2

Le scénario 2 avec une voie tiroir directement parallèle aux voies en exploitation permet de réduire fortement la distance à parcourir par le matériel et donc le temps d'atteinte du terminus :

- Distance axe quai Brulard / axe position remise : **127 m** soit environ **30.5 secondes** de temps de parcours ;

Scénario 3

Le scénario 3 est assez similaire au scénario 2 avec une voie de remisage légèrement plus longue :

- Distance axe quai Brulard / axe position remise : **137 m** soit environ **33 secondes** de temps de parcours ;

En conclusion, pour l'exploitation on privilégierait le scénario 2 qui permet le chemin le plus court ou le scénario 3 globalement équivalent. Le scénario 1 se distingue par la traversée de voie qui pénalise l'exploitation et peut engendrer des perturbations plus générales.

Poste	Scénario 1 - Nord	Scénario 2 - longitudinal	Scénario 3 - Central
Appréciation globale sur le critère exploitation			

5.5 Aspects planning et organisation de la phase travaux

5.5.1 Hypothèses principales planning

On réalise une comparaison des impacts sur le planning général de l'opération à partir d'un T0 de la manière suivante, en comparant les scénarios entre eux. A ce stade les sujets liés à l'allotissement n'entrent pas en compte.

Phase	Description générale	Variations selon scénarios			Coupure	Commentaire
		Scénario 1	Scénario 2	Scénario 3		
Passation de marché	Lancement des travaux terminus, hypothèse lot unique					
Préparation	Période de préparation des travaux					
Travaux préparatoires	-Mise en place de la signalisation provisoire -Mise en place de déviation de la voirie -Piquetage des réseaux -Déviations de la voirie nord de la zone du terminus pour permettre une voie d'accès chantier	-Pas de travaux de déviations de réseaux -Possibilité de limiter fortement les travaux sur la voirie en intervenant sur la parcelle nord sans impact sur la voirie	-Travaux de déviations de réseaux importants dans l'hypothèse de profil de voirie prévu -Besoin de la voirie existante comme piste de chantier	-Travaux de déviations de réseaux importants dans l'hypothèse de profil de voirie prévu -Besoin de la voirie existante comme piste de chantier		Pas d'impacct planning sur le SC mais impact sur la durée de fermeture. Il peut être envisagé de fonctionner selon deux grands modes : -scénario 1 : coupure de la voirie existante assez limitée car on pourrait travailler en autonomie dans la parcelle nord -scénarios 2 et 3 : possibilité de réaliser la voirie définitive assez tôt comme piste de chantier et basculer en une fois -Point d'attention sur la période d'abattage des arbres à bien anticiper, plus important pour le scénario 2
Déviations de réseaux	-Déviations de réseaux par les concessionnaires -Viabilisation pour mise en place du local d'exploitation (attentes réseaux en pied de bâtiment) provisoire et tirage des infrastructures pour bâtiment définitif	-Pas de travaux de déviations importants -Viabilisation pour LEX	-Importants travaux de déviations -Viabilisation pour LEX	-Importants travaux de déviations -Viabilisation pour LEX		Toujours un risque à mesurer sur cette phase car dépendante d'intervention tiers. Le scénario 1 se distingue des deux autres par l'absence de cette phase. Une option reste sur le scénario 2 sans déviation de réseaux mais peu viable. Selon les profondeurs reconnues : possibilité de renforcer la couverture des réseaux selon retour concessionnaires (besoins couverture minimum > 60 cm)
Travaux d'infrastructures et terrassements	-Réalisation de l'infrastructure hors zone des voies existantes (fourreaux réseaux TW) -Nivellement des zones de remisages -Préparation assise et terrassements généraux -Reprofilage de la parabole voies existantes	-Travaux de terrassements importants en volume mais dans une zone isolée pour la voie de remisage -Travaux du mur de soutènements en pied de talus existant	-Ampleur des Travaux limitée -Zone de travaux à proximité des voies existantes: nécessité de travaux de nuit pour mise en place de protection physique pour risque caténaire ?	-Ampleur des Travaux limitée -Zone de travaux à proximité des voies existantes mais plus éloignée que dans le scénario 2, à priori sans besoin de mise en place de protection caténaire		Travaux qui peuvent être concomitants avec les déviations de réseaux car principalement terrassements. Besoin de coupure tram en exploitation à préciser localement pour le risque de terrassements à proximité de la caténaire : à gérer en ponctuel ou en protection physique
Travaux VF/ PFT						
Zone de la communication simple V1/V2 et débranchement	-Démolition revêtement voie existante -Découpe rails -Démolition infrastucture VF -Pose et réglage de la communication simple -Béton de blocage simple, reprise des revêtements en une fois à la fin	-Travaux à réaliser en coupure d'exploitation pour toute la zone allant du carrefour Brulard à l'appareil de débranchement. Type et périmètre de travaux identique quel que soit le scénario sur la partie exploitée				Besoin de coupure sur le réseau existant estimé de l'ordre de 6 à 8 semaines
Zone voie tiroir	-Réalisation de la voie tiroir : structure de voie, pose des traverses, béton de blocage, dispositif de fin de voie...	A décomposer en deux phases : -traversée de la voirie à gérer -zone de remise déportée	Travax réalisés à proximité de la voie en exploitation: besoin en coupure à affiner pour la phase de création de la voie de remise : risque électrique lié à la coactivité engins de levage / LAC et circulations à proximité de la voie exploitée	Travax réalisés à proximité de la voie en exploitation: besoin en coupure à affiner pour la phase de création de la voie de remise : risque électrique lié à la coactivité engins de levage / LAC et circulations à proximité de la voie exploitée		Le scénario 1 se distingue par son impact moindre sur la voirie existante. Le scénario 3 est également plutôt favorable. Le scénario 2 devrait avoir un impact sur la voie exploitée limité quel q sous réserve de bonne gestion des risques électriques et gabarits.

Phase	Description générale	Variations selon scénarios			Coupure	Commentaire
		Scénario 1	Scénario 2	Scénario 3		
Travaux LAC						
Réalisation des massifs pour poteaux complémentaires	-Réalisation des fondations de poteaux jusqu'à la platine de pose -Réalisation pendant les phases de terrassements pour 28j de prise avant pose des poteaux	- Besoins en poteaux plus important dans ce scénario mais réalisation en temps masqué - Réalisation des massifs sans coupure d'exploitation favorable ici car poteaux éloignés de la ligne	- Réalisation des massifs sans coupure d'exploitation - les massifs sont proches de la voie exploitée	- Réalisation des massifs sans coupure d'exploitation - les massifs relativement éloignés de la voie exploitée		Peut se faire hors coupure d'exploitation à priori A réaliser en temps masqué, avant la VF 1 poteau lié à la communication à gérer au sud de la plateforme
Zone de la communication simple V1/V2	-Mise en place de poteaux complémentaires (mâtage) -Pose du matériel LAC (consoles) et réglages	2 poteaux à traiter pour gérer la communication, à envisager en travaux de nuit en coupure d'exploitation				Poteau côté Brulard à discuter mais non discriminant entre solutions. Mise en place de la LAC déviée possible de nuit hors exploitation, sur le principe pour chaque poteau : -nuit 1 : matage -nuit 2 : équipement et déviation LAC
Zone voie tiroir	-Mise en place de poteaux complémentaires (mâtage) -Pose du matériel LAC (consoles) et réglages	-Poteaux éloignés de la zone exploitée donc le matage peut se faire en journée -Besoin en coupure restreint car limité à la phase d'équipement et mise en service	poteaux proches de la ligne exploité : nécessité de réalisation de travaux de nuit à préciser vis-à-vis de la distance de levage	poteaux proches de la ligne exploité : nécessité de réalisation de travaux de nuit à préciser vis-à-vis de la distance de levage		En terme de simplcitié d'execution scénario 1 > scénario 3 >scénario 2
Travaux Batiment	-Réalisation des fondations et dalle -Montage du bâtiment (hypothèse bâtiment modulaire)	Réalisation en temps masqué des travaux de voies ferrées, planning à préciser en fonction du bâtiment mis en œuvre (temps réduit pour un bâtiment de type modulaire).				
Travaux de voiries définitives et végétalisation	-Réalisation des revêtements de voies végétalisés -Réalisation des voiries et revêtements en configuration définitive -Plantation des arbres -Aménagements paysagers	Temps de réalisation sur le chemin critique restreints car liés à la traversée de la voirie et reprises liés à l'ajout de la SLT	-Travaux d'ampleur importante mais hors chemin critique sur l'exploitation du terminus	-Travaux d'ampleur importante mais hors chemin critique sur l'exploitation du terminus		Les travaux de voirie peuvent être dissociés de la mise en exploitation du terminus pour les scénarios 2 et 3 mais pas sur le 1. En revanche leur durée est beaucoup plus importante et ils arrivent plus tard par rapport au T0 du fait des déviations initiales
Travaux equipements sous-systèmes	-Tirage des câbles et raccordements	Pas de variation selon le scénario retenu				
AOR		Pas de variation selon le scénario retenu				
Essais	Mise en fonctionnement, réception de la zone	Pas de variation selon le scénario retenu				
Synthèse planning		**L'absence de déviations de réseaux permet au scénario 1 d'être le scénario le plus rapide à mettre en œuvre au global. Cet avantage est accentué par l'éloiignement de la zone principale de travaux par rapport aux voies exploitées qui permet de réaliser les travaux de manière relativement isolée en envisageant même de la circulation sur la rue Brulard pendant la durée des travaux**	**Le scénario 2 est dans sa configuration actuelle le pire en terme de planning. La localisation des travaux impose une coupure des voiries ainsi qu'un volume de travaux important à proximité de la voie en exploitation. Le planning global est allongé par rapport au scénario 1 principalement du fait de la déviation des réseaux concessionnaires. L'hypothèse du scénario 2 sans déviation serait intéressante en terme de planning mais ne semble pas viable en terme d'acceptabilité**	**Le scénario 3 est d'une durée globale proche du scénario 2. L'éloignement un peu plus accentuée de la voie de remisage permet néanmoins de limiter les risques liés à la ligne exploitée et permet de limiter les interventions de nuit.**		**En terme de planning général le scénario 1 est le plus avantageux du fait de la non nécessité de dévoyer les réseaux existants. Les scénarios 2 et 3 sont globalement équivalents pour le chemin critique avec néanmoins des points d'attention plus important pour le scénario 2. Une coupure d'exploitation de la ligne existante est nécessaire dans tous les cas pour la mise en place des deux appareils de voies et reprise du profil dans la zone. La durée est estimée de coupure est de 6 à 8 semaines.**

5.5.2 Hypothèses principales planning

A partir des éléments précédents on peut illustrer les différences entre scénario par les plannings de principe suivants :

Scénario 1		T0	T0+0,5	T0+1,0	T0+1,5	T0+2,0	T0+2,5	T0+3,0	T0+3,5	T0+4,0	T0+4,5	T0+5,0	T0+5,5	T0+6,0	T0+6,5	T0+7,0	T0+7,5	T0+8,0	T0+8,5	T0+9,0
Phase	Durée																			
Passation de marché	T0																			
Préparation	2 mois																			
Travaux préparatoires	2 sem																			
Déviations de réseaux	2 sem																			
Travaux d'infrastructures et terrassements	1 mois																			
Travaux voie ferrée / Plate-forme																				
Zone de la communication simple V1/V2 et débranchemen	2 mois																			
Zone voie tiroir y/c traversée voirie	1 mois																			
Travaux LAC																				
Réalisation des massifs pour poteaux complémentaires	1,5 mois																			
Zone de la communication simple V1/V2 et débranchemen	1 mois																			
Zone voie tiroir	1 mois																			
Travaux Batiment	5,5 mois																			
Travaux de voiries définitives et végétalisation	1,5 mois																			
Travaux equipements sous-systèmes	1,5 mois																			
AOR	1 mois																			
Essais	2 semaines																			
Réception	T0+9 mois																			

fermeture voirie

Coupure exploitation

coupures de nuit

Végétalisation

Scénarios 2 et 3		T0	T0+0,5	T0+1,0	T0+1,5	T0+2,0	T0+2,5	T0+3,0	T0+3,5	T0+4,0	T0+4,5	T0+5,0	T0+5,5	T0+6,0	T0+6,5	T0+7,0	T0+7,5	T0+8,0	T0+8,5	T0+9,0	T0+9,5	T0+10,0	T0+10,5	T0+11,0
Phase	Durée																							
Passation de marché	T0																							
Préparation	2 mois																							
Travaux préparatoires	1 mois																							
Déviations de réseaux	2 mois																							
Travaux d'infrastructures et terrassements	1 mois																							
Travaux voie ferrée / Plate-forme																								
Zone de la communication simple V1/V2 et débranchemen	2 mois																							
Zone voie tiroir	2 sem																							
Travaux LAC																								
Réalisation des massifs pour poteaux complémentaires	1 mois																							
Zone de la communication simple V1/V2 et débranchemen	1 mois																							
Zone voie tiroir	1 mois																							
Travaux Batiment	5 mois																							
Travaux de voiries définitives et végétalisation	3 mois																							
Travaux equipements sous-systèmes	1,5 mois																							
AOR	1 mois																							
Essais	2 semaines																							
Réception	T0+11 mois																							

fermeture voirie

Coupure exploitation

coupures de nuit

5.5.3 Synthèse

En synthèse on retire donc les éléments suivants :

- Quel que soit le scénario retenu : une période de coupure d'exploitation de l'ordre de 6 à 8 semaines consécutives est nécessaire pour la réalisation des travaux sur l'infrastructure existante (mise en place de la communication simple, du débranchement et reprise de la parabole). D'autres interventions, principalement liées à la LAC pourront être réalisées de nuit ;
- Le phasage qui pourrait être envisagé pour les scénarios 2 et 3 est sensiblement identique et est impacté par les déviations de réseaux qui sont des prérequis obligatoires sur ces scénarios. Le scénario 1 présente l'avantage de limiter les reprises de voiries à réaliser et de pouvoir réaliser les travaux de la voie de remise en étant éloignée de la ligne en exploitation. C'est le scénario le plus court au global

5.6 Synthèse des aspects coûts

L'enveloppe financière du projet a été présentée lors de l'offre de la maitrise d'œuvre avec un coût global de l'opération évalué à 3 480 000 euros HT. Cette estimation était basée sur le scénario 1, à valeur octobre 2023 et comprenant 15% d'aléas.

Dans le cadre des études préliminaires il est proposé de compléter cette estimation en la précisant et en comparant les trois scénarios envisagés dans l'étude. L'estimation est détaillée poste par poste et synthétisée dans le tableau de coût de la page suivante.

En synthèse on peut identifier les éléments principaux suivants :

- L'enveloppe objectif du programme de 3,5 M€HT à valeur octobre 2023 est respectée et son atteinte fiabilisée quel que soit les scénarios ;
- Le passage à une position de remisage au lieu de de deux fait mécaniquement baisser l'enveloppe globale ;
- Même en considérant des déviations de réseaux intégralement prises en charge par le maitre d'ouvrage, l'enveloppe de l'opération devrait rester sous le coût objectif, les coûts d'aménagements présentés ci-dessous intégrant des provisions pour reprises de voiries.
- Le critère coût n'est pas prépondérant dans le choix d'un scénario par rapport à un autre avec des écarts resserrés pour ce niveau d'études. Hors déviations de réseaux, le coût total de l'opération est globalement équivalent avec des ventilations différentes. Le scénario 1 augmente les coûts liés aux infrastructures tandis que les scénarios 2 et 3 augmentent la part des reprises des aménagements urbains ;
- Les postes liés aux métiers spécifiques tramway à savoir la voie ferrée et la signalisation ferroviaire restent à des niveaux de prix élevés au regard des derniers retours d'expérience. La nécessité de compatibilité avec la technologie déjà déployée sur le réseau restreint la concurrence pour la signalisation ferroviaire et la demande en appareils de voies étant élevée actuellement, les prix restent élevés. Par ailleurs sur les opérations de faible volume travaux, la part du coût fixe est importante par rapport au linéaire d'infrastructures et rend les ratios usuels moins pertinents. Pour les métiers plus courants (voiries, SLT notamment) la concurrence plus locale devrait permettre de mieux maitriser les coûts.

Poste	Référence Offre	Scénario 1	Scénario 2	Scénario 3
5. Déviations de réseaux	0 k€	0 k€	0 k€	0 k€
6. Travaux préparatoires	130 k€	150 k€	150 k€	150 k€
7. Ouvrages d'art	230 k€	0 k€	0 k€	0 k€
8. Plate-forme	220 k€	200 k€	180 k€	180 k€
9. Voie ferrée	1440 k€	1380 k€	1250 k€	1320 k€
10. Revêtement Site propre	60 k€	60 k€	60 k€	60 k€
11. Voirie et espaces publics	180 k€	300 k€	480 k€	510 k€
12. Équipements urbains	280 k€	200 k€	230 k€	230 k€
13. Signalisation routière	130 k€	130 k€	110 k€	110 k€
15. Énergie de traction	280 k€	310 k€	260 k€	260 k€
16. Courants faibles	360 k€	400 k€	400 k€	400 k€
17. Bâtiment exploitation	170 k€	170 k€	170 k€	170 k€
Total	**3480 k€**	**3300 k€**	**3290 k€**	**3390 k€**

Poste	Scénario 1 - Nord	Scénario 2 - longitudinal	Scénario 3 - Central
Appréciation globale sur le critère coût			

- Poste 5. Déviations de réseaux :

Les réseaux sont repérés sur les plans de l'état existant et déclinés pour chaque scénario.

- Le chiffrage basé sur le scénario 1 en offre de MOEG ne présentait pas ce poste car les réseaux concessionnaires n'étaient pas déviés dans cette proposition. C'est toujours le cas pour le scénario 1 en EP.
- Pour les scénarios 2 et 3 en revanche il est nécessaire de dévoyer les réseaux dans les deux scénarios présentés. Ce poste est fortement tributaire des échanges avec les concessionnaires locaux. Selon les cas et les opérations locales, notamment ici le projet GBP, le coût des déviations de réseaux peut être ventilé entre les projets.
- Le coût des déviations est ici affiché à 0€ pour les scénarios 2 et 3 du fait de ces incertitudes. Afin de fiabiliser le coût objectif, des provisions pour les terrassements et réfections ont néanmoins été compté dans le poste voirie. En tout état de cause et même en considérant la déviation complète, une enveloppe de 100- 150 k€ maximum sur ce poste serait réaliste.
- Selon la profondeur effective des réseaux et les échanges avec les concessionnaires il pourra être envisagé des renforcements sur réseaux plutôt que de les dévoyer (dalle béton, overpipe…). Dans ce cas le coût de ce poste sur ces scénarios aurait tendance à diminuer.

- Poste 6. Travaux préparatoires :

Le chiffrage comprend la libération des emprises de surface, la dépose du mobilier urbain et de poteaux d'éclairage, les déviations de circulation provisoires, les installations de chantier.
Sur ce poste les trois scénarios présentent un coût équivalent entre eux, légèrement augmenté par rapport à l'estimation initiale ;

- Poste 7. Ouvrages d'art :

Il était envisagé la création d'un petit mur de soutènement de 100m de long en contrebas de la rangée d'arbres existante dans l'estimation initiale pour un montant total de 230 k€.

- Pour le scénario 1 le tracé actuel de la voie est moins déporté au nord que dans la première estimation et permettrait de gérer la pente transversale du site avec des terrassements sur une zone plus importante. Par ailleurs la réduction de la longueur de la position de remise permettrait de limiter le linéaire à traiter.
- Pour le scénario 2 la voie tiroir et la voirie déviée empiètent peu dans la bande latérale actuelle ;
- Pour le scénario 3 l'extension de la zone voies / voiries vers le nord est assez proche du scénario 1. Comme pour celui-ci il serait plutôt envisagé une gestion des pentes par talutages ou reprofilage qu'avec un mur de soutènements.
- Selon la position définitive du bâtiment d'exploitation un petit soutènement pourrait être nécessaire mais devrait être intégré au coût du bâtiment et non comme un ouvrage d'art tiers ;

- Poste 8. Plateforme :

L'estimation de la plateforme comprend les travaux de terrassement, de fondation, de drainage, de raccordement, de multitubulaire et de chambre de raccordement.

- Pour le scénario 1 le coût envisagé initialement de 220 k€ est peu modifié. La réduction de la longueur de voie de remisage est contrebalancée par la reprise de la parabole sur la voie principale et par des terrassements qui devraient être légèrement plus important par la suppression du soutènement
- Pour les scénarios 2 et 3 le volume de travaux est légèrement diminué par rapport au scénario 1, avec une incidence sur ce coût ;

■ Poste 9. Voie et appareils de voie :

Cette estimation correspond à la voie et appareils de voie ferrée de la zone de manœuvre et du terminus avec une position de remisage de 34 m. Ces coûts ne comprennent pas ceux de la plateforme (chiffrés dans le poste 8), signalisation ferroviaire (chiffrés dans le poste 16), LAC et poteaux (chiffrés dans le poste 15).

- L'estimation initiale sur ce poste s'élevait à 1 440 000 euros HT, c'est le plus gros poste de dépense du projet ;
- Le passage à une seule position de remise a un impact positif sur le coût général de ce poste avec une baisse du coût total pour les trois scénarios. Prudemment, l'impact de la réduction du linéaire est néanmoins limité car les « coûts fixes » restent élevés pour les opérations de faible linéaire.
- Ce poste est fiabilisé par la stabilisation du nombre d'appareil de voies sur tous les scénarios puisque les alternatives présentaient un surcoût important pour les scénarios 2 et 3 de l'estimation initiale ;

■ Poste 10. Revêtement du site propre :

L'estimation a été réalisée sur la base d'un revêtement végétal de la plateforme sans système d'arrosage et de bordure de plateforme béton.

- Le montant global de ce poste est limité par le choix d'un revêtement végétalisé sur la voie de remisage dans l'optique d'une bonne intégration au site ;
- Le montant étant faible il n'y a que peu d'incidence aux modifications apportées sur les scénarios.

■ Poste 11. Voirie et espaces publics :

Le chiffrage comprend les coûts de terrassement, de drainage, de structure et de revêtement pour la chaussée et les trottoirs. Ce chiffrage exclut la reprise des bandes plantées qui est chiffrée dans le poste 12.

- L'estimation initiale sur ce poste s'élevait à 180 000 euros HT, la répartition avec les équipements urbains a néanmoins été reventilée ce qui rend l'échelle de comparaison moins évidente.
- Pour le scénario 1 il est proposé de conserver l'hypothèse du chiffrage initial reventilé. Cette estimation peut être jugée conservative puisqu'elle comprend une reprise des aménagements sur toute la longueur et pas uniquement limitée à la traversée du tramway ;
- Pour les autres scénarios l'étendue des reprises est largement augmentée par rapport au scénario 1. Des provisions liées aux déviations de réseaux sont intégrées dans ce poste ;

■ Poste 12. Equipements urbains :

L'estimation correspond à la plantation de nouveaux arbres et du traitement des bandes plantées ainsi que la reprise de l'éclairage public. Le périmètre de reprise de la végétalisation est considéré assez largement à ce stade des études et devra être précisé en interface avec le projet Grette Brulard Polygone.
L'estimation a été reventilée avec la voirie et donc à comparer sur l'enveloppe globale des postes 11 et 12.

■ Poste 13. Signalisation routière :

L'estimation comprend les travaux d'adaptation de la signalisation et de la SLT. Le poste de dépense est relativement faible car la plupart des infrastructures sont en place. Les provisions considèrent les adaptations de SLT liées à l'ajout du terminus dans la zone, notamment au niveau du carrefour Sainte-Famille et l'ajout d'un feu complémentaire pour le scénario 1.

■ Poste 15. Alimentation en énergie de traction :

Ce poste intègre les poteaux, les armements et les massifs pour le support et l'ancrage de la ligne aérienne, ainsi que la fourniture et pose de la ligne aérienne de contact.

- L'estimation initiale sur ce poste s'élevait à 280 000 euros HT, en référence pour le scénario 1 le poste est légèrement augmenté au vu des derniers retours d'expériences sur les projets avec des volumes

faibles où, comme pour la voie ferrée, le coût des travaux n'est pas directement proportionnel au linéaire et est augmenté pour les projets avec de faibles volumes de travaux ;

- Les scénario 2 et 3 sont plus économes en infrastructures LAC du fait de leur plus grande compacité, ces scénarios sont plus économiques que le scénario 1 puisqu'ils présentent deux poteaux de moins ;

- Poste 16. Courants faibles :

L'estimation comprend la signalisation ferroviaire, l'armoire de signalisation ferroviaire, les boucles de détection de carrefour et la vidéosurveillance du carrefour et de la zone de manœuvre.
L'estimation initiale est ajustée à la hausse en fonction de nos récents retours d'expérience où les opérations à faible volume de travaux pâtissent de coûts élevés et où les coûts de signalisation ferroviaire sont très élevés.

- Poste 17. Bâtiment d'exploitation :

L'estimation comprend la réalisation d'un bâtiment de 50m2 en terminus comprenant l'ensemble des postes travaux (structure et second œuvre) pour les fonctionnalités définies par le cahier des charges.

- L'estimation initiale de 170 000 euros HT est conservée sur ce poste à ce jour puisque l'attendu et la définition du bâtiment reste encore à préciser ;
- Il a été évoqué des solutions de type bâtiment modulaire qui serait utilisé en phase transitoire, le temps de l'intégration du local définitif du bâtiment à un ilot du projet d'aménagement connexe. Cette alternative pourrait être un moyen intéressant pour faire baisser le coût de ce poste ;

6 CONCLUSION

6.1 Synthèse de l'analyse multicritères

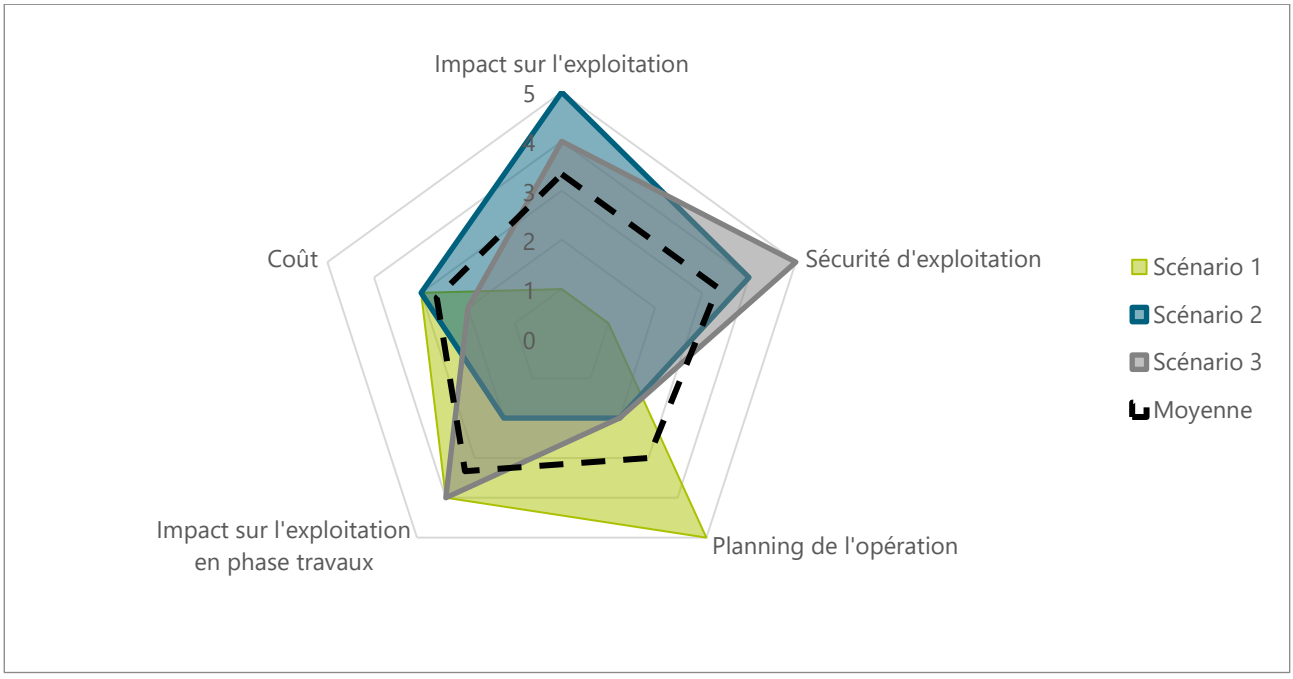
On synthétise l'analyse par critères précédente dans le tableau ci-dessous, plus la note est élevée, plus la solution est à juger favorablement :

Synthèse		Scénario 1	Scénario 2	Scénario 3
		2,92	3,08	3,17
Aspects opérationnels	Impact sur l'exploitation	1	5	4
	Sécurité d'exploitation	1	4	5
	Planning de l'opération	5	2	2
	Impact sur l'exploitation en phase travaux	4	2	4
	Coût	3	3	2
Aspects aménagements urbains	Caractère ferroviaire de l'aménagement définitif	3	2	4
	Impact sur les voiries et infrastructures existantes	4	2	1
	Insertion du bâtiment d'exploitation	3	3	3
Aspects techniques	Impact sur la voie ferrée	2	5	4
	Impact sur la LAC	2	4	4
	Impact sur la SLT et SIGFer	2	4	4
	Impact sur les réseaux concessionnaies existants	5	1	1

FIGURE 46 : SYNTHESE DE L'ANALYSE MULTICRITERE

Pour chaque famille on peut visualiser les « notes » à partir des graphiques suivants. Plus la surface de la forme est importante, meilleure elle est. L'absence d'une « branche » signifie un critère pour lequel un scénario est peu efficace.

- Aspects opérationnels



Concernant les aspects opérationnels il est important de remettre en évidence les deux principaux aspects que sont le coût et le planning :

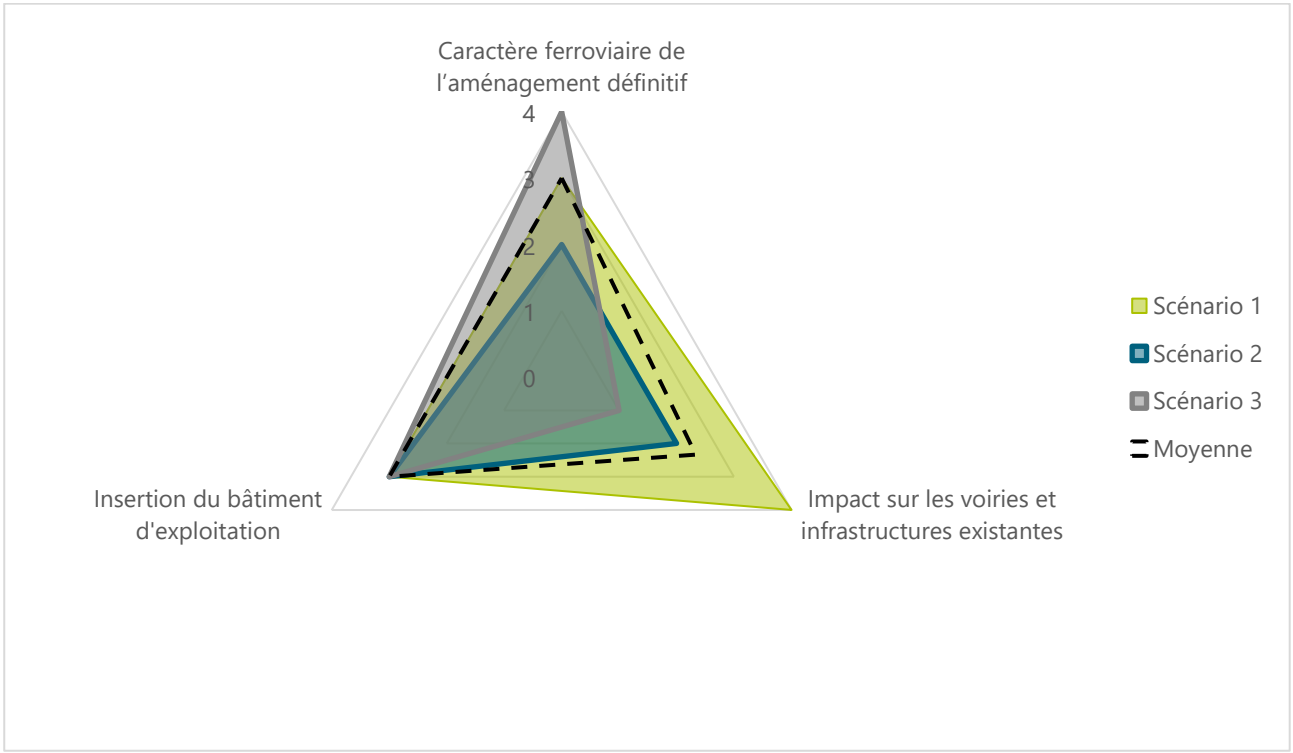
- Pour ce qui concerne le coût : **les études EP permettent de consolider un coût objectif d'opération à 3.5 M€HT**. Hors coûts de déviations de réseaux, le scénario 2 est le plus avantageux sur ce point puisqu'il présente une création d'infrastructures plus limitée que le scénario 1 et une reprise des voiries existantes

moins importante que le scénario 3. Le sujet des déviations de réseaux restera un sujet à discuter entre le MOA et les concessionnaires

- Pour le planning, il est retenu à ce stade une hypothèse de **coupure d'exploitation de 6 à 8 semaines** pour la réalisation du terminus. Le critère différenciant en planning à ce stade provient de la phase de réalisation des déviations de réseaux qui avantage le scénario 1. Ce critère n'est néanmoins pas forcément d'importance, tant que le rétroplanning des travaux reste compatible avec la date de mise en service du terminus. Sur ce sujet, le scénario 2 présente des travaux réalisés à proximité immédiate du réseau exploité. Il serait alors envisagé de réaliser ceux-ci sous exploitation avec une protection mécanique de la zone travaux, la pose de ces éléments serait envisagée de nuit, avec un besoin accentué par rapport aux autres scénarios.

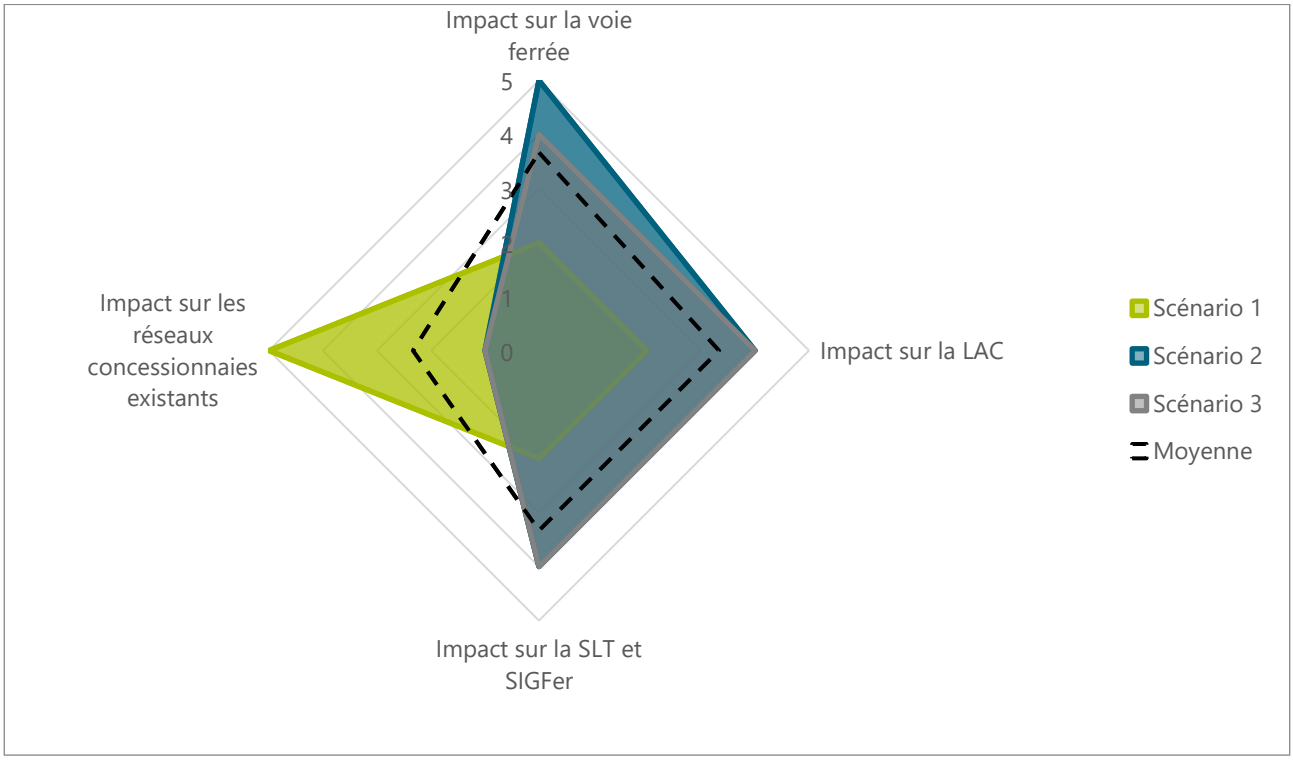
Pour les autres critères, liés plutôt à l'exploitation du réseau, **le scénario 1 est jugé moins intéressant que les deux autres**, globalement similaires. La longueur nécessaire à l'atteinte de la position de remise mais surtout le croisement de la voirie entraine des conditions d'exploitation et sécurité plus défavorables qu'en conservant la voie tiroir dans le faisceau ferroviaire. Le croisement des voies tram avec la piste cyclable avec un angle faible est également un point à risque sur lequel il y a peu de leviers pour le scénario 1.

- Aspects aménagements urbains



Les notations liées aux aménagements urbains sont les plus subjectives et très liées à la perception du site. En termes de volume, il est clair que le scénario 3 est le plus impactant sur la physionomie de la zone avec une déviation de la voirie accentuée par rapport à l'existant. Du point de vue du maitre d'œuvre cet aspect est néanmoins contrebalancé par la **faible perception du terminus** permis par la conservation d'une cadence végétale et la continuité de la voirie. Les scénarios 1 et 2 tendent à rendre le terminus plus perceptible soit en faisant apparaitre directement le tramway sur la voirie soit en rompant la trame végétale entre la plateforme et son environnement. Dans l'hypothèse où le scénario 2 aurait permis de ne pas dévoyer les réseaux il aurait cumulé les avantages des scénarios 1 et 3. La configuration associée semble néanmoins trop peu réaliste pour être conservée à ce stade. En l'état le scénario 2 retenu en EP est ainsi voisin du scénario 3, mais moins bien intégré dans son environnement.

Aspects techniques



Les études préliminaires ont permis de cadrer assez précisément le besoin du futur terminus et son intégration dans son environnement en proposant deux grands **scénarios réalistes techniquement**, les scénarios 2 et 3 étant proches. Il n'a pas été identifié de point dur technique majeur à ce stade et le travail lié aux sujets voies a déjà été mené (position de la communication et reprise de parabole, géométrie de l'appareil de débranchement).

Les deux grands scénarios sont facilement perceptibles sur la représentation ci-dessus :

- Le scénario 1 est très intéressant du point de vue de son impact quasi-nul sur les déviations de réseaux, en revanche sa configuration amène un volume plus important de travaux pour ce qui concerne tous les autres aspects liés à l'aménagement du terminus (voies et terrassements associés, LAC, SLT…).
- Par leur construction, les scénarios 2 et 3 sont ensuite très similaires et plus économes en infrastructures tramway que le scénario 1. Du point de vue purement technique le scénario 2 peut être jugé meilleur que le scénario 3 puisqu'il présente un appareil de voie déjà en place sur le réseau et un volume de reprise des aménagements plus faible.

6.2 Conclusion

Les études préliminaires menées sur le projet de 4ème terminus ont permis de préciser le cadre de réalisation du projet à travers l'étude de trois scénarios :

- La faisabilité technique de l'opération est confirmée ;
- L'enveloppe globale de l'opération est jugée cohérente avec le volume des travaux envisagés dans la zone pour tous les scénarios ;
- La physionomie générale du projet a pu être précisée en intégrant les aménagements futurs de la zone et des précisions quant aux fonctionnalités attendues sur le site.

Trois scénarios ont été proposés et étudiés par le maitre d'œuvre.

- Le scénario 1 présente une insertion du terminus déportée sur la zone nord de l'étude avec une traversée de voirie. Cette solution présente l'avantage de ne pas impliquer de dévoiement de réseaux et donc d'être plus intéressante en planning. En termes d'exploitation en revanche elle est pénalisante car elle implique une traversée de voirie et de bande cyclable. Ce scénario est plus consommateur en infrastructures de tramway mais moins en voiries. Le croisement de la voirie rend le terminus plus perceptible dans le site malgré sa bonne intégration paysagère.
- Les scénarios 2 et 3 sont proches dans leur physionomie et sont jugés globalement plus intéressants que le scénario 1 par leurs qualités du point de vue de l'exploitation et de la frugalité en besoins d'infrastructures tramway. Le scénario 2 aurait pu être un compromis idéal en termes de faibles déviations de réseaux et infrastructure efficiente mais l'étude détaillée de cette version « première approche » a mis en évidence des limites d'acceptabilité en modifications de voirie et fait revenir au scénario 2 présenté en référence dans les études préliminaires. Finalement les scénarios 2 et 3 présentent un même principe avec déviations de réseaux et une position plus ou moins éloignée de la voie de remisage.
- Les critères techniques et de planning ne font pas apparaitre de scénario largement supérieur à l'autre entre le 2 et le 3 et le critère différenciant est alors le critère le plus subjectif de l'intégration au site. Sur la base de ce critère, le **scénario 3 serait à privilégier** puisqu'il limite l'abatage d'arbres et permet de bien s'intégrer dans les séquences végétales du site en rendant le terminus peu perceptible. Le scénario 2 reste cependant moins cher que le 3 puisqu'il limite les reprises des aménagements.

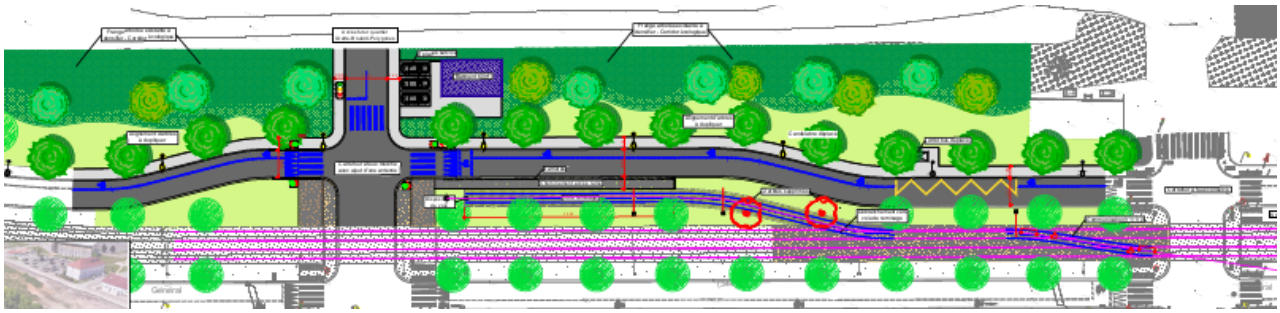


FIGURE 47 : VUE GENERALE SCENARIO 3