Nota :

Le projet retenu et qui fait l'objet de la demande d'examen au cas par cas est celui présenté en priorité 1 dans l'Avant-projet présenté en annexe 8 et comprenant l'ensemble des scénarii étudiés.

Les plans présentés en annexe 5 comprennent la zone de projet faisant l'objet de la demande d'examen au cas par cas.

Rapport

N° : 23F-121-RA-2

Révision n° : B

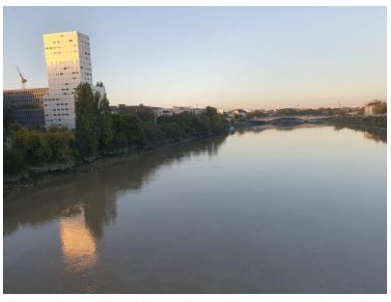
Date : 27/03/2025

Votre contact :
Thomas Noblet
noblet@isl.fr

NANTES METROPOLE

ACCORD CADRE - MAITRISE D'OEUVRE DE RESTAURATION DU QUAI DOUMERGUE A NANTES







// Mise à jour Avant Projet 2018

ISL Ingénierie SAS – ANGERS
25 rue Lenepveu
49100 – Angers
France
Tel : +33.2.41.36.01.77
Fax : +33.1.40.34.63.36

www.isl.fr

Visa

Document verrouillé du 27/03/2025.

Révision	Date	Auteur	Chef de Projet	Superviseur	Commentaire
A	08/12/2023	ADE	TNO	ATA	Prise en compte des commentaires de Nantes Métropole
B	27/03/2025	ADE	TNO	TNO	Prise en compte des commentaires de Nantes Métropole

ATA : TARDIEU Antoinette

TNO : NOBLET Thomas

Rapport ISL
23F-121-RA-2
Revision B
Accord cadre - Maîtrise d'oeuvre de restaurati
http://www.isl.fr/r.php?c=242835
Ingénierie

SOMMAIRE

1 INTRODUCTION 1

2 ANALYSE DES PRINCIPALES CONCLUSIONS DE L'AVP DE 2018 [4] 2

2.1 CADRE DE L'ETUDE REALISEE 2
2.2 PRINCIPALES HYPOTHESES DE TRAVAIL 3
2.3 RAPPEL DES CONCLUSIONS DU DIAGNOSTIC D'EGIS (2016) 3
2.4 MISE A JOUR DIAGNOSTIC DES BERGES (SCE, 2018) 3
2.5 SYNTHESE DES 2 ETUDES GEOTECHNIQUES 4
2.5.1 Campagnes géotechniques réalisées 4
2.5.2 Conclusion de l'étude G1 FONDASOL 2017 5
2.5.3 G2-AVP : GINGER 5
2.5.4 Synthèse et critique des études précédentes 6
2.5.5 Reprise du quai Doumergue 6
2.5.6 Reprise de la cale 8
2.6 PHASAGE DES TRAVAUX 8
2.7 MONTANT DES TRAVAUX 9

3 ZONAGE ET ENJEUX 9

3.1 ZONE 1 11
3.1.1 Profil 1 11
3.1.2 Profil 1 BIS 13
3.1.3 Profil 1 TER 15
3.2 ZONE 2 17
3.3 ZONE 3 19
3.3.1 Profil 3 19
3.3.2 Profil 3 BIS 21
3.4 ZONE 4 23
3.5 ZONE 5 24

3.6 ENJEUX COMPLEMENTAIRES IDENTIFIES DANS L'INVENTAIRE FAUNE / FLORE 26

4 PRINCIPALES CONCLUSIONS DE LA G2AVP (ANNEXE 1) 27

4.1 LITHOLOGIE OBSERVEE 28
4.1.1 Remblai sablo-graveleux d'origine anthropologique 28
4.1.2 Alluvions sableuses 28
4.1.3 Argile molle plastique à ferme / Alternance de sables et argiles 28
4.1.4 Substratum micaschiste altéré à fragmenté 28
4.2 SYNTHESE DES RECONNAISSANCES DE LA G2AVP DE GINGER 28
4.3 CALCUL DE STABILITE 29
4.3.1 Généralité 29
4.3.1.1 Cadre réglementaire 29
4.3.1.2 Méthode de calcul 29
4.3.1.3 Modèle géotechnique retenu 30
4.3.1.4 Profils étudiés 31
4.3.2 Résultats et solutions de confortement 32
4.3.2.1 Quai Doumergue 32
4.3.2.2 Allongement de la cale 34
4.3.2.3 Zone 5 - Défaut de butée au droit du rideau existant 34
4.4 PRINCIPAUX ALEAS GEOTECHNIQUE 34

5 SYNTHESE DES DIFFERENTS ZONAGES ET ENJEUX ASSOCIES 35

6 PROGRAMME DE TRAVAUX RETENU PAR ZONE 37

7 CONTRAINTES DE REALISATION DES TRAVAUX 40

7.1 TRAVAUX PREPARATOIRE ET ACCES 40
7.2 ENJEU MARITIME ET FLUVIAL 41
7.2.1 Fluvial 41
7.2.2 Maritime 41

7.2.3 Vitesse d'écoulement 42
7.2.4 Navigation 42
7.3 CONTRAINTES ENVIRONNEMENTALES 43
7.3.1 Elagage 43
7.3.2 Espèces protégées 43
7.4 CADRE REGLEMENTAIRE 43
7.4.1 Loi sur l'eau 43
7.4.2 Zone Natura 2000 44
7.4.3 Espèces protégées 44

8 METHODOLOGIE DE REALISATION DES TRAVAUX ...46

8.1 ELAGAGE ET ABATTAGE SELECTIF 46
8.2 MISE EN ŒUVRE DU RIDEAU DE PALPLANCHES 46
8.3 MISE EN ŒUVRE DES ENROCHEMENTS 47
8.4 ALLONGEMENT DE LA CALE 48
8.5 AJOUT DES ENROCHEMENTS EN ZONE 5 49

9 PHASAGE ET PLANNING DES TRAVAUX 50

9.1 ORGANSATION ET DEROULEMENT DES TRAVAUX 50
9.1.1 Méthodologie générale 50
9.1.2 Moyens matériels et techniques 50
9.1.3 Organisation du chantier 50
9.2 PLANNING ET PHASAGE 50
9.2.1 Cadences 50
9.2.2 Planning global de l'opération 51
9.2.3 Priorisation des travaux 52
9.2.4 Planning par phase 54

10 MONTANT DES TRAVAUX.....56

10.1 MONTANT DES TRAVAUX POUR L'ENSEMBLE DE L'OPERATION 56
10.2 MONTANT DES TRAVAUX EN FONCTION DE LA PRIORISATION 56

11 ALEAS EN PHASE CHANTIER 57

TABLE DES ANNEXES

ANNEXE 1 G2 AVP 1

ANNEXE 2 CADRAGE REGLEMENTAIRE.....2

ANNEXE 3 PLANS AVP 3

ANNEXE 4 DETAIL DU CHIFFRAGE DES TRAVAUX 4

TABLE DES FIGURES

Figure 2-1 : Implantation des travaux (AVP-SCE) 2
Figure 2-2 : Coupes types confortées, AVP SCE 2018 8
Figure 3-1 : Vue en plan des 5 zones..... 10
Figure 3-2 : Profil en travers de P1 [6]..... 12
Figure 3-3 : Profil en travers et vue en plan du linéaire (P1)..... 12
Figure 3-4 : Photographies du tronçon P1..... 13
Figure 3-5 : Profil en travers de P1BIS [6]..... 14
Figure 3-6 : Vue en plan du profil P1BIS..... 14
Figure 3-7 : Photographies du tronçon P1BIS..... 15
Figure 3-8 : Profil en travers de P1TER [6]..... 16
Figure 3-9 : Vue en plan du profil P1TER..... 16
Figure 3-10 : Photographies du tronçon P1TER..... 17
Figure 3-11 : Profil en travers P2 [6]..... 18
Figure 3-12 : Profil en travers et vue en plan au droit de la zone 2..... 18
Figure 3-13 : Photographies du tronçon P2..... 19
Figure 3-14 : Profil en travers de P3 [6]..... 20
Figure 3-15 : Vue en plan au droit de la zone 3..... 20
Figure 3-16 : Photographies du tronçon P3..... 21
Figure 3-17 : Profil en travers de P3BIS [6]..... 22
Figure 3-18 : Vue en plan P3 BIS..... 22
Figure 3-19 : Photographies du tronçon P3BIS..... 23

Figure 3-20 : Vue en plan de la zone 4 23
Figure 3-21 : Photographies de la zone 4 24
Figure 3-22 : Vue en plan de la zone 5 25
Figure 3-23 : Photographies de la zone 5 26
Figure 4-1 : Coupe synthétique des résultats de la G2AVP de GINGER 29
Figure 4-2 : Schéma de principe de l'étude des cercles de glissement 30
Figure 4-3 : Vue en plan des profils étudiés 32
Figure 7-1 : Implantation de la base vie 40
Figure 7-2 : Accès envisagés à proximité de la zone de travail pour acheminer les matériaux 41
Figure 7-3 : Schéma de l'élagage sur le secteur P3BIS 43
Figure 8-1 : Profil en travers de la berge 47
Figure 8-2 : Exemple d'opérations de purge et de battage par voie nautique (Digue des Alliés, MOE ISL 2018) 47
Figure 8-3 : Mise en œuvre d'enrochements par voie nautique (Barrage de Poses, MOE ISL 2020) 48
Figure 8-4 : Principe de réalisation de la dalle de la cale 49
Figure 9-1 : Planning global 51
Figure 9-2 : Carte de synthèse des niveaux de priorité 52
Figure 9-3 : Carte de la priorisation privilégiée 53
Figure 9-4 : Planning par phase 54

TABLE DES TABLEAUX

Tableau 1-1 : Liste des documents disponibles pour le projet 1
Tableau 2-1 : Programme de travaux (AVP-SCE) 2
Tableau 2-2 : Principales hypothèses de l'Avant-Projet SCE 2018 [4] 3
Tableau 2-3 : Conclusion du diagnostic de 2016 [3] 3
Tableau 2-4 : Programme d'action priorisé proposé 3
Tableau 2-5 : Conclusion du diagnostic de 2016 [3] 4
Tableau 2-6 : Résultats calcul de stabilité, G1 FONDASOL 2016 5
Tableau 2-7 : Résultats calcul de stabilité, G2 AVP GINGER 2018 6
Tableau 2-8 : Synthèse des montants des travaux en fonction des différentes variantes 9
Tableau 3-1 : Détail des différents profils et zonages 11
Tableau -3-2 : Enjeux identifiés (P1) 11
Tableau 3-3 : Enjeux identifiés (P1BIS) 13
Tableau 3-4 : Enjeux identifiés (P1TER) 15
Tableau 3-5 : Enjeux identifiés (P2) 17

Tableau 3-6 : Enjeux identifiés (P3) 19
Tableau 3-7 : Enjeux identifiés (P3BIS) 21
Tableau 3-8 : Enjeux identifiés (Zone 4) 24
Tableau 3-9 : Enjeux identifiés (Zone 5) 25
Tableau 3-10 : Synthèse des enjeux environnementaux [11] 27
Tableau 4-1 : Facteurs partiels selon l'Approche 3 29
Tableau 4-2 : Détail des niveaux d'eau selon la situation de calcul 30
Tableau 4-3 : Paramètres géotechniques retenus 31
Tableau 4-4 : Profils étudiés 31
Tableau 4-5 : Synthèse des résultats de calcul de stabilité (Source : Annexe_G2AVP) 33
Tableau 5-1 : Synthèse des enjeux identifiés par diagnostic visuel 36
Tableau 6-1 : Détail du programme des travaux 39
Tableau 7-1 : Synthèse hauteur de la Loire, SCE (2018) 41
Tableau 7-2 : Niveaux marins de référence (Source : RAM) 42
Tableau 7-3 : Débits caractéristiques de la Loire (SCE, 2018) 42
Tableau 7-4 : Synthèse du cadre règlementaire par zone 44
Tableau 7-5 : Mesures prises pour les 2 espèces 45
Tableau 7-6 : Incidence des travaux sur les espèces 45
Tableau 8-1 : Marégramme à Nantes 46
Tableau 9-1 : Schéma de l'organisation du chantier (23F121_AVP_001A) 50
Tableau 9-2 : Détail de la nouvelle priorisation 53
Tableau 9-3 : Synthèse des durées pour chaque phase 55
Tableau 10-1 : Montant total des travaux de l’ensemble de l’opération 56
Tableau 10-2 : Montant total des travaux – priorité 1 56
Tableau 10-3 : Montant total des travaux – priorité 2 56
Tableau 10-4 : Montant total des travaux – priorité 3 56

1 INTRODUCTION

ISL Ingénierie a été mandaté par Nantes Métropole pour une mission de Maitrise d'œuvre sur le quai Doumergue Nantes.

Les berges du quai Doumergue relèvent du domaine public et sont sous la gestion de Nantes Métropole. Nantes Métropole intervient pour assurer les actions d'entretien courant, d'aménagements urbains et de travaux de confortement. Toutefois, il est rappelé que Voies Navigables de France est propriétaire des parcelles concernées par le présent projet. Une convention d'occupation du territoire a été émise entre ces deux acteurs.

Le présent rapport est une mise à jour de l'étude d'Avant-Projet existant réalisée en 2018 par SCE.

Les objectifs de cette phase d'étude sont les suivants :

- Reprise des calculs de stabilité en fonction de l'évolution de la géométrie de la berge depuis 2019 ;
- D'analyser les résultats des investigations effectuées sur le rideau de palplanches (zone 5) ;
- D'actualiser le montant des travaux depuis 2019.

Le tableau suivant présente l'ensemble des données d'entrée utilisée pour l'élaboration du présent document.

Num	Titre	Date
[1]	Données bathymétriques, VNF, SMF_Plan_Détaillé_Loire_VNF_Section1_2009-2010	2010
[2]	G2 PRO, Aménagement des berges nord de l'île de Nantes	Avril 2015
[3]	Diagnostic, dossier d'ouvrage, EGIS	Septembre 2016
[4]	Rapport AVP, Projet de confortement des berges Nord -île de Nantes, SCE-version 3	Décembre 2018
[5]	Investigation sur un rideau de palplanches, GINGER	Mars 2023
[6]	Relevé topographique terrestre et bathymétrique, GEOFIT	20/10/2023
[7]	Photographies du site, Nantes Métropole	-
[8]	Relevé des espèces protégées, Hydroncept	Décembre 2023

Tableau 1-1 : Liste des documents disponibles pour le projet

La présente note est accompagnée des annexes suivantes :

- Annexe 1 : Note de calcul G2 AVP ;
- Annexe 2 : Note de cadrage réglementaire ;
- Annexe 3 : Plans d'AVP ;
- Annexe 4 : Détail du chiffrage des travaux.

2 ANALYSE DES PRINCIPALES CONCLUSIONS DE L'AVP DE 2018 [4]

2.1 CADRE DE L'ETUDE REALISEE

La SAMOA avait mandaté le bureau d'étude SCE pour la réalisation des études relatives aux confortement des berges sur la rive gauche du bras de la Madeleine en partie nord de l'île de Nantes.

L'Avant-Projet réalisé en 2018 par SCE comprend l'étude des berges comprises entre le pont A. Briand en amont et le quai Hoche à l'aval.

Le tableau suivant présente le programme de travaux envisagé à l'AVP.

Linéaire concerné	Localisation	Principaux désordres	Travaux envisagés
≈ 400 m	Aval du pont Aristide Briand	Désorganisation de déstabilisation du talus Végétation invasive	- Traitement de la végétation instable. - Reprofilage de la pente de talus après démontage des enrochements en place. - Réalisation d'une butée de pied et remise en place des enrochements.
≈ 70 m	Au droit du quai Hoche	Ancienne cale de mise à l'eau actuellement en ruine	- Traitement de la végétation instable. - Reprofilage de la pente de talus après démontage des enrochements en place. - Réalisation d'une butée de pied et remise en place des enrochements.
-	Au droit du bd Gaston Doumergue	Pas de désordre particulier	- Elargissement de la cale pour permettre notamment le croisement des véhicules

Tableau 2-1 : Programme de travaux (AVP-SCE)



Figure 2-1 : Implantation des travaux (AVP-SCE)

2.2 PRINCIPALES HYPOTHESES DE TRAVAIL

Ces hypothèses sont présentées dans le tableau ci-dessous.

	Hypothèses
Contraintes fluvio-maritimes	• 0 m NGF = 3,16 CM 96 • Vitesse d'écoulement entre 1 et 2 m/s • Hauteur de marnage comprise entre 5 et 6 m
Enjeux écologiques	• Forte sensibilité de la zone à l'Angélique des Estuaires • Forte sensibilité de la zone au Scirpe Triquètre
Contraintes en phase chantier	• Minimisation des nuisances en phase chantier à prévoir du fait de la forte urbanisation de la zone • Circulation routière à maintenir • Chantier « propre » selon la charte développée par Nantes Métropole

Tableau 2-2 : Principales hypothèses de l'Avant-Projet SCE 2018 [4]

2.3 RAPPEL DES CONCLUSIONS DU DIAGNOSTIC D'EGIS (2016)

Le tableau ci-dessous synthétise les conclusions du diagnostic de 2016.

	Observations
Boulevard Gaston Doumergue	• Recul important de la berge par désolidarisation des enrochements existants • Absence de l'ancienne risberme
Conclusion	• Protection en enrochements insuffisante pour stabiliser le talus • Traitement des réseaux d'eaux pluviales pour éviter l'érosion de talus

Tableau 2-3 : Conclusion du diagnostic de 2016 [3]

Le tableau suivant rappelle les interventions envisagées ainsi que la priorisation.

	Observations
Priorité 1	• Traitement de la végétation sur les berges, • Reprofilage des pentes • Réalisation d'une butée de pied
Priorité 2	• Rechargement en enrochements sur 100 ml
Priorité 3	• Rechargement ponctuel sur la partie haute des talus (végétalisé) • Traitement de la tête de buse à proximité du pont Audibert.

Tableau 2-4 : Programme d'action priorisé proposé

2.4 MISE A JOUR DIAGNOSTIC DES BERGES (SCE, 2018)

Deux visites ont été réalisées par SCE :

- 1/02/2018
- 6/03/2018

Le tableau ci-dessous synthétise les conclusions du diagnostic de 2018.

	Observations
Boulevard Gaston Doumergue	• Zone 1 de glissement sur 10 ml  • Zone 3 glissement très récent (fin février/ début mars 2018) du chemin d'accès piéton, 100 ml 
Conclusion	• Absence de filtre sous les enrochements de protection, • Désolidarisation des enrochements, • Granulométrie de 400 à 600 mm.

Tableau 2-5 : Conclusion du diagnostic de 2016 [3]

2.5 SYNTHESE DES 2 ETUDES GEOTECHNIQUES

2.5.1 CAMPAGNES GEOTECHNIQUES REALISEES

Les études géotechniques suivantes ont été réalisées :

- Diagnostic Berges Nord de l'île de Nantes, Etude géotechnique **G1_PGC, Fondasol**, Septembre 2017 ;
- Aménagement des berges Quai Hoche, Boulvard Barthou / Compte rendu de suivi piézométrique en continu d'octobre à décembre 2017, Fondasol, Javier 2018 ;
- Confortement des berges de Nord – Ile de Nantes, Mission **G2AVP** [ONA2.I.0074 indice 3, **GINGER CEBTP**, Novembre 2018]

2.5.2 CONCLUSION DE L'ETUDE G1 FONDASOL 2017

Les caractéristiques de cette étude sont :

- 3 profils différents dont 2 sur le quai Doumergue (PM~20 et PM~380) et (avec trois configurations géotechniques ;
- 2 méthodes de calcul : traditionnelle (sans pondération) et selon l'Eurocode 7.

Les résultats sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Résultats des calculs de stabilité	ZONE 1	ZONE 2
Méthode traditionnelle (stabilité générale)	1,25	1,21
Méthode avec coefficients partiels (stabilité générale)	0,89	0,87

Tableau 2-6 : Résultats calcul de stabilité, G1 FONDASOL 2016

Les principales conclusions de l'étude sont :

- la stabilité n'est pas acquise sur les deux profils étudiés au sens de l'Eurocode 7 ;
- les talus ne sont pas en équilibre précaire ;
- confortement nécessaire sur les deux profils.

Pour rappel, les coefficients de sécurité visés dépendent de l'approche de calcul (traditionnelle ou 3) et de la typologie de la combinaison (fondamentale ou accidentelle).

Approche 3 : FS > 1,10 pour des ouvrages peu sensibles au déformations (mais sans différenciation de la situation) ;

Approche traditionnelle :

- Fondamentale : FS : 1,35 x 1,10 x 1,0 = 1,49 :
- Accidentelle : FS : 1,00 x 1,10 x 1,0 = 1,10.

La norme en vigueur préconise l'utilisation de l'approche de calcul 3. Cette approche est plus pertinente dans le cas de l'analyse de la stabilité des berges du fait de l'application de coefficients partiels de sécurité (« M ») sur les paramètres de résistance au cisaillement du sol. Il s'agit notamment de réduire la cohésion et la tangente de l'angle de frottement effectif par 1,25.

Dans le cadre des études présentées en Annexe 1, l'approche 3 est utilisée.

2.5.3 G2-AVP : GINGER

La mission G2 AVP réalisé par GINGER en septembre 2018 a permis de compléter l'étude G1.

Sur le secteur du quai Doumergue trois profils ont été réalisés :

- Profil P1 au droit de SC1, PM 90, (zone en cours de glissement) ;
- Profil P2 au droit de SC2, PM 190, (zone en cours de glissement) ;
- Profil P3 au droit de SC3, PM 270 (zone en cours de glissement).

Les résultats des calculs de stabilité sont présentés dans le tableau ci-dessous :

Le tableau suivant présente les **coefficients de sécurité obtenus** selon la méthode traditionnelle (recherche d'un **coefficient supérieur à 1.5** pour garantie la stabilité).

Modèles hydrogéologiques	Boulevard Doumergue			Quai Hoche	
	Profil N°1	Profil N°2	Profil N°3	Profil N°4	Profil N°5
Situation N°1	0.64	0.73	0.13	0.36	0.28
Situation N°2	1.37	1.25	0.44	0.97	0.46
Commentaires	L'ensemble des coefficients de sécurité sont inférieurs 1.5				

Tableau 2-7 : Résultats calcul de stabilité, G2 AVP GINGER 2018

D'après la G2-AVP, la sécurité n'est pas acquise sur les trois profils P1 à P3.

2.5.4 SYNTHESE ET CRITIQUE DES ETUDES PRECEDENTES

Les études précédentes s'intéressent à 3 profils de berges. Après analyse des différentes typologies, il semble que les études de stabilité pourraient se concentrer sur davantage de profil. Affiner le nombre de profils selon la typologie de la berge permettra d'optimiser les solutions de confortement et de traiter exclusivement les désordres propres au profil.

Les hypothèses géotechniques formulées par GINGER ont été analysées et détaillées dans l'Annexe 1 intitulée G2AVP. Quelques modifications ont été réalisées après l'analyse des résultats des essais, la visualisation des photographies des carottes et par retour d'expérience. Il est rappelé que le cadre règlementaire par l'application des coefficients partiels de sécurité vise à couvrir les incertitudes sur la formulation des hypothèses géotechniques.

Le cadre règlementaire utilisé par GINGER dans la G2AVP correspond tout à fait à la norme en vigueur. L'approche 3 définie dans l'Eurocode 7 constitue un cadre de dimensionnement adapté à la stabilité des pentes. Cette approche de calcul se rapproche de la méthodologie de calcul propre aux ouvrages hydrauliques en remblai (CFBR).

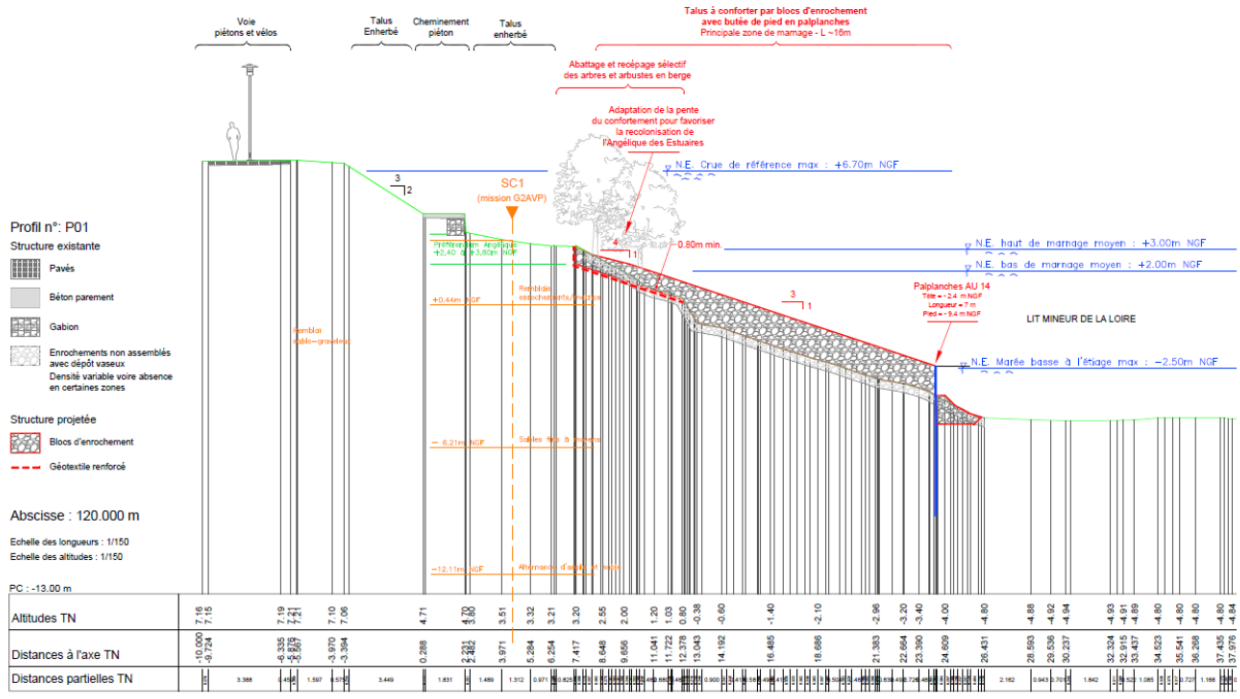
La stabilité des berges est particulièrement sensible au niveau piézométrique dans les couches de sol. Jusqu'à présent, les études de stabilité ont été réalisées pour des niveaux piézomètriques constants, ce qui parait peu représentatif de l'état piézométrique des sols lors de l'abaissement du niveau de la Loire. La perméabilité des alluvions sableuses est particulièrement forte entrainant un abaissement du niveau dans la berge quasiment instantané. Nature et procédure des Travaux envisagés en 2018

2.5.5 REPRISE DU QUAI DOUMERGUE

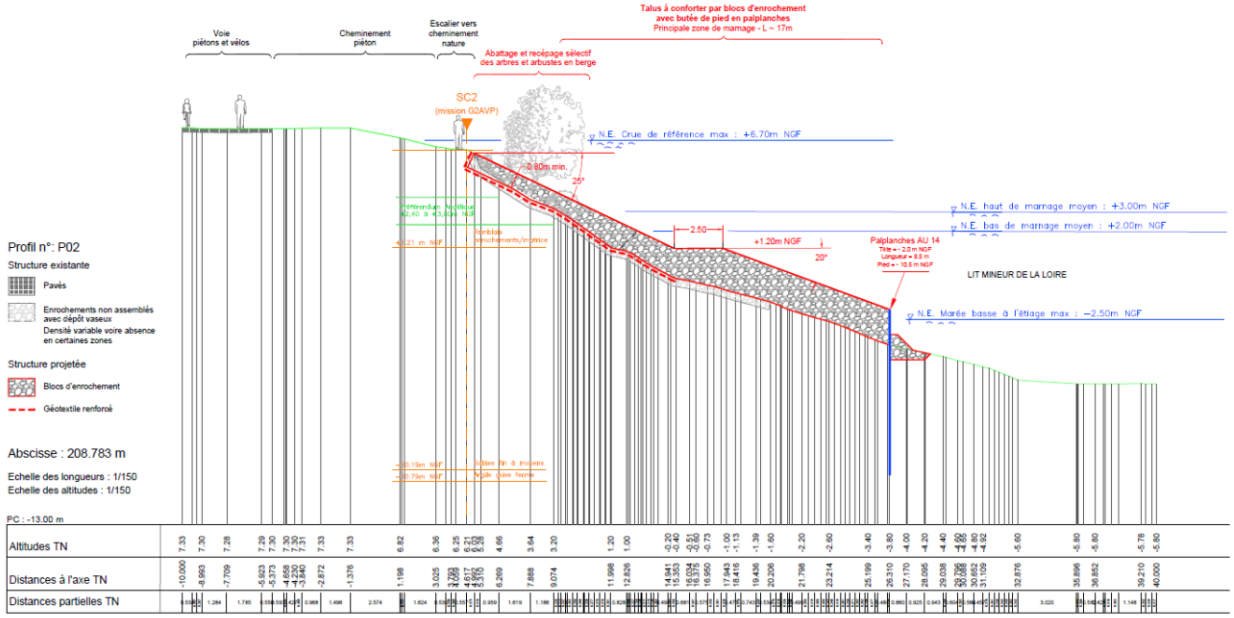
Les travaux préconisés dans l'AVP sont les suivants :

- Confortement sur l'ensemble du linéaire (380 ml) avec un rideau de palplanches de type AU14 (7 m de profondeur), tête à -1,5 m NGF, surface totale 3900 m² ;
- Recharge en enrochements avec une pente de 3H/1V jusqu'à la cote 3 m NGF (P1), 6 m NGF (P2) et 3,80 m NGF (P3), masse totale : 18 000 t ;
- Enrochement de 400/600 mm, diamètre nominal 0,2 m
- Géotextile renforcé sur la partie haute (depuis 0 m NGF) de la berge, 3000 m².
- Déblai de décapage 1 700 m^3.

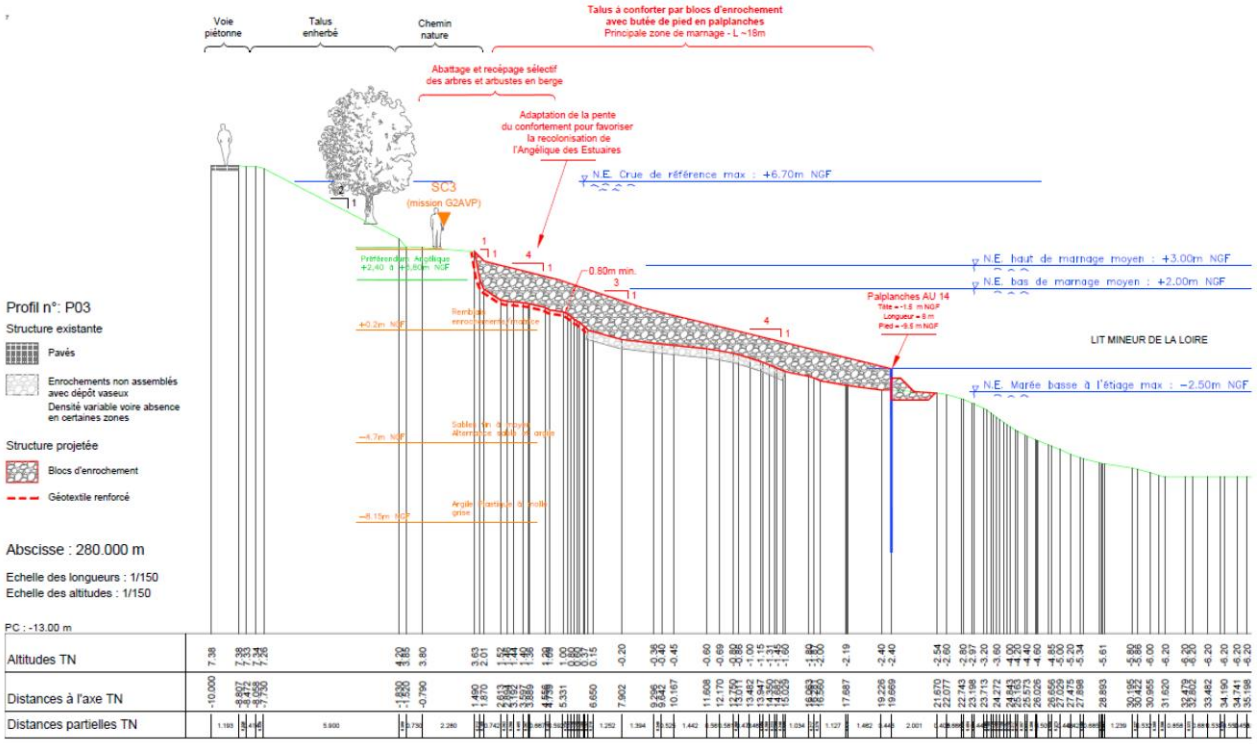
Les figures ci-dessous rappellent les trois coupes types des profils confortés.



Profil P1 de confortement (195 ml)



Profil P2 de confortement (35 ml)



Profil P3 de confortement (150 ml)

Figure 2-2 : Coupes types confortées, AVP SCE 2018

L'ensemble des travaux est envisagé par voie maritime avec un ponton flottant avec deux ateliers :

- 1 atelier de battage de palplanches ;
- 1 atelier de mise en œuvre des enrochements.

L'opération de déboisement est effectuée par moyens nautiques et le recépage des palplanches par une équipe de plongeur.

Le quai de chargement n'avait pas été défini.

2.5.6 REPRISE DE LA CALE

Deux solutions sont étudiées :

- L'élargissement de 2 m de la cale vers le Sud.
- L'allongement de la cale jusqu'à la cote 0 m NGF.

Dans les deux cas un rideau périmétral de palplanches est envisagé en PU32 jusqu'à la cote – 10 m NGF.

La réalisation des dalles est envisagée sous protection de batardeaux.

2.6 PHASAGE DES TRAVAUX

Le délai général de l'opération pour les travaux est estimé entre 17 et 19 mois (y compris la reprise du Quai Hoche).

Le phasage proposé était le suivant :

- Année 1 : confortement sur la partie amont du quai Doumergue (70 ml) ;
- Année 2 : poursuite du confortement (250 ml) ;
- Année 3 : finalisation du quai Doumergue (60 ml) + reprise de la calle de mise à l'eau + reprise du quai Hoche.

Les principales cadences prises en compte sont les suivantes :

- 8 ml / jour pour le rideau de palplanche,
- 75 t / jour pour la mise en œuvre des enrochements.

2.7 MONTANT DES TRAVAUX

Les tableaux suivants synthétisent les différents montants proposés dans l'AVP de 2018

	Confortement de berge	Elargissement de la cale	TOTAL (€ HT)
TRAVAUX DE BASE	3 550 000 €	280 000 €	3 830 000 €

	Confortement de berge	Elargissement de la cale + allongement de 5 m à la cote 0,5 m NGF	TOTAL (€ HT)
VARIANTE 1	3 550 000 €	460 000 €	4 010 000 €

	Confortement de berge	Elargissement de la cale + allongement de 10 m à la cote 0,0 m NGF	TOTAL (€ HT)
VARIANTE 2	3 550 000 €	540 000 €	4 090 000 €

Tableau 2-8 : Synthèse des montants des travaux en fonction des différentes variantes

A noter que ces prix comprennent bien la réalisation des travaux sur 3 années distinctes.Etat des lieux –

3 ZONAGE ET ENJEUX

Ce chapitre vise à comprendre l'état actuel de la zone, à appréhender les différentes typologies de berges et à établir un ordre de priorité en fonction des désordres observés. Initialement, 3 zones distinctes ont été identifiées dans le cadre de l'AVP de 2018.

Méthodologie appliquée :

En première approche, le zonage est défini à partir des profils topographiques et d'une inspection visuelle. Sur chaque zone, les éléments suivants sont identifiés :

- Densité en espèces protégées (individus et habitats) ;
- Glissement intervenu par le passé ;
- Définition des usages et des enjeux.

L'analyse des enjeux et usages n'a pas permis de définir une classification le long de la berge. Tous les tronçons sont considérés au même niveau de vulnérabilité. **Seul l'aléa (stabilité de la berge) et le risque associé sont différents.**

Cette analyse est, dans le cadre du chapitre 5, croisée avec les résultats des analyses de stabilité de la berge.

Dans le cadre du présent AVP, 5 zones ont été définies d'amont en aval :

- Zone 1 : Tronçon entre le pont A. Briand et la plus grande zone de glissement actuelle ;
- Zone 2 : Zone de glissement en cours ;
- Zone 3 : Tronçon entre la cale et la zone glissement ;
- Zone 4 : Cale d'accès ;
- Zone 5 : Rideau de palplanches existant dans la continuité du quai Hoche.

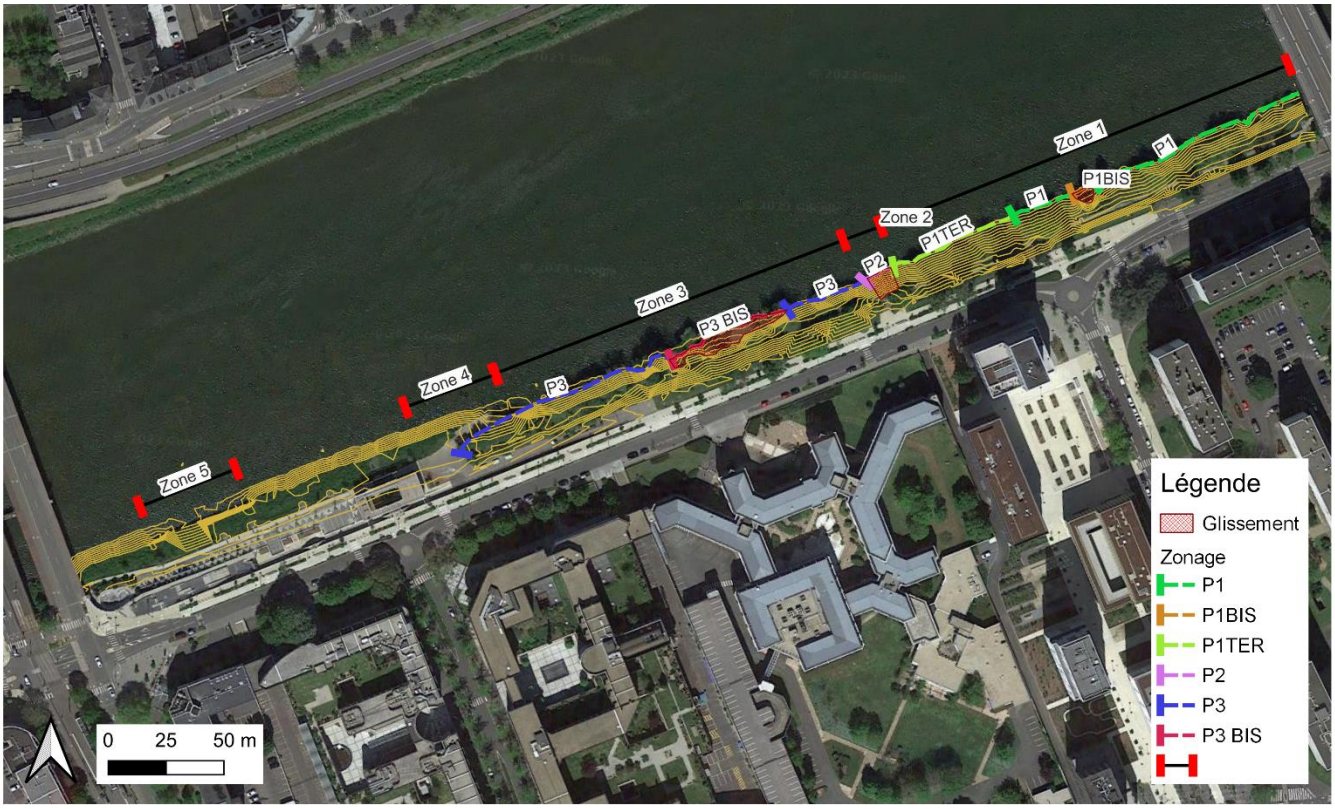


Figure 3-1 : Vue en plan des 5 zones

Au-delà de ces cinq zones, sont relevées des typologies particulières localisées. Le tableau suivant présente les différents profils types.

	Référence du profil (ISL)	PM	Longueur (m)	Détail	Profil en travers correspondant (relevé GEOFIT 2023)
Zone 1 : Chemin piéton sur gabions	**P1**	0-135	125 m	Profil représentatif de la zone 1	[P01 ; P06]
	P1 BIS	97-107	10 m	Profil de la zone d'éboulement sur la zone 1	[P05]
	P1 TER	135-190	55 m	Tronçon moins sensible au glissement	[P07, P09]

	Référence du profil (ISL)	PM	Longueur (m)	Détail	Profil en travers correspondant (relevé GEOFIT 2023)
Zone 2 : Fort glissement	**P2**	190-204	14 m	Tronçon sujet fortement au glissement	[P10]
Zone 3 : Cheminement piéton fermé	**P3**	204-340	81 m	Profil représentatif de la zone 3	[P11 ; P18]
	P3 BIS	239-294	55 m	Profil de la zone d'éboulement sur la zone 3	[P13 ; P14]
Zone 4 : Cale d'accès	**P4**	-	-	Profil de la présente cale d'accès	|P18 ;P19]
Zone 5 : Palplanches existantes	**P5**	480-530	50 m	Profil du rideau de palplanches existants (Quai Dumont d'Urville)	[P25 ;P26]

Tableau 3-1 : Détail des différents profils et zonages

Note : Les ponts métriques (PM) sont définis de l'amont vers l'aval.

3.1 ZONE 1

La zone 1 correspond au tronçon du cheminement piéton sur les dalles en béton reposant sur des gabions. Dans cette zone, 3 sous-tronçons ont été identifiés. La carte suivante présente les différents sous-tronçons.

On distingue :

- P1 : Typologie représentative de l'ensemble du linéaire ;
- P1 BIS : Profil représentatif de la zone au droit de l'éboulement ;
- P1 TER : Profil dont la topographie est plus favorable.

3.1.1 PROFIL 1

Le profil correspond à la géométrie caractéristique du tronçon 1 qui s'établit entre le pont Aristide Briand et le tronçon 2. Il est remarquable par le cheminement piéton sur une dalle béton/gabion. Il s'étend entre le PM0 et le PM135.

Le tableau suivant présente les enjeux identifiées à l'issu de l'inspection visuelle.

	Espèces protégées	Usages / Exploitation	Stabilité (Glissement et érosion)
P1	Présence d'Angélique des estuaires et de Scirpe	Chemin piéton sur dalles/gabions	Erosion et déstructuration de la protection de la berge

Tableau -3-2 : Enjeux identifiés (P1)

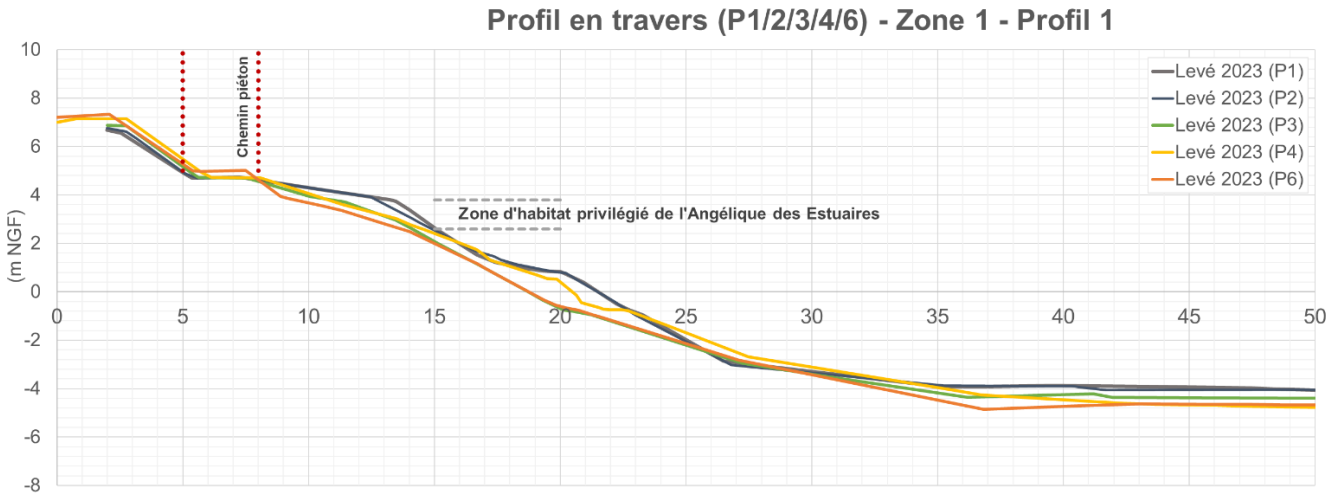


Figure 3-2 : Profil en travers de P1 [6]

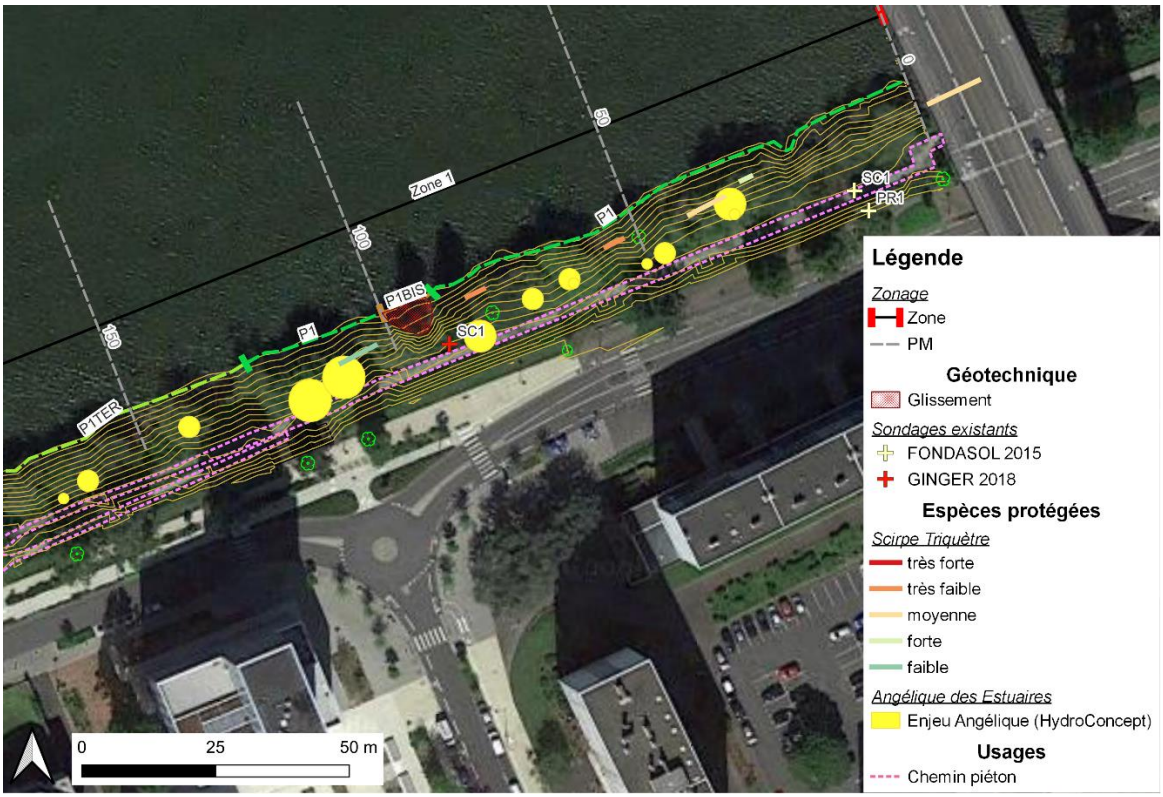


Figure 3-3 : Profil en travers et vue en plan du linéaire (P1)

Sur les profils topographiques caractéristique du P1, les éléments suivants sont distingués :

- Un talus en haut de la berge dont la pente est estimée à H/V ;
- Un chemin sur dalles/gabions de 3 m de large ;
- Un talus dont la pente varie entre XXH/1V et XXH/1V qui s'étend jusqu'au lit de la Loire à XX m NGF.

Les photographies suivantes présentent le linéaire. Un ouvrage d'évacuation des eaux pluviales est identifié à PM25.



Buse d'évacuation des eaux pluviales (NM, 2022)- PM 25 [7]



Chemin piéton en crête sur dalle/gabion (ISL, 2023)



Enrochements (NM, 2018) [7]

Figure 3-4 : Photographies du tronçon P1

3.1.2 PROFIL 1 BIS

Le profil P1BIS correspond à une zone de glissement en cours sur la zone 1. Cette zone avait été identifiée comme prioritaire dans le cadre de l'AVP conduit par SCE en 2018.

Le glissement est intervenu en partie basse. Aujourd'hui, la berge n'est plus protégée vis-à-vis du risque d'érosion externe car la protection initiale en enrochements est désolidarisée.

Ce tronçon s'étend sur 10 m entre les PM100 et 110.

Le tableau suivant présente les enjeux identifiées à l'issu de l'inspection visuelle.

	Espèces protégées	Usages / Exploitation	Stabilité (Glissement et érosion)
P1BIS	Habitat potentiel d'Angélique des estuaires dans la zone glissée [11]	Chemin piéton sur dalles/gabions	Glissement en partie intermédiaire de la berge survenu

Tableau 3-3 : Enjeux identifiés (P1BIS)

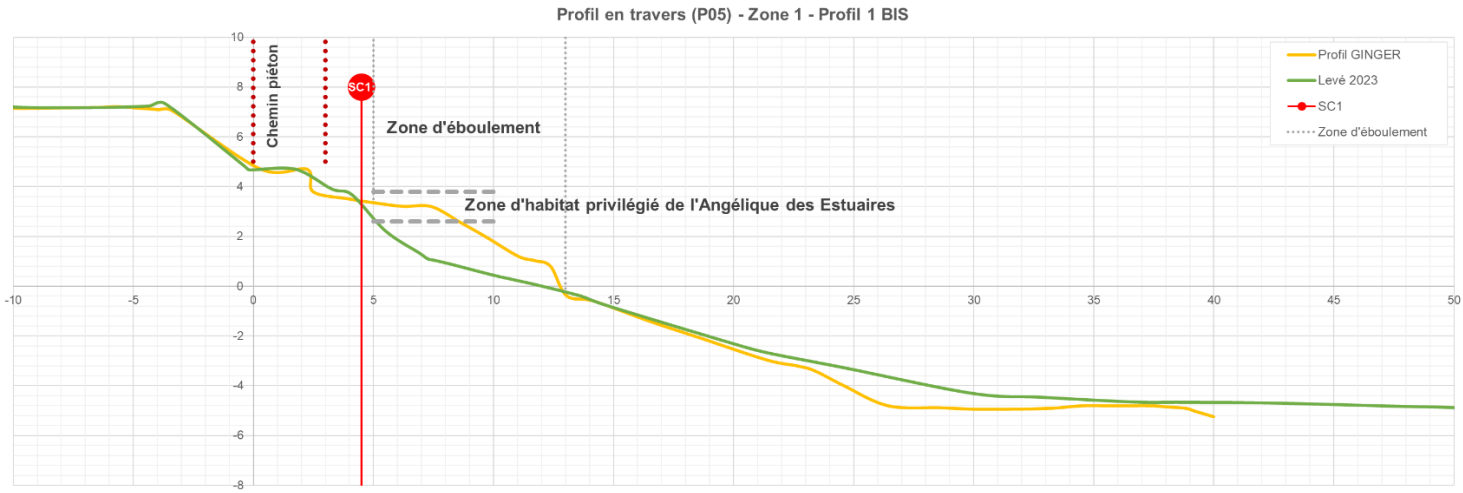


Figure 3-5 : Profil en travers de P1BIS [6]

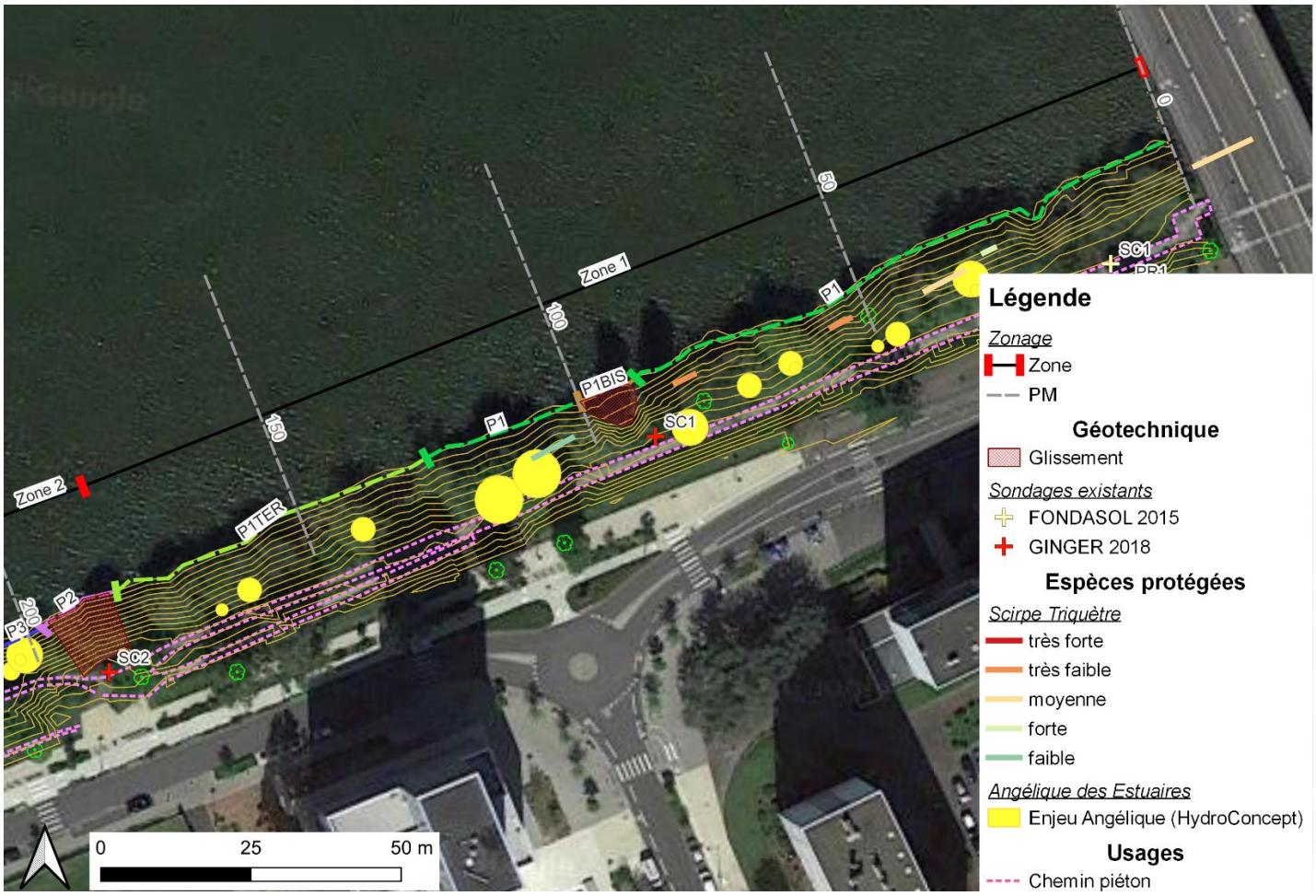


Figure 3-6 : Vue en plan du profil P1BIS

Les photographies suivantes présentent le linéaire.



Glissement depuis le chemin (ISL, 2023)



Glissement observé par voie nautique (NM, 2022) [7]

Figure 3-7 : Photographies du tronçon P1BIS

3.1.3 PROFIL 1 TER

Le profil P1TER est caractérisé par un double chemin en partie haute.

Il s'étend du PM135 au PM190 soit sur 55 mètres.

Le tableau suivant présente les enjeux identifiés à l'issu de l'inspection visuelle.

	Espèces protégées	Usages / Exploitation	Stabilité (Glissement et érosion)
P1TER	Présence d'Angélique des estuaires	Deux chemins piétons en crête	Erosion et déstructuration de la protection de la berge mais aucun phénomène de glissement identifié

Tableau 3-4 : Enjeux identifiés (P1TER)

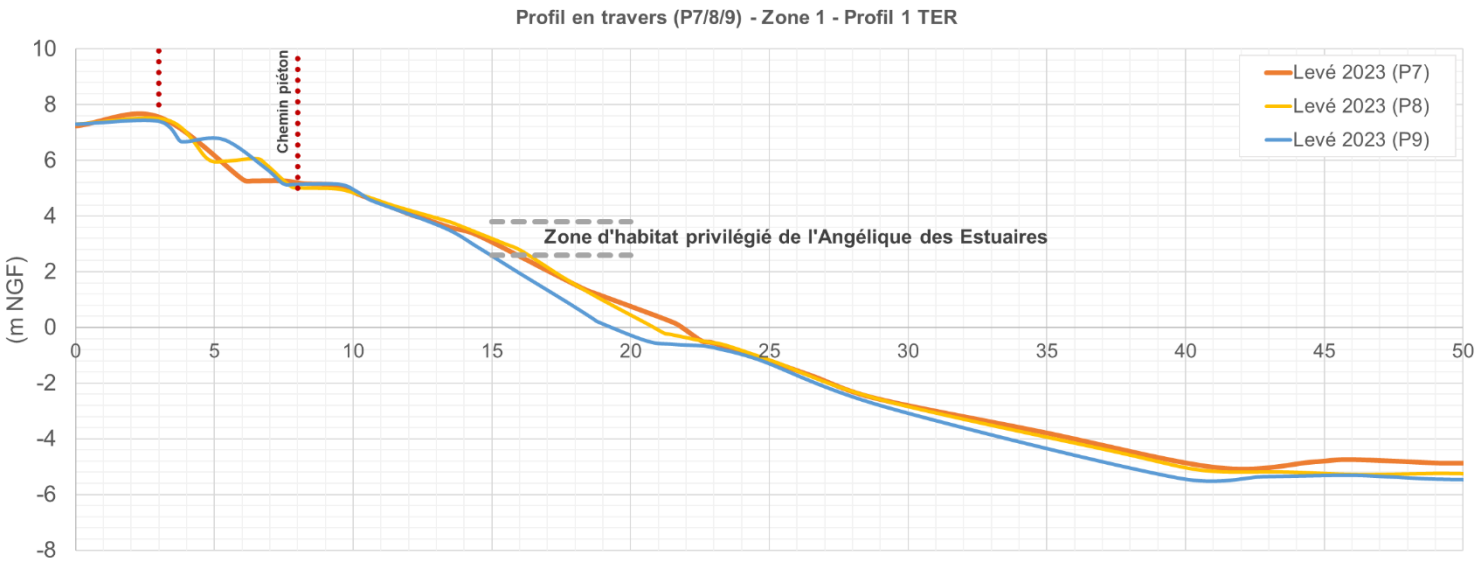


Figure 3-8 : Profil en travers de P1TER [6]

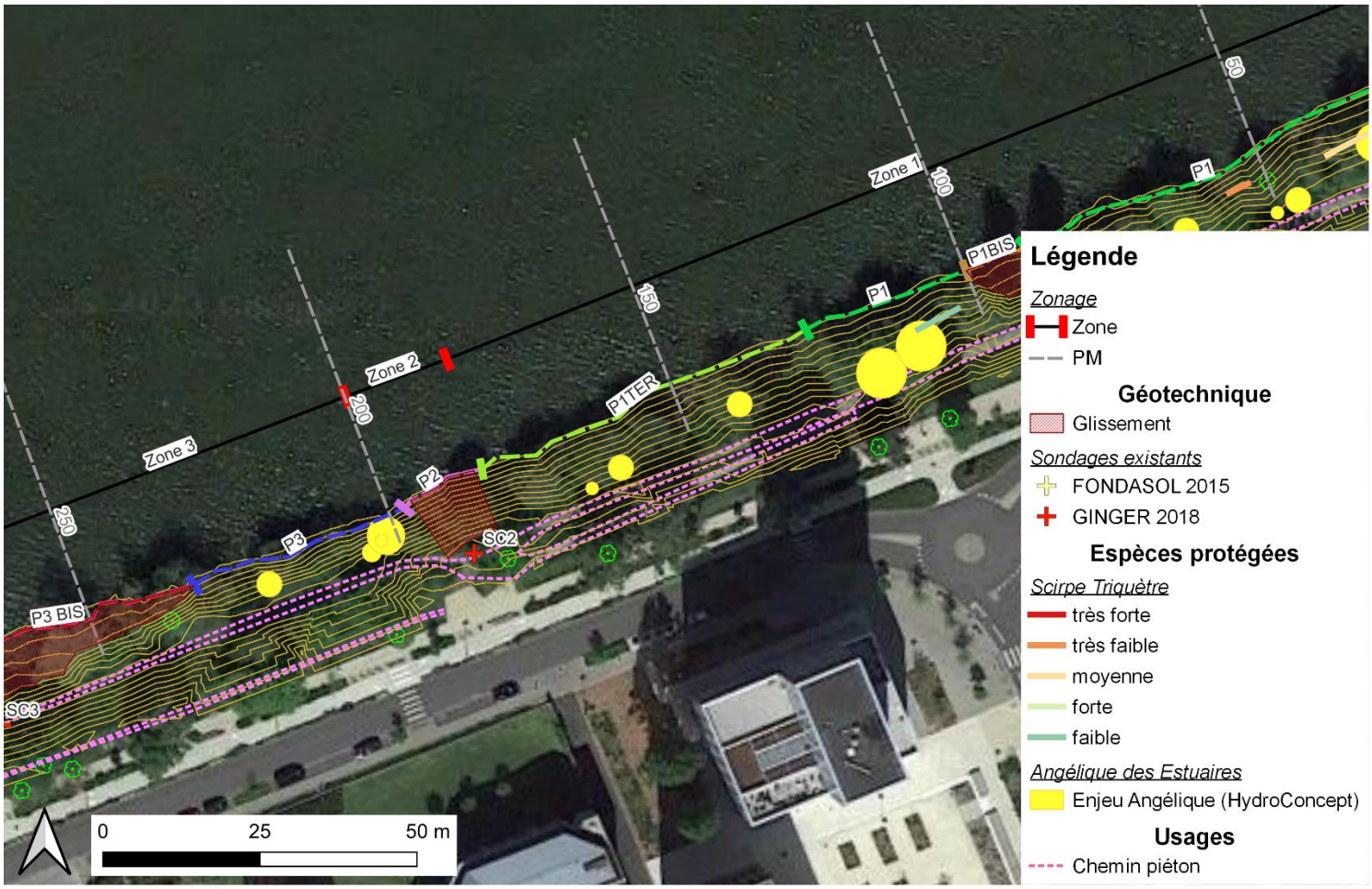


Figure 3-9 : Vue en plan du profil P1TER

Les photographies suivantes présentent le linéaire.



Chemin pavé (ISL, 2023)



Vue des deux chemins en partie haute (ISL, 2023)

Figure 3-10 : Photographies du tronçon P1TER

3.2 ZONE 2

La zone 2 correspond à la zone avec le glissement le plus conséquent de la berge. Il est actuellement balisé.

Ce tronçon constitue le point de départ des deux cheminements piétons.

Il s'étend sur 10 m entre le PM190 et le PM200.

Le tableau suivant présente les enjeux identifiés à l'issu de l'inspection visuelle.

	Espèces protégées	Usages / Exploitation	Stabilité (Glissement et érosion)
P2	Habitat potentiel d'Angélique des estuaires	Chemin piéton en crête à proximité immédiate du bord de la berge	Glissement général qui a eu lieu en 2020

Tableau 3-5 : Enjeux identifiés (P2)

Le profil en travers de la zone est présenté sur la figure suivante.

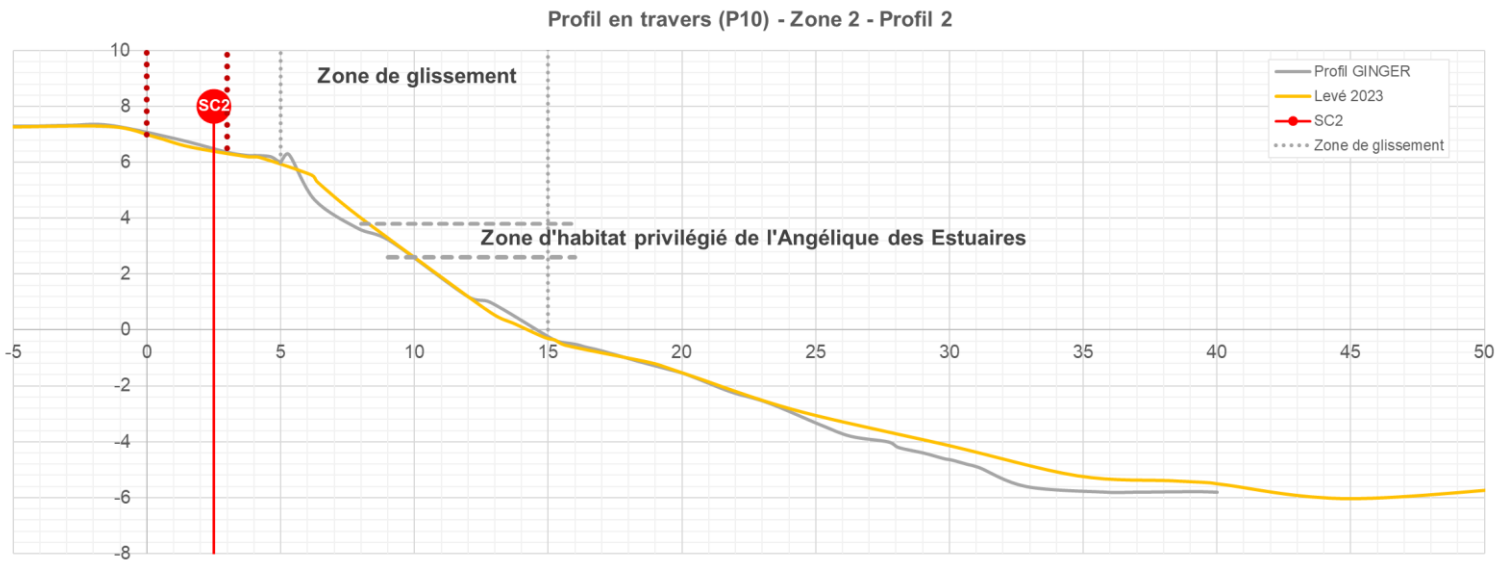


Figure 3-11 : Profil en travers P2 [6]

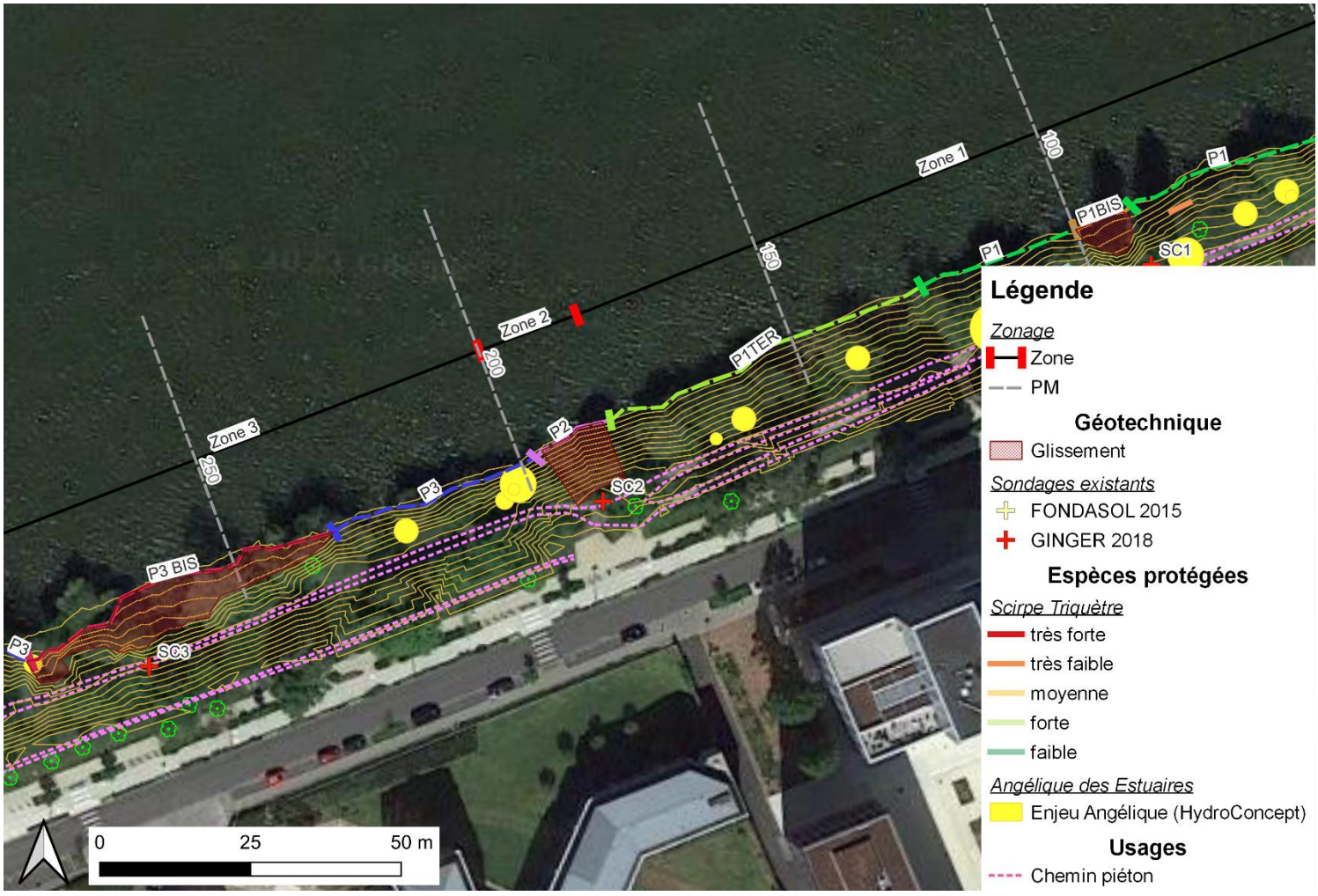


Figure 3-12 : Profil en travers et vue en plan au droit de la zone 2

Note : Une incertitude est identifiée sur le levé topographique au droit de la zone glissée.



Zone glissée observée par voie nautique (NM, 2022) [7]



Zone glissée obervée depuis la partie haute (ISL, 2023)

Figure 3-13 : Photographies du tronçon P2

3.3 ZONE 3

La zone 3 correspond au tronçon séparant la cale d'accès et la zone 2. Il est caractérisé par la présence d'un cheminement piéton fermé au public en partie basse.

On distingue :

- P3 : Typologie représentative ce l'ensemble du linéaire ;
- P3 BIS : Profil représentatif de la zone au droit de l'éboulement.

3.3.1 PROFIL 3

Le profil 3 se caractérise de la berge vers la Loire par :

- Un chemin piéton en crête ;
- Un talus à pente variable sur la partie supérieure (variable entre 1,3 et 2,0H/1V) ;
- Un chemin sur le TN fermé au public ;
- Une protection en enrochements.

Ce linéaire s'étend sur 135 m entre les PM 200 et 390 (sauf entre le PM235 et 290 correspondants à P3BIS).

Le tableau suivant présente les enjeux identifiés à l'issu de l'inspection visuelle.

	Espèces protégées	Usages / Exploitation	Stabilité (Glissement et érosion)
P3	Présence d'Angélique des estuaires	Chemin piéton en crête à proximité immédiate du bord de la berge	Erosion et déstructuration de la protection de la berge mais aucun phénomène de glissement identifié

Tableau 3-6 : Enjeux identifiés (P3)

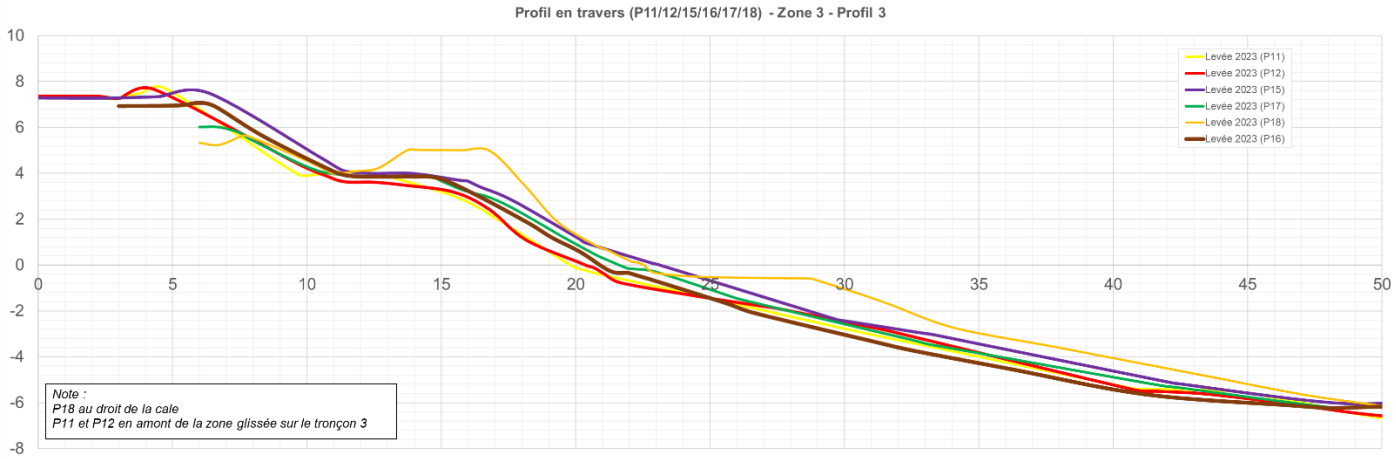


Figure 3-14 : Profil en travers de P3 [6]

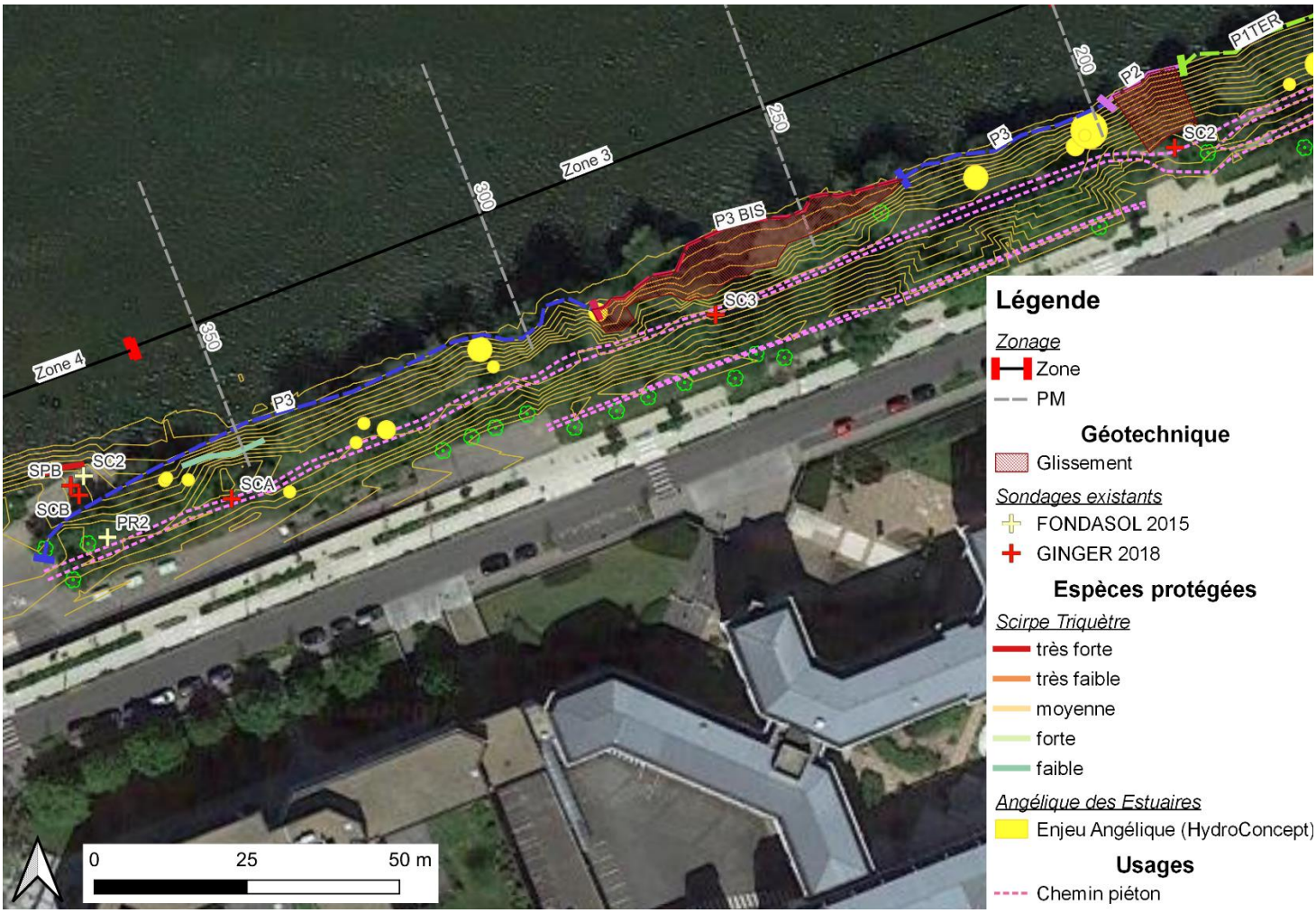


Figure 3-15 : Vue en plan au droit de la zone 3

Les photographies suivantes visent à illustrer le linéaire 3.



Partie haute du tronçon 3 (ISL, 2023)



Chemin fermé au public sur tronçon 3 (ISL,2023)

Figure 3-16 : Photographies du tronçon P3

3.3.2 PROFIL 3 BIS

Le profil P3BIS correspond à la zone affectée par le glissement actuel.

Le chemin piéton en partie basse a été fermé car il a été sectionné sur environ 55 m.

Ce tronçon commence au PM235 et se termine au PM290.

Le tableau suivant présente les enjeux identifiés à l'issu de l'inspection visuelle.

	Espèces protégées	Usages / Exploitation	Stabilité (Glissement et érosion)
P3BIS	Habitat potentiel d'Angélique des estuaires	Chemin piéton fermé au public mais dont l'usage est à conserver	Glissement de la berge depuis le chemin piéton en 2020

Tableau 3-7 : Enjeux identifiés (P3BIS)

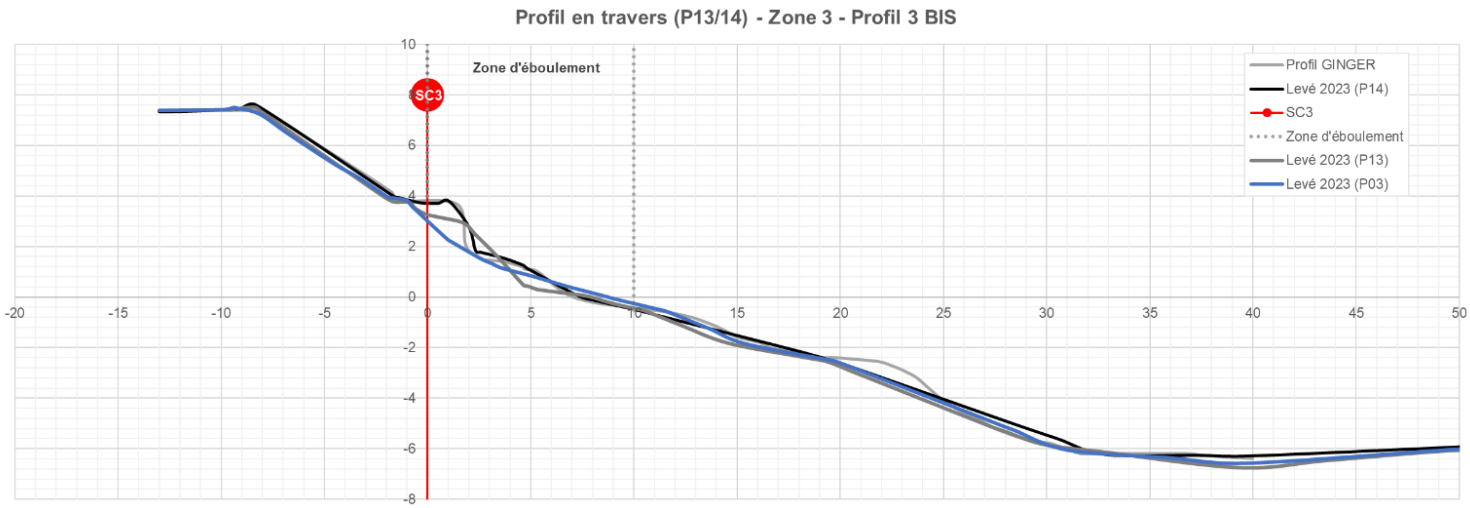


Figure 3-17 : Profil en travers de P3BIS [6]

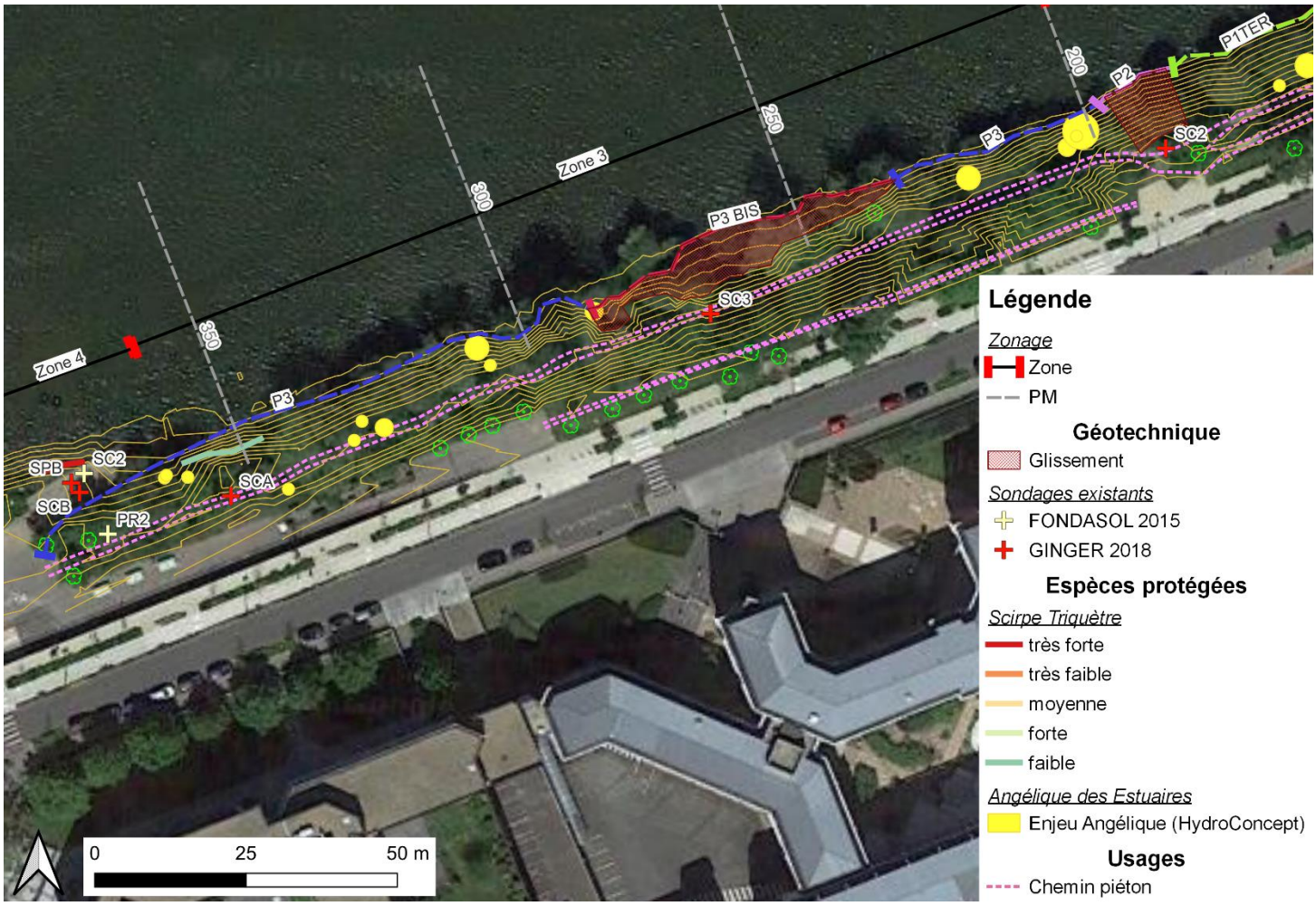


Figure 3-18 : Vue en plan P3 BIS

Les photographies suivantes présentent le linéaire. De nombreux arbres inclinés sont identifiés.



Zone glissée observée par voie nautique (NM, 2022) [7]



Zone glissée obervée depuis le chemin (NM,2018) [4]



Zone glissée depuis la crête (ISL,2023)

Figure 3-19 : Photographies du tronçon P3BIS

3.4 ZONE 4

La zone 4 correspond à l'actuelle cale d'accès. Cette cale est constituée d'une dalle en béton. D'après le levé topographique, le point bas de la cale a été relevé à -1,44 m NGF.

<u>Ce point est très différent de l'AVP de 2018 où la fin de la cale avait été relevée jusqu'à la cote +1 m NGF.</u>

<u>L'entreprise GEOFIT, en charge des levés topographiques et bathymétriques, a indiqué le 10/01 ne pas pouvoir garantir la cote du point bas de la cale (à -1,44 m NGF).</u>

Des enrochements sont présents de part et d'autre de la structure. Compte tenu de la dynamique estuarienne de la Loire, la cale est sujette à l'envasement. GEOFIT indique qu'à partir du levé topographique et des points drones sur la cale*, le Modèle Numérique de Terrain (extrapolé) montre un envasement d'environ 60 cm au maximum au niveau du dernier point cale (sud-est).*

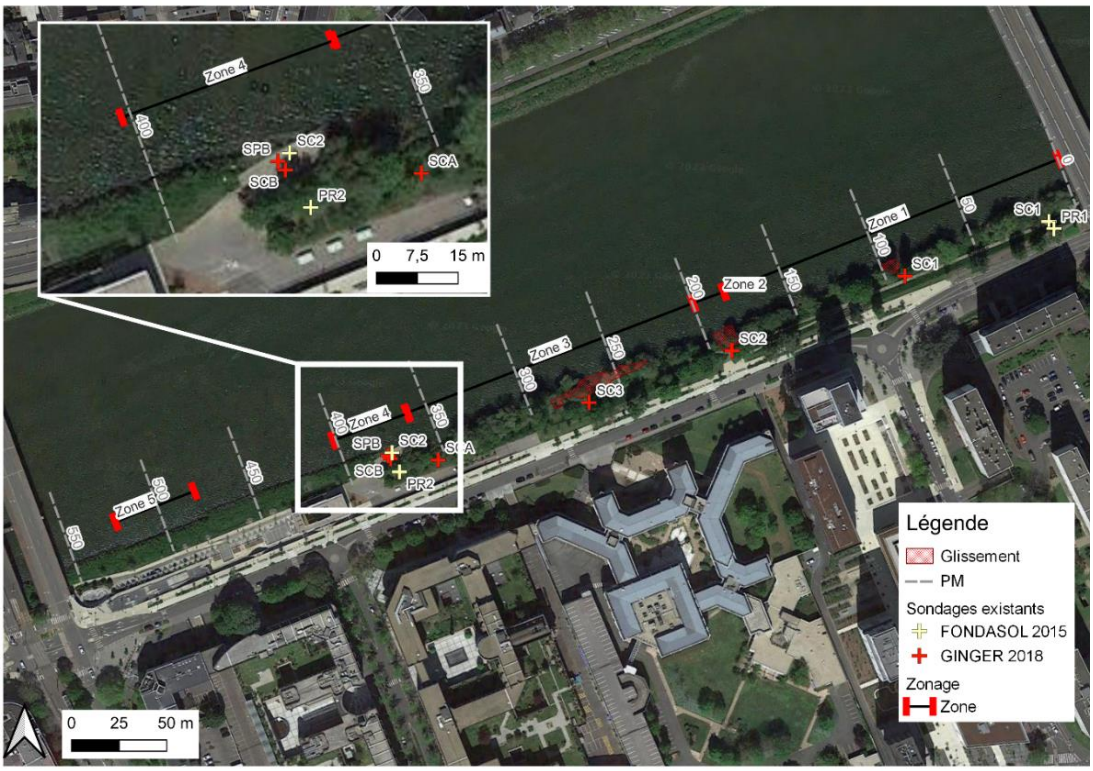


Figure 3-20 : Vue en plan de la zone 4

Le tableau suivant présente les enjeux identifiés à l'issu de l'inspection visuelle.

	Espèces protégées	Usages / Exploitation	Stabilité (Glissement et érosion)
Zone 4	Présence d'Angélique des estuaires et de Scirpe Triquètre	Mise à l'eau	-

Tableau 3-8 : Enjeux identifiés (Zone 4)

Les photographies suivantes présentent l'état de la cale existante.



Vue de la cale vers l'aval (ISL, 2023)



Vue de la cale vers l'amont (ISL, 2023)

Figure 3-21 : Photographies de la zone 4

3.5 ZONE 5

La zone 5 correspond à un linéaire qui a été conforté par le passé par un rideau de palplanches. Aujourd'hui, le rideau présente un défaut de butée au pied aval et s'étend sur 50 m entre les PM480 et le PM530.

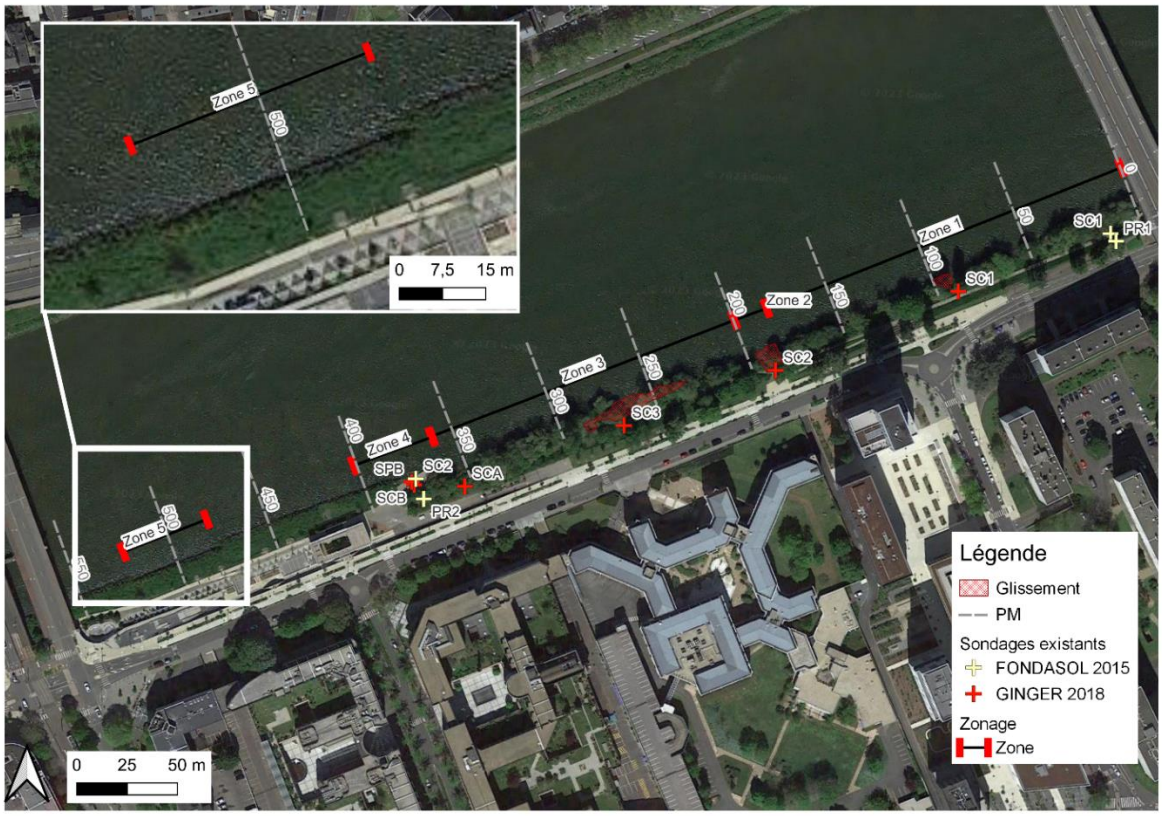


Figure 3-22 : Vue en plan de la zone 5

Le tableau suivant présente les enjeux identifiés à l'issu de l'inspection visuelle.

	Espèces protégées	Usages / Exploitation	Stabilité (Glissement et érosion)
Zone 5	Présence de Scirpe Triquètre	Chemin piéton en crête en retrait de la tête du rideau de palplanches	Défaut de butée

Tableau 3-9 : Enjeux identifiés (Zone 5)

Les photographies suivantes présentent le linéaire du tronçon 5.



Vue du rideau par voie nautique (2022, NM)[7]



Vue du rideau par le pont Audibert (ISL,2023) [7]

Figure 3-23 : Photographies de la zone 5

3.6 ENJEUX COMPLEMENTAIRES IDENTIFIES DANS L'INVENTAIRE FAUNE / FLORE

Le tableau suivant présente la synthèse des enjeux environnementaux identifiés par Hydroconcept.

Groupe	Présence sur le site	Rareté/vulnérabilité	Niveau d'enjeux
Flore	Deux espèces végétales protégées sont présentes. Le scirpe triquètre (*Schoenoplectus triqueter*) est présent en pied de berge. Les principales stations sont à l'ouest du site et de petites stations sont également présentes à l'est. L'Angélique des estuaires (*Angelica heterocarpa*) est présente en haut de berge depuis le centre du site jusqu'à l'est. Les observations portent sur des individus relativement isolés. L'habitat de saulaie est dans son intégralité favorable à l'espèce.	Fort	Fort
Habitats	Un seul habitat montre en soi un intérêt communautaire, il s'agit de la mégaphorbiaie occupant l'ouest du site (et les quelques patchs sur le reste de la zone d'étude)	Moyen	Moyen
Avifaune	Aucun suivi n'a été réalisé. Les données bibliographiques indiquent la présence potentielle de plusieurs espèces de passereaux avec une occupation du site en période de reproduction.		Fort
Reptiles	Deux individus de lézard de murailles ont été observés à l'ouest du site à proximité des zones aménagées.	Faible	Faible
Amphibiens	Aucun suivi n'a été mené, mais les caractéristiques du site ne permettent pas d'accueillir d'amphibiens		Nul
Mammifères Semi-aquatique	Aucun indice de présence n'a été observé. L'implantation du site en contexte urbain n'est pas favorable à la présence des espèces patrimoniale.		Nul
Chiroptères	Aucun gite (cavité arboricole) n'a été décelé sur la zone d'étude. Une utilisation du site en zone de chasse est très probable		Faible
Insectes	Aucune trace de présence des coléoptères saproxylophages patrimoniaux n'a été constatée. Les autres groupes d'insectes n'ont pas l'objet de suivi, mais les caractéristiques du site sont limitantes.		Nul

Tableau 3-10 : Synthèse des enjeux environnementaux [11]

Note : Les travaux devront être menés hors période de reproduction soit entre aout et mars (Avifaune).

4 PRINCIPALES CONCLUSIONS DE LA G2AVP (ANNEXE 1)

Le document de G2 AVP présenté en annexe 1 se base uniquement sur les deux campagnes de reconnaissances disponibles :

- G1, FONDASOL, 2016
- G2 AVP, GINGER, 2018.

La synthèse présentée ci-dessous vise à présenter de manière succincte les enjeux géotechniques caractéristiques de la berge. Il s'agit notamment de faire figurer les caractéristiques géotechniques au droit des différentes profils, de présenter la méthodologie de calcul et la synthèse des différents calculs.

4.1 LITHOLOGIE OBSERVEE

Les horizons suivants ont été observés :

- Formation 1 : Remblai sablo-graveleux d'origine anthropologique ;
- Formation 2 : Alluvions sableuses fins, moyennes à grossières ;
- Formation 3 : Argile molle plastique à ferme grise ;
- Formation 4 : Micaschiste altéré à fragmenté.

4.1.1 REMBLAI SABLO-GRAVELEUX D'ORIGINE ANTHROPOLOGIQUE

Cette couche est observée sur la totalité des sondages le long du quai Doumergue. Sa profondeur varie entre 3,00 et 5,00 m par rapport au TN (soit entre +1,20 m NGF et -1,10 m NGF).

Il s'agit d'un remblai constitué de blocs de granite dans une matrice sableuse. Aucun essai d'identification n'a été réalisé dans cette formation (estimé C1Bx).

4.1.2 ALLUVIONS SABLEUSES

Cette formation est identifiable sur l'ensemble du linéaire. La profondeur de cette couche est très variable sur l'ensemble du linéaire. La cote de la base est identifiée entre -4,70 et -12,10 m NGF. Les essais d'identifications confirment la présence d'un matériau insensible à l'eau d'origine alluvionnaire (D1).

Les carottes et les courbes granulométriques mettent en exergue le caractère homogène et fin de cette formation. Il s'agit d'une couche très perméable et particulièrement sensible au phénomène de suffusion interne (érosion interne).

4.1.3 ARGILE MOLLE PLASTIQUE A FERME / ALTERNANCE DE SABLES ET ARGILES

Cette couche est variable sur le linéaire. Au droit du sondage SC1, une couche hétérogène alternant éléments sableux et argileux est identifiée. SC3 présente une formation argileuse entre les profondeurs -4,70 et -8,10 m NGF, molle en partie supérieure puis raide.

4.1.4 SUBSTRATUM MICASCHISTE ALTERE A FRAGMENTE

Le substratum rocheux est du micaschiste. GINGER identifie le micaschiste à partir de -12,11 m NGF. Sur les photographies des sondages, le micaschiste est seulement visible sur le SC1.

4.2 SYNTHESE DES RECONNAISSANCES DE LA G2AVP DE GINGER

La figure suivante présente la synthèse des résultats de la G2AVP de GINGER.

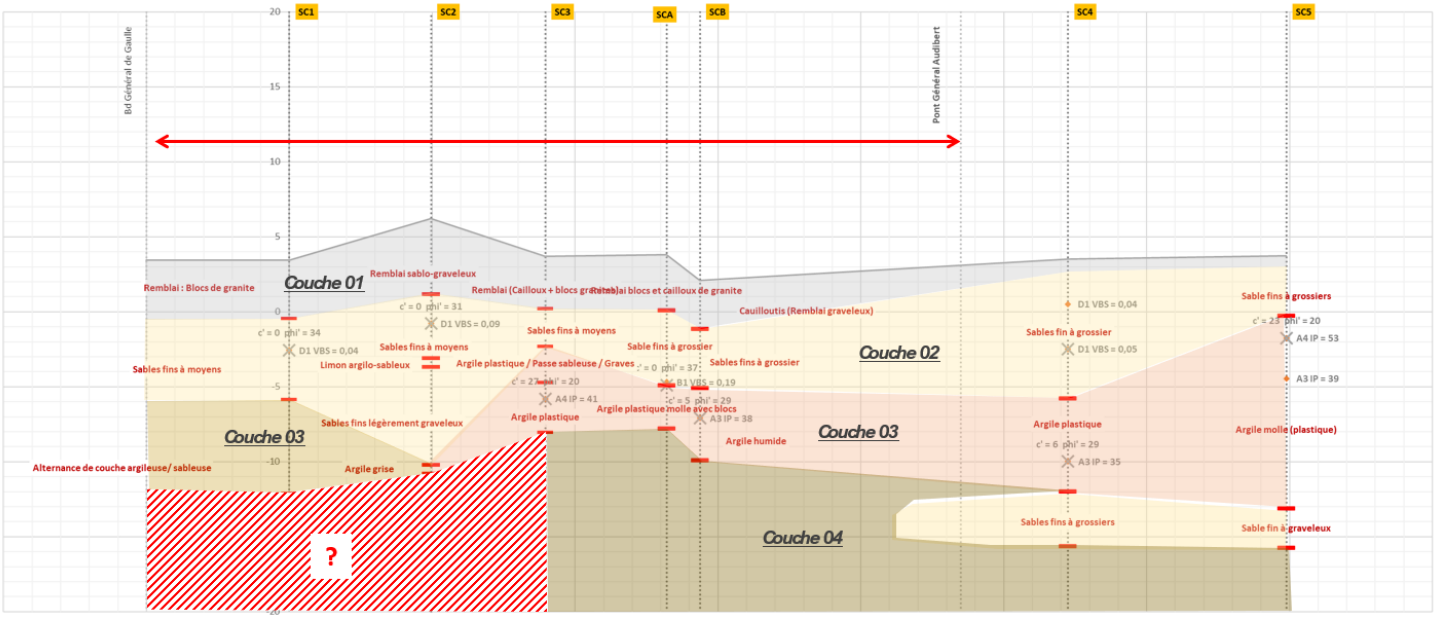


Figure 4-1 : Coupe synthétique des résultats de la G2AVP de GINGER

Note : Les sondages ne sont pas nécessairement dans le même plan de coupe.

4.3 CALCUL DE STABILITE

4.3.1 GENERALITE

4.3.1.1 Cadre réglementaire

Les vérifications sont effectuées conformément à la norme NF EN 1997-1. L'Approche 3 est utilisée pour les vérifications de la stabilité générale (similaire à l'étude menée par la G2 AVP de GINGER).

Les coefficients partiels de sécurité sont appliqués conformément à la NF P94-270 :

	Cohésion effective	Tangente de l'angle de frottement effectif	Surcharge variable	Méthode
Coefficients partiels	1,25	1,25	1,30	1,10

Tableau 4-1 : Facteurs partiels selon l'Approche 3

4.3.1.2 Méthode de calcul

La stabilité au grand glissement des berges est fortement impactée par la différence de niveaux entre la Loire et le niveau piézométrique dans les berges.

Les situations de calcul suivantes sont considérées de manière analogue à la G2 AVP de 2018.

Situations	Niveau Loire	Niveau Berge
Niveau moyen	0,94 m NGF	+ 0,95 m NGF
Décrue de BMME	- 0,91 m NGF	+ 0,95 m NGF
Décrue de BMVE	-1,61 m NGF	+ 0,95 m NGF
Décrue de PBMA	-2,49 m NGF	+ 0,95 m NGF

Tableau 4-2 : Détail des niveaux d'eau selon la situation de calcul

Note : Le niveau Berge est pris égal au niveau maximal de la nappe relevé par Fondasol sur la période étudiée. Un rabattement de la nappe est considéré (forte perméabilité des alluvions sableuses).

4 zones de glissement différentes sont identifiées et présentées sur la figure suivante.

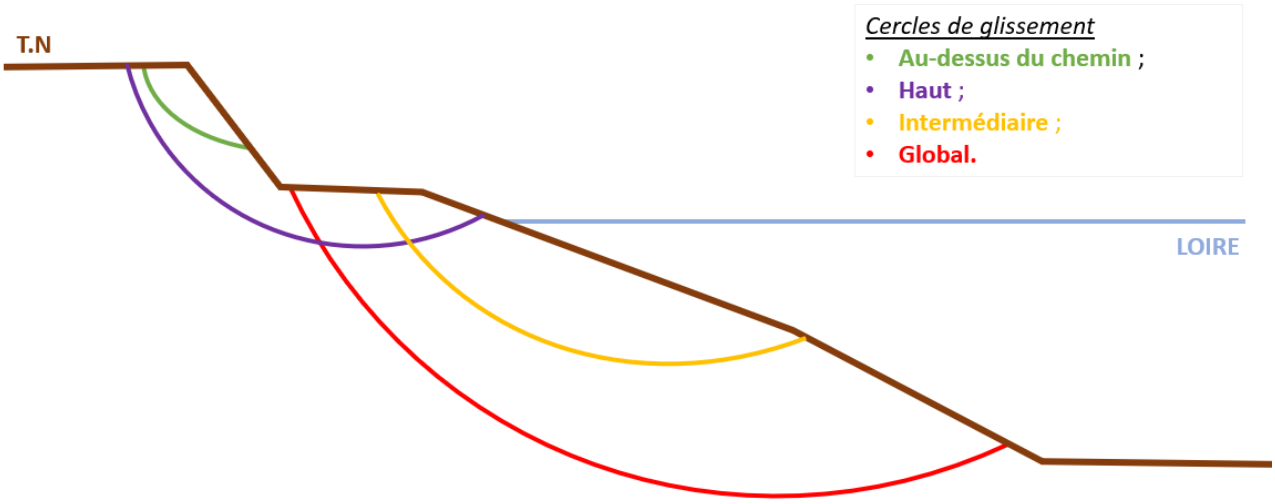


Figure 4-2 : Schéma de principe de l'étude des cercles de glissement

Les écoulements hydrauliques dans la berge sont modélisés au moyen d'un modèle SEEP. Ce modèle aux éléments finis tient compte des propriétés hydrauliques des matériaux (perméabilité) et vise à définir la ligne d'écoulement de l'eau dans la berge. Les modélisations réalisées par GINGER ne tiennent pas compte du rabattement de la nappe, ce qui parait très défavorable dans l'analyse des cercles de glissement. Nous considérons les alluvions sableuses comme perméables.

4.3.1.3 Modèle géotechnique retenu

Les propriétés retenues pour la suite de l'étude sont présentées dans le tableau suivant.

En rouge les valeurs différentes proposées par GINGER et modifiées dans le cadre de la présente étude. Ces modifications sont établies sur la base des résultats des essais en laboratoire et par retour d'expérience sur des couches similaires.

	Poids volumique (kN/m^3)	Cohésion effective c'(kPa)	Angle de frottement (°)
01 : Remblai (Blocs de granite)	18	0	40 **[35]**
Enrochements	17	0 **[2]**	40

	Poids volumique (kN/m³)	Cohésion effective c'(kPa)	Angle de frottement (°)
02 : Alluvions sableuses	17	0	31 **[30]**
03 : Alluvions sablo-argileuses	17	2	27
03 : Argile « molle » à ferme	17	5	25
04 : Micaschiste fragmenté	18	20	30

Tableau 4-3 : Paramètres géotechniques retenus

L'angle de frottement effectif des alluvions sableuses est pris égal à 31° (correspond au minimum des essais de cisaillement direct sur cet horizon).

Il apparait que la couche d'argile « molle » présente des résultats de résistance au cisaillement très hétérogènes. Ce point sera vérifié lors de la campagne de G2 PRO.

Les hypothèses sont formulées à partir de la G2-AVP. Le nombre de sondages in situ et d'essai en laboratoire apparait relativement faible compte tenu du linéaire à traiter. Seuls 3 sondages ont été réalisés entre la cale d'accès et l'extrémité est du linéaire.

4.3.1.4 Profils étudiés

Les profils étudiés sont présentés dans le tableau suivant.

Note : Les profils se basent sur les relevés topographiques et bathymétriques réalisés en 2023.

	Référence du profil	Longueur (m)	Détail	Profil en travers correspondant	Profil GINGER
Zone 1 : Chemin piéton sur gabions	**P1**	125 m	Profil représentatif de la zone 1	[P01 ; P06]	-
	P1 BIS	10 m	Profil de la zone d'éboulement sur la zone 1	[P05]	Profil 1
	P1 TER	55 m	Tronçon moins sensible au glissement	[P07, P09]	-
Zone 2 : Fort glissement	**P2**	15 m	Tronçon sujet fortement au glissement	[P10]	Profil 2
Zone 3 : Cheminement piéton fermé	**P3**	135 m	Profil représentatif de la zone 3	[P11 ; P18]	-
	P3 BIS	55 m	Profil de la zone d'éboulement sur la zone 3	[P13 ; P14]	Profil 3

Tableau 4-4 : Profils étudiés

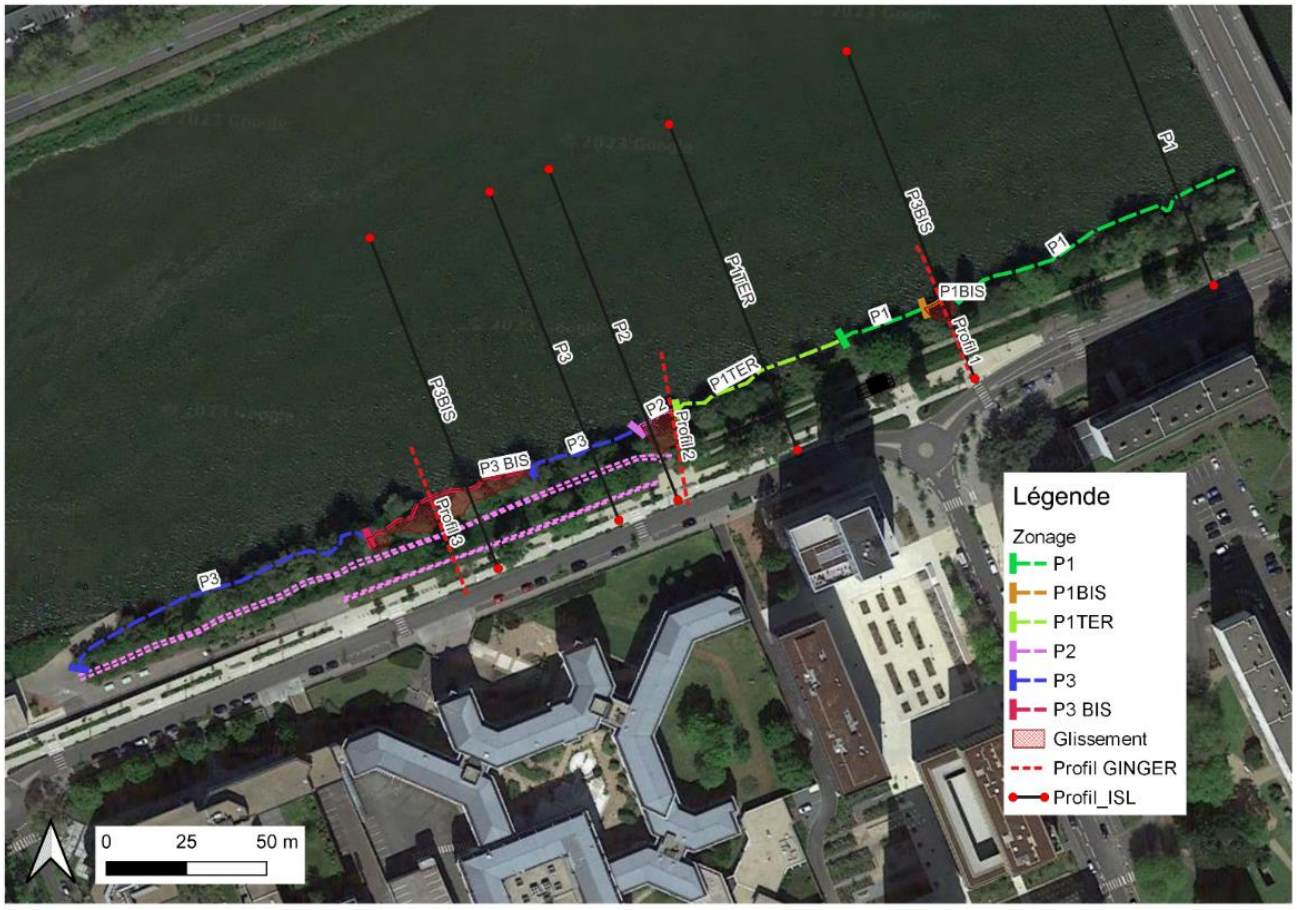


Figure 4-3 : Vue en plan des profils étudiés

4.3.2 RESULTATS ET SOLUTIONS DE CONFORTEMENT

4.3.2.1 Quai Doumergue

Le tableau suivant présente les résultats obtenus.

					Situation initiale			
					Facteur partiel de sécurité (Approche 3)			
Zone	**Profil**	**Linéaire**	**Détail**	**Situation**	**Au-dessus du chemin intermédiaire**	**Haut**	**Intermédiaire**	**Globale**
Zone 1	**P1**	**125**	Profil caractéristique du tronçon 1	NM	1,11	1,57	1,02	1,22
				BMME		1,75	0,93	1,14
				BMVE		1,75	0,93	1,12
				PBMA		1,75	0,94	1,14
	P1BIS	**10**	Profil correspondant à la zone	NM	1,11	1,08	0,9	1,09
				BMME		1,04	0,9	1,07
				BMVE		1,24	0,88	1,07

			d'éboulement du tronçon 1	PBMA		1,27	0,93	1,08
	P1TER	**55**	Profil correspondant à une topographie moins critique	NM	0,8 (Glissement de peau)	1,31	0,88	1,08
				BMME		1,31	1,01	0,99
				BMVE		1,3	1,02	0,98
				PBMA		1,31	1,08	0,94
Zone 2	**P2**	**15**	Profil correspondant à la zone d'éboulement du tronçon 2	NM	Absence de chemin intermédiaire	0,92	0,97	1,11
				BMME		0,94	0,93	0,98
				BMVE		0,95	0,94	0,96
				PBMA		0,96	0,94	0,95
Zone 3	**P3**	**135**	Profil caractéristique du tronçon 3	NM	0,88 (Glissement de peau)	-	0,94	1,21
				BMME		-	0,91	1,06
				BMVE		-	0,95	1,02
				PBMA		-	0,99	0,99
	P3BIS	**55**	Profil glissé sur le tronçon 3	NM	1,19	-	1,11	1,35
				BMME	1,2	-	1,15	1,21
				BMVE	1,19	-	1,14	1,16
				PBMA	1,2	-	1,11	1,12

Tableau 4-5 : Synthèse des résultats de calcul de stabilité (Source : Annexe_G2AVP)

L'étude de la stabilité générale a démontré la nécessité de conforter les berges sur la totalité du linéaire. Les solutions de confortement étudiées devront notamment :

- Permettre de fiabiliser le talus au regard des glissements ;
- Assurer une mise en œuvre compatible avec les problématiques liées au marnage de la Loire et à sa vitesse d'écoulement ;
- Assurer la continuité d'exploitation en crête pendant la phase travaux ;
- Préserver au maximum la végétation dense.

Le programme de travaux prévoit ainsi :

- La mise en œuvre d'un rideau de palplanches (PU22) pour les zones 1 et 2 avec un rechargement en enrochements (60-300 kg) ;
- Une recharge en enrochements (60-300 kg) pour la zone 3.

Le maintien ou non du chemin a été étudié au regard de la stabilité de la berge. Les dispositions constructives induites par le maintien du chemin n'ont que très peu d'effet sur la stabilité de la berge.

Le détail des études de stabilité est présenté en annexe G2AVP.

Note : *Les enrochements ont été dimensionnés pour une berge de 2,50H/1V sujet à des courants maritimes (fluviaux) à une vitesse de 2,5 m/s (Formule de Isbach).*

Les palplanches ont été dimensionnées en considérant une épaisseur de corrosion de 3,50 mm à 100 ans de part et d'autre du rideau. Cette hypothèse vise à prendre en considération la salinité de la Loire au niveau du quai.

4.3.2.2 Allongement de la cale

D'après le dernier levé topographique, le pied de la cale a été identifié à -1,44 m NGF. **Cette donnée devra être validée par Nantes Métropole car elle est très éloignée de la valeur utilisée dans l'AVP de 2018 (+1,00 m NGF).**

Les hypothèses de calcul pour la cale retenues sont les suivantes :

- Cote en tête : 3,84 m NGF ;
- Cote en pied : -2,30 m NGF ;
- Longueur : 55 m ;
- Pente maximale : 12%.

En première approche, il a été considéré une solution par éléments préfabriqués pour s'affranchir des contraintes liées à la mise en œuvre de béton en contexte fluvial.

Les principes généraux de construction envisagés sont les suivants :

- Deux rideaux de palplanches périphériques (PU22) dans la continuité des rideaux existants ;
- Deux rideaux de palplanches latéraux (PU22) aux extrémités ;
- Des connecteurs soudés aux rideaux ;
- Des dalles préfabriquées clavetées sur les connecteurs précédents ;
- Des poutres de couronnement coulées.

4.3.2.3 Zone 5 - Défaut de butée au droit du rideau existant

Un diagnostic a été réalisé par GINGER sur le rideau de palplanches existants. La principale conclusion est le fait que la géométrie de l'écran ne peut pas être définie avec les mesures d'impédances réalisées.

En absence de cette donnée fondamentale pour le calcul, nous n'avons pas pu vérifier la stabilité interne du rideau. Néanmoins aucun basculement ni même dégradation quelconque n'a été observé. Nous proposons de reconstituer la butée initiale en enrochements.

Il est envisagé de réemployer les enrochements de décapage qui semblent être similaire à ceux déjà présents dans cette zone (point à vérifier par la suite).

4.4 PRINCIPAUX ALEAS GEOTECHNIQUE

Suite à la réalisation des calculs et l'analyse des données géotechniques existantes certains aléas géotechniques majeurs demeurent :

- 1/ la configuration géotechnique au droit du futur rideau de soutènement doit être mieux définie pour vérifier que la fiche nécessaire est envisageable et s'affranchir du risque de refus de battage en phase travaux ;
- 2/ les essais de cisaillement dans la couche d'argile ne sont pas assez représentatifs. Ces paramètres étant prédominant pour la stabilité des profils de la zone 3, des essais supplémentaires sont nécessaire.

Un programme de reconnaissances complémentaires a été transmis à Nantes Métropole (23F121_RA1_Programme de reconnaissances).

5 SYNTHESE DES DIFFERENTS ZONAGES ET ENJEUX ASSOCIES

Le tableau suivant présente la synthèse des enjeux liés aux espèces protégées, à l'exploitation et à la stabilité des berges.

	Espèces protégées	Usages / Exploitations	Stabilité (Glissement et érosion)	
			Observations structurelles	Résultat de l'analyse de stabilité – état initial
P1	Présence d'Angélique des estuaires et de Scirpe	• Chemin piéton intermédiaire • Chemin piéton en crête	• Erosion et déstructuration des enrochements de protection • Pas de glissement identifié	• Stabilité non acquise talus intermédiaire
P1BIS	Habitat potentiel d'Angélique des estuaires dans la zone glissée	• Chemin piéton intermédiaire • Chemin piéton en crête	• Erosion et déstructuration des enrochements de protection • Glissement depuis le chemin piéton intermédiaire de la berge	• Stabilité non acquise : talus haut, intermédiaire et global
P1TER	Présence d'Angélique des estuaires	• Chemin piéton intermédiaire • Rampe de remontée • Chemin piéton en crête	• Erosion et déstructuration des enrochements de protection • Pas de glissement identifié • Erosion et déstructuration de la protection de la berge mais aucun phénomène de glissement identifié	• Stabilité non acquise : intermédiaire et global
P2	Habitat potentiel d'Angélique des estuaires	• Chemin piéton en crête	• Erosion et déstructuration des enrochements de protection • Glissement sur l'intégralité de la berge survenu en 2020	• Stabilité non acquise : haut, intermédiaire et global
P3	Présence d'Angélique des estuaires et de Scirpe	• Chemin piéton intermédiaire fermé • Chemin piéton en crête	• Erosion et déstructuration des enrochements de protection • Pas de glissement identifié	• Stabilité non acquise : haut, intermédiaire et global
P3BIS	Habitat potentiel d'Angélique des estuaires	• Chemin piéton fermé au public • Chemin piéton en crête	• Erosion et déstructuration des enrochements de protection • Glissement de la berge depuis le chemin piéton intermédiaire en 2018	• Stabilité non acquise global
Zone 4	Présence d'Angélique des estuaires et de Scirpe Triquètre	• Mise à l'eau / Prolongement de la cale	-	

	Espèces protégées	Usages / Exploitations	Stabilité (Glissement et érosion)	
			Observations structurelles	Résultat de l'analyse de stabilité – état initial
Zone 5	Présence de Scirpe Triquètre	• Chemin piéton et piste cyclable	• Défaut de butée	

Tableau 5-1 : Synthèse des enjeux identifiés par diagnostic visuel

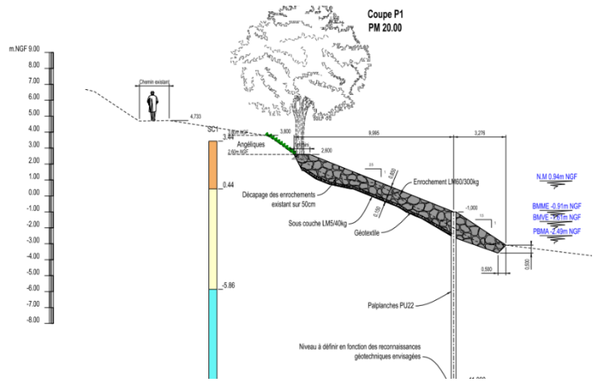
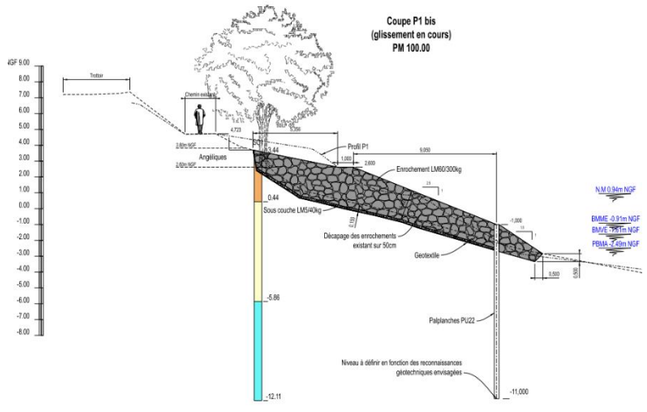
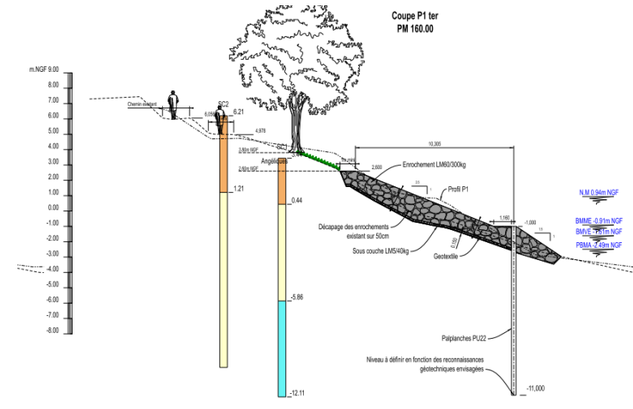
Note : La stabilité des berges a été appréciée dans le cadre des études présentées en Annexe 1. Deux niveaux de risque ont été définis à partir des résultats des études de stabilité. Le niveau de risque 1 caractérise les tronçons dont le FS est largement inférieur au facteur exigé. (FS << 1). Le niveau de risque 2 traite des tronçons dont le FS est proche de 1.

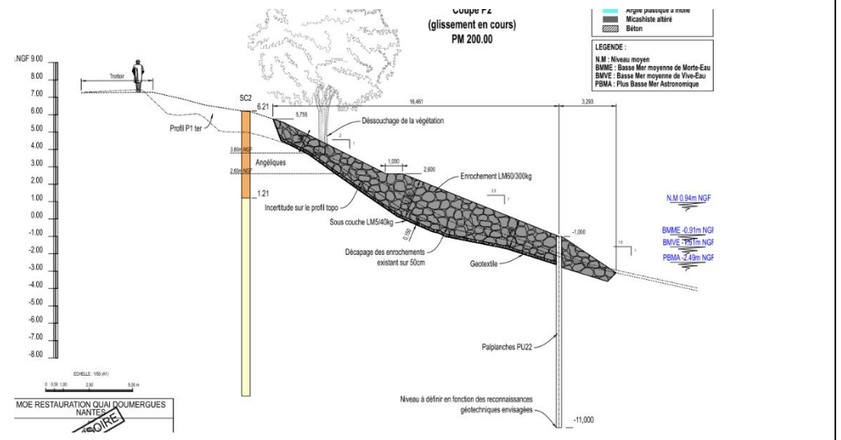
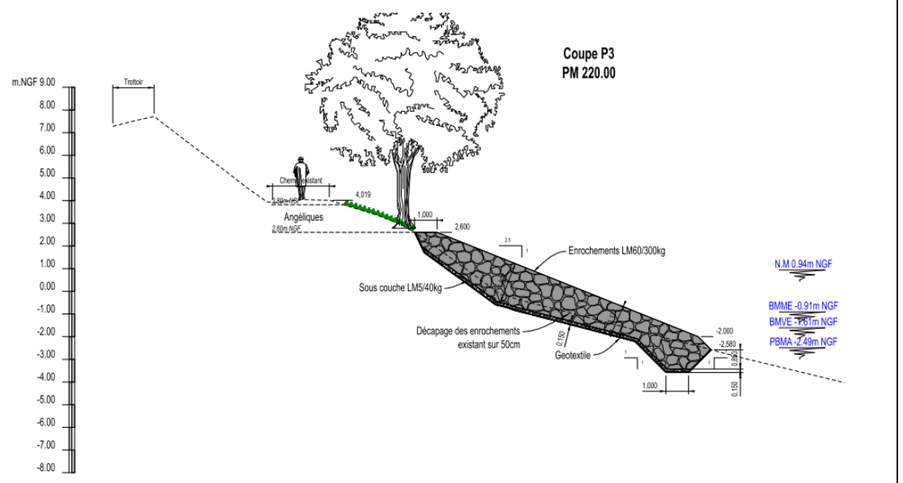
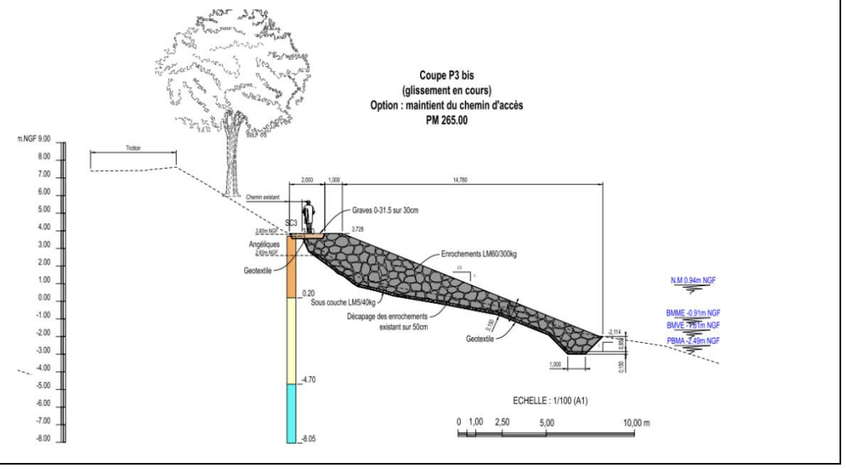
L'analyse de la stabilité permet d'affirmer que l'ensemble des tronçons du quai Doumergue ne satisfait pas les exigences réglementaires de l'Eurocode 7.

La présence d'espèces protégées n'est pas uniformément répartie sur le linéaire. Aucune espèce n'a été identifiée sur les tronçons qui ont glissés par le passé. Il est rappelé que la destruction d'un habitat d'une espèce protégé ou des individus induit la mise en place de mesure de compensation.

6 PROGRAMME DE TRAVAUX RETENU PAR ZONE

Le tableau suivant présente le programme de travaux pour chaque zone identifiée.

	Référence du profil	Longueur (m)	Analyse des désordres et enjeux	Confortement envisagé	Coupe type du profil conforté
Zone 1 : Chemin piéton sur gabions	**P1**	PM 0 – 135 125 m	• Glissement dans les alluvions sableuses ; • Risque d'érosion externe (affouillement) • Préservation de l'Angélique au-dessus de la zone de marnage Aspect règlementaire : **Eviter la zone à espèces protégées**	• Rideau de palplanches PU 22 à partir de -1,00 m NGF ancré dans la couche argileuse raide , 10 m de profondeur ; • Rechargement en enrochements (60-300 kg) jusqu'à la cote +2,60 m NGF (Vitesse de courant : 2,50 m/s) • Couche de transition en enrochements 5-40 kg • Géotextile de filtration	
	P1 BIS	10 m	• Glissement dans les alluvions sableuses ; • Risque d'érosion externe (affouillement) • Zone déjà glissée par le passé Aspect règlementaire : **Aucune espèce n'a été identifiée lors du relevé. Toutefois, la recharge est située dans une zone d'habitat potentiel. La solution de confortement intègre une risberme dans l'intervalle propice à sa prolifération.**	• Rideau de palplanches PU 22 à partir de -1,00 m NGF ancré dans la couche argileuse raide , 10 m de profondeur ; • Rechargement en enrochements (60 -300 kg) jusqu'à la cote +3,80 m NGF (Vitesse de courant : 2,50 m/s) • Couche de transition en enrochements 5-40 kg • Géotextile de filtration	
	P1 TER	55 m	• Glissement dans les alluvions sableuses ; • Risque d'érosion externe (affouillement) • Préservation de l'Angélique au-dessus de la zone de marnage Aspect règlementaire : **Eviter la zone à espèces protégées**	• Rideau de palplanches PU 22 à partir de -1,00 m NGF ancré dans la couche argileuse raide , 10 m de profondeur ; • Rechargement en enrochements (60-300 kg) jusqu'à la cote +2,60 m NGF • Couche de transition en enrochements 5-40 kg • Géotextile de filtration	

	Référence du profil	Longueur (m)	Analyse des désordres et enjeux	Confortement envisagé	Coupe type du profil conforté
Zone 2 : Fort glissement	**P2**	15 m	• Zone déjà glissée ; • Glissement dans les alluvions sableuses ; • Maintien des usages en crête. Aspect règlementaire : **Aucune espèce n'a été identifiée lors du relevé. Toutefois, la recharge est située dans une zone d'habitat potentiel. La solution de confortement intègre une risberme dans l'intervalle propice à sa prolifération.**	• Rideau de palplanches PU 22 à partir de -1,00 m NGF ancré dans la couche argileuse raide , 10 m de profondeur ; • Rechargement en enrochements (60 -300 kg) jusqu'à la partie haute de la berge (+5,75 m NGF) (Vitesse de courant : 2,50 m/s) • Couche de transition en enrochements 5-40 kg • Géotextile de filtration	
Zone 3 : Cheminement piéton fermé	**P3**	135 m	• Maintien des usages liés au chemin ; • Préservation de l'Angélique au-dessus de la zone de marnage ; • Glissement dans les alluvions sableuses ; • Glissement de peau en partie haute. Aspect règlementaire : **Eviter la zone à espèces protégées**	• Rechargement en enrochements (60 -300 kg) jusqu'à la cote supérieure du marnage +2,60 m NGF ; • Bèche à -2,00 m NGF ; • Reprofilage ponctuel en partie haute (min 1,70H/1V) sur 20 m (PM220-240)	
	P3 BIS	55 m	• Maintien des usages liés au chemin ; • Glissement dans les alluvions sableuses. Aspect règlementaire : **Aucune espèce n'a été identifiée lors du relevé. Toutefois, la recharge est située dans une zone d'habitat potentiel. La solution de confortement intègre une risberme dans l'intervalle propice à sa prolifération.**	• Rechargement en enrochements (60 -300 kg) jusqu'au chemin +3,70 m NGF ; • Bèche à -2,00 m NGF.	

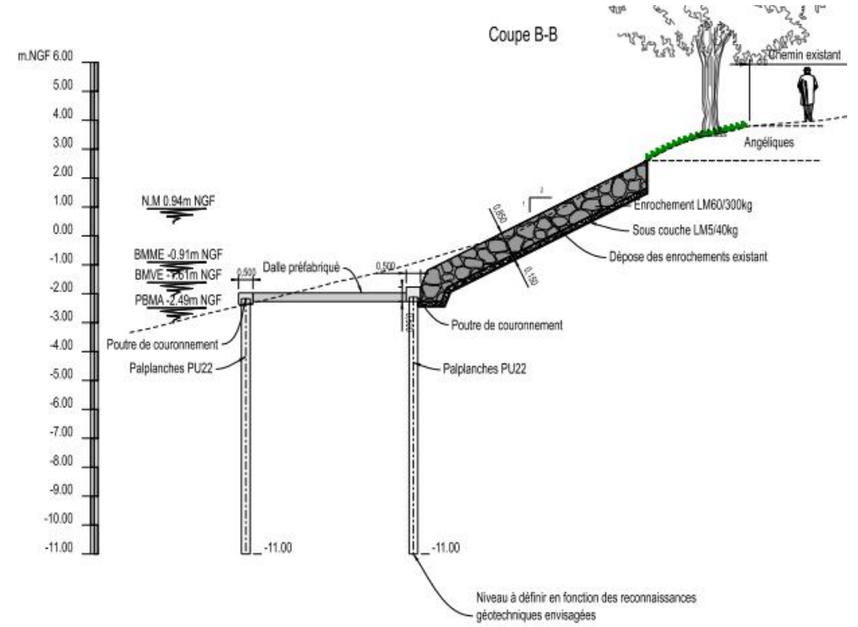
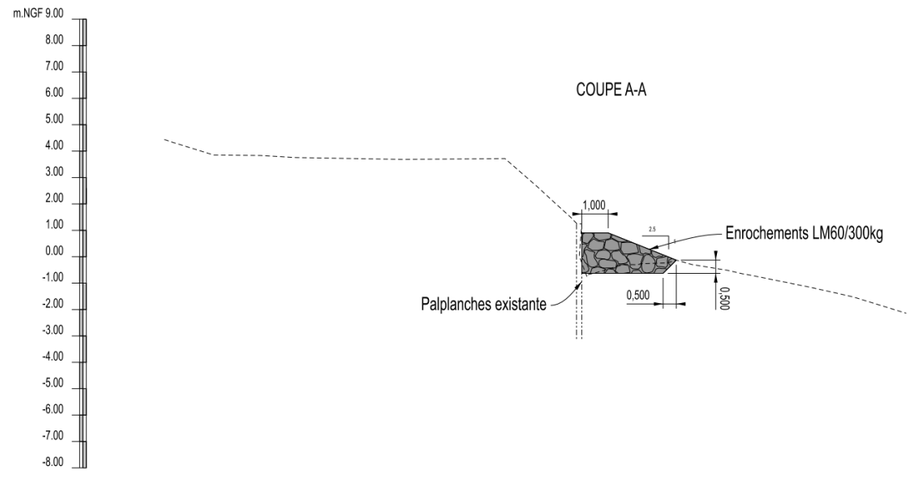
	Référence du profil	Longueur (m)	Analyse des désordres et enjeux	Confortement envisagé	Coupe type du profil conforté
Zone 4 : Cale d'accès	**Cale**	-	• Allongement de la cale jusqu'à -2,30 m NGF (soit de 7,65 m) ; • Présence de Scirpe triquètre en densité moyenne ; Aspect réglementaire : **Eviter la zone à espèces protégées**	• Caisson en rideau de palplanches (PU22) ancré dans les horizons argileux (7,7 x 5,80) ; • Dalles préfabriquées en usine clavetées sur le rideau via des connecteurs (30 cm) ; • Poutre de couronnement en tête de palplanches.	
Zone 5 : Défaut de butée sur le rideau existant	**Rideau existant**	50 m	• Défaut de butée ; • Risque d'affouillement en pied de rideau ; Aspect réglementaire : **Eviter la zone à espèces protégées**	• Rechargement en enrochements avec les enrochements du décapage du quai Doumergue (80-200 kg) *Note : Le réemploi des enrochements du quai Doumergue peut être envisagé dans la mesure où une sélection des blocs est réalisée.*	

Tableau 6-1 : Détail du programme des travaux

Note : Un élagage et abatage sélectif des arbres est à prévoir. Le plan intitulé *23F121_AVP_001A* précise l'emprise des zones à élaguer et arbres à abattre.

7 CONTRAINTES DE REALISATION DES TRAVAUX

7.1 TRAVAUX PREPARATOIRE ET ACCES

En révision A, l'implantation de la base vie est envisagée au niveau de la rampe qui permet l'accès à la cale de mise à l'eau. Cet emplacement constitue actuellement un lieu de passage et d'usage fréquenté. Il conviendra d'établir un système de déviation des usagers.

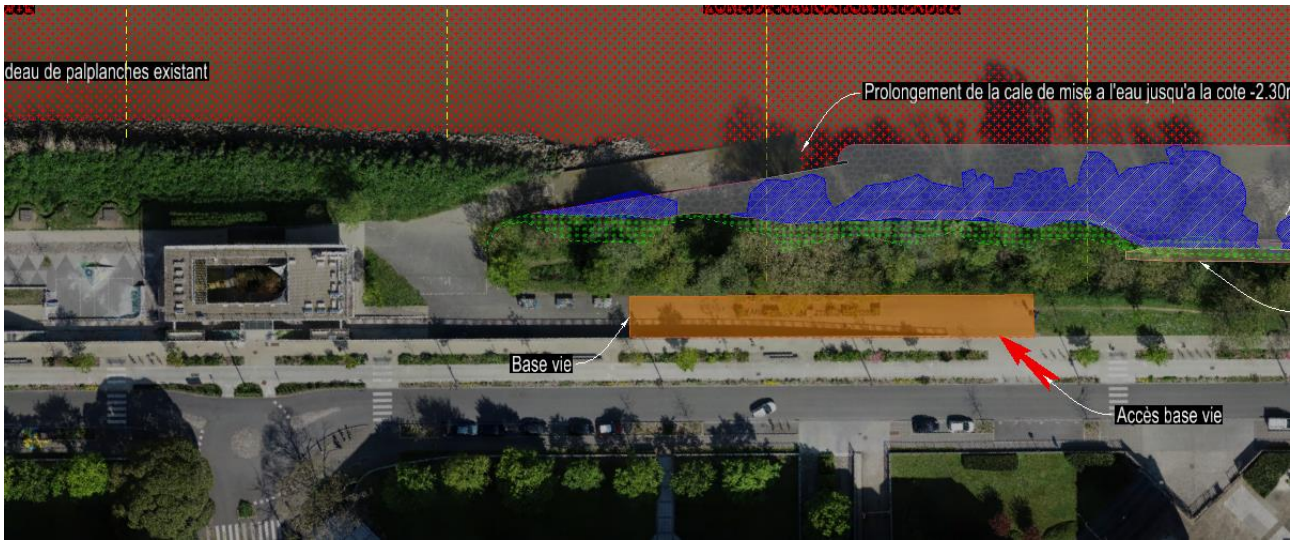


Figure 7-1 : Implantation de la base vie

L'implantation de la base vie est envisagée au-dessus de la cote 5 m NGF pour qu'elle soit au-dessus d'une crue de période de retour 10 ans. L'accès pour se rendre à la cale d'accès est relativement étroit (de 5,0 m).

Suite à la présentation de la révision A, cette implantation ne semble pas convenir. Il conviendra de trouver un autre espace à proximité pour installer la base vie.

Aucune zone de stockage particulière n'est envisagée sur site par manque de place et pour éviter la nuisance de l'approvisionnement par camion dans la ville de Nantes. Les enrochements ainsi que les palplanches devront impérativement être chargé en dehors de la zone de travaux avec un acheminement par la Loire.

La cale d'accès San Francisco (gérée par VNF) située à proximité de la chaufferie Malakoff est envisagée. VNF possède également un quai de chargement an amont de la cale San Francisco (en rive gauche de la Loire) qui permettrait de charger et décharger facilement et en dehors des zones urbaines.

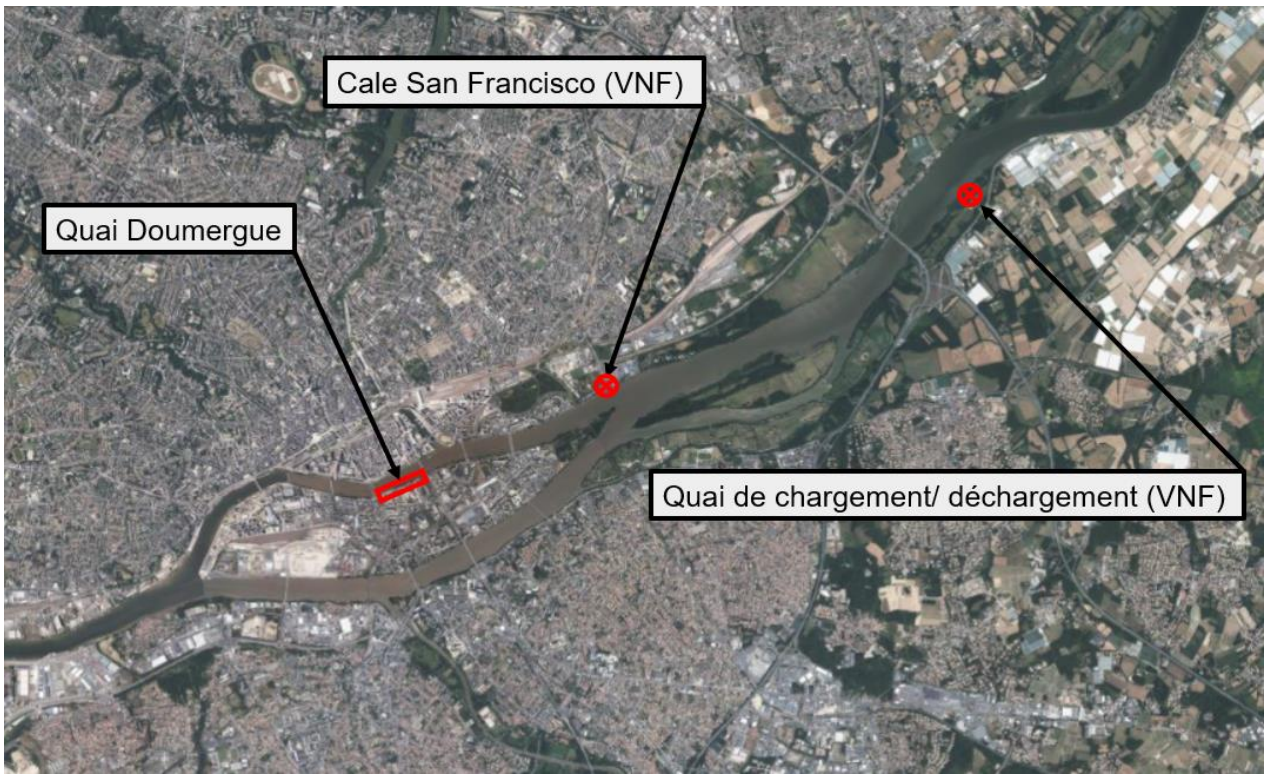


Figure 7-2 : Accès envisagés à proximité de la zone de travail pour acheminer les matériaux

7.2 ENJEU MARITIME ET FLUVIAL

7.2.1 FLUVIAL

La Loire à Nantes est sous l'influence de la marée. Ainsi, son niveau varie en fonction des cycles de marée, de l'amplitude et de l'apport du débit de la Loire. Il conviendra alors de prendre en considération pour la phase travaux les fluctuations du niveau de la Loire.

Ci-dessous, la synthèse de l'analyse des mesures en continu de hauteur d'eau de la Loire sur les années 2004, 2005 et de 2005 menée par SCE.

Conditions	Hauteur d'eau	
	m NGF	m CM
Crue centennale	6.40	**9.56**
Crue vicennale	5.35	8.51
Crue décennale	4.80	7.96
Crue annuelle	4.05	7.21
H 1%	3.59	**6.75**
H 5%	3.14	**6.30**
H 95%	-1.40	**1.76**
H 99 %	-1.95	**1.21**
Plus Basse Mer connue	-3,16	**0**

Tableau 7-1 : Synthèse hauteur de la Loire, SCE (2018)

7.2.2 MARITIME

Les niveaux de référence à Nantes sont donnés :

	Niveau marin (CM)	Niveau marin (NGF)
Port de référence de Nantes (ZH/Ref : -3,159)		
PHMA Plus Hautes Marées Astronomiques	7,31	4,15
PMVE Pleine Mer Moyenne de Vives Eaux	6,55	3,39
PMME Pleine Mer Moyenne de Mortes Eaux	5,25	2,09
NM Niveau Moyen	4,10	0,94
BMME Basse Mer Moyenne de Mortes Eaux	2,25	-0,91
BMVE Basse Mer Moyenne de Vives Eaux	1,55	-1,61
PBMA Plus Basses Marées Astronomiques	0,74	-2,49

Tableau 7-2 : Niveaux marins de référence (Source : RAM)

Le phasage des travaux devra tenir compte des contraintes liées à la marée. Les moyens matériels envisagés viseront à réduire l'influence de la marée.

7.2.3 VITESSE D'ECOULEMENT

Lors de la phase travaux, la vitesse d'écoulement de la Loire exerce une influence sur la mise en œuvre des enrochements et des palplanches. L'intervention par voie nautique est d'autant plus sujette à cette contrainte. Dans le cadre de ce type travaux (sujet à des vitesses d'écoulement assez fortes), il est commun de mettre en place des pieux (provisoires ou pas) pour permettre l'amarrage de la barge et garantir la stabilité de la plateforme de travail.

L'AVP de SCE présente les débits caractéristiques de crue à Montjean selon la période de retour.

Période de retour (année)	Fréquence de dépassement	Débit (m3/s)
2	50%	3200
5	20%	4400
10	10%	5300
20	5%	6100
50	2%	7100

Tableau 7-3 : Débits caractéristiques de la Loire (SCE, 2018)

Note : SCE indique que le niveau d'eau du nouveau pont de franchissement du bras de la Madeleine associe à une crue de 5400 m^3/s une vitesse de courant de 1,7 m/s.

L'amarrage de la barge permet de s'affranchir des contraintes liées à la vitesse d'écoulement de la Loire.

7.2.4 NAVIGATION

La Loire fait partie du domaine Public Fluvial. La navigation sur la Loire est régie par l'arrêté inter-préfectoral portant sur le règlement particulier de police et de navigation intérieure sur l'itinéraire Loire du 5 septembre 2014.

A ce stade, l'occupation du Domaine Public Fluvial est envisagée entre les piles des deux ponts bordant la zone du projet. La trajectoire du Loire Princesse devra être étudiée pour s'assurer de compatibilité de la zone travaux et du passage du bateau.

La navigation sur la Loire devra être maintenue durant la période de travaux.

7.3 CONTRAINTES ENVIRONNEMENTALES

7.3.1 ELAGAGE

Pour la mise en œuvre des enrochements sur la partie haute un élagage est nécessaire sur une surface estimée à environ 2300 m².

Tous les arbres situés en dehors de la zone de travaux sont conservés dans la mesure où ils ne présentent pas un risque pour la sécurité du site. Le principe de traitement de la végétation est présenté sur la figure suivante. Elle traite notamment la végétation du tronçon P3BIS.

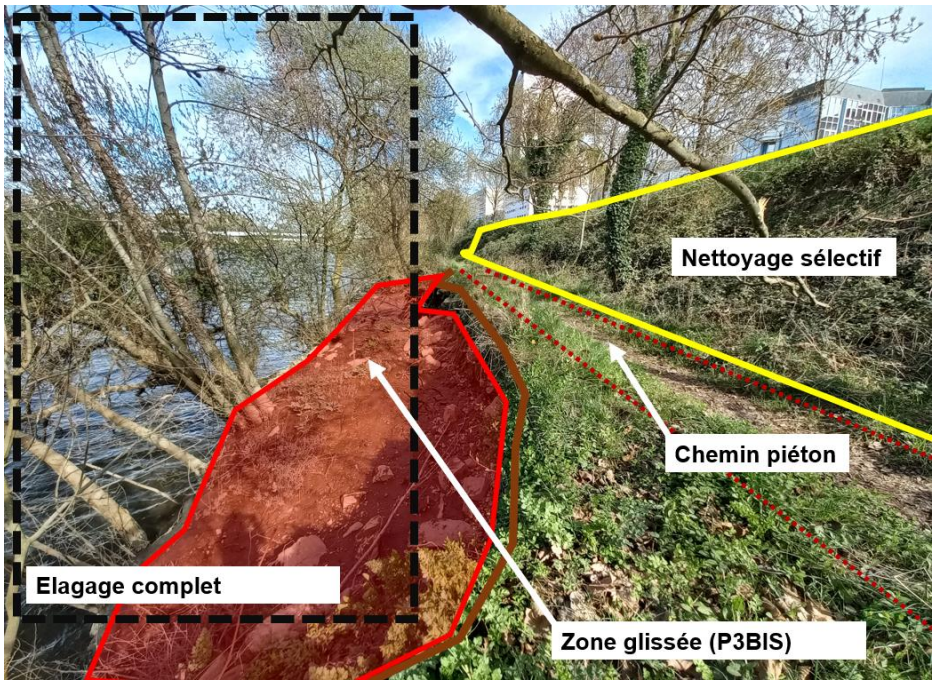


Figure 7-3 : Schéma de l'élagage sur le secteur P3BIS

Il est rappelé que l'intervention par voie nautique permet de se limiter à un traitement de la végétation uniquement dans l'emprise des travaux tout en respectant la biodiversité en place et les espèces protégées. Au-delà de l'élagage prévu pour permettre les travaux, il est possible de traiter la végétation invasive afin par exemple de redonner son usage au chemin piéton sur le secteur 3.

7.3.2 ESPECES PROTEGEES

L'annexe 2 de cadrage réglementaire présente en détail les enjeux environnementaux de la zone de travail.

7.4 CADRE REGLEMENTAIRE

7.4.1 LOI SUR L'EAU

- Article R214-1 du CE, les travaux de restauration de la berge mobilisent la rubrique 3.1.4.0 avec une autorisation environnementale ;
- Article R214-1 du CE, les travaux de modification de la cale d'accès mobilisent la rubrique 3.1.2.0 avec une déclaration ;
- Article R122-2 du CE, les travaux de restauration de la berge rentrent dans le cadre de l'examen au cas par cas au titre de la rubrique n°10.

7.4.2 ZONE NATURA 2000

- Article R414-21 du CE, une évaluation d'incidences NATURA 2000, est nécessaire, la zone des travaux étant inscrite dans le périmètre NATURA 2000 et le projet étant à minima en procédure de déclaration (cale)

7.4.3 ESPECES PROTEGEES

- Article R411-6 du CE, la présence d'espèces protégées au droit des travaux nécessite la mise en œuvre d'un dossier de dérogation aux espèces protégées.

Toutefois, il est rappelé que les solutions proposées précédemment visent à EVITER l'intervention dans des zones où la présence d'individu protégée est avérée. (Zone 1, 1TER et 3). Le confortement des zones 1BIS, 2 et 3BIS nécessitera une intervention des zones dites d'habitat potentiel.

La figure suivante présente la synthèse de la gestion des espèces protégées.

	Zone d'Habitat du Scirpe Triquètre dans la zone de travaux	Zone d'Habitat de l'Angélique des Estuaires dans la zone de travaux	Stratégie ERC
P1	OUI	NON	**Eviter (Mise en place de banquette)**
P1BIS	OUI	OUI	**Compenser (Mise en place de banquette)**
P1TER	OUI	NON	**Eviter (Mise en place de banquette)**
P2	OUI	OUI	**Compenser (Mise en place de banquette)**
P3	OUI	OUI	**Compenser (Mise en place de banquette)**
P3BIS	OUI	OUI	**Eviter (Mise en place de banquette)**
Zone 4	NON	NON	**Eviter**
Zone 5	NON	NON	**Eviter**

Tableau 7-4 : Synthèse du cadre règlementaire par zone

Le tableau suivant présente les mesures prises pour chaque espèce vis-à-vis des individus et de leurs habitats.

	Angélique des Estuaires	Scirpes Triquètre
Habitat	• Compensation par mise en place de banquette selon les profils ; • Positionnement optimal ; • Zone de réimplantation ; • Végétation ouverte	• Remise en l'état de l'habitat (résilience du milieu)
Individus	• Repérage des individus avant travaux (piquetage) ; • Prélèvement des individus en zone de travaux pour réimplantation au niveau des banquettes	• Repérage des individus avant travaux (piquetage) ;

	Angélique des Estuaires	Scirpes Triquètre
		• Prélèvement des individus en zone de travaux pour réimplantation à l'est du site sur tronçon sans travaux à proximité des zones de fortes densités.

Tableau 7-5 : Mesures prises pour les 2 espèces

A l'échelle de l'ensemble du linéaire, les incidences sont définies dans le tableau suivant.

	Angélique des Estuaires	Scirpes Triquètre
Surface d'habitat préservé	650 m²	Perturbation de l'intégralité des habitats à Scirpe en pied de berge
Surface d'habitat détruit	110 m²	
Nombre d'individus préservés	101	
Nombre d'individus impactés	2	
Surface de banquette après travaux	475 m²	

Tableau 7-6 : Incidence des travaux sur les espèces

8 METHODOLOGIE DE REALISATION DES TRAVAUX

8.1 ELAGAGE ET ABATTAGE SELECTIF

Dans le cadre du programme de travaux, une opération d'élagage et d'abattage sélectif sera réalisée par voie nautique ou par la berge selon le cas.

Les opérations seront réalisées manuellement depuis la barge. La barge pourra être équipée d'un grapin forestier pour assurer la manutention des découpes.

Les coupes seront évacuées par voie nautique.

8.2 MISE EN ŒUVRE DU RIDEAU DE PALPLANCHES

Une barge flottante est à prévoir sur laquelle un atelier de battage de palplanches sera disposé.

Comme indiqué auparavant, l'approvisionnement des matériaux sera réalisé uniquement par barge. La figure suivante précise les niveaux et durées de marée à Nantes selon les coefficients de marée.

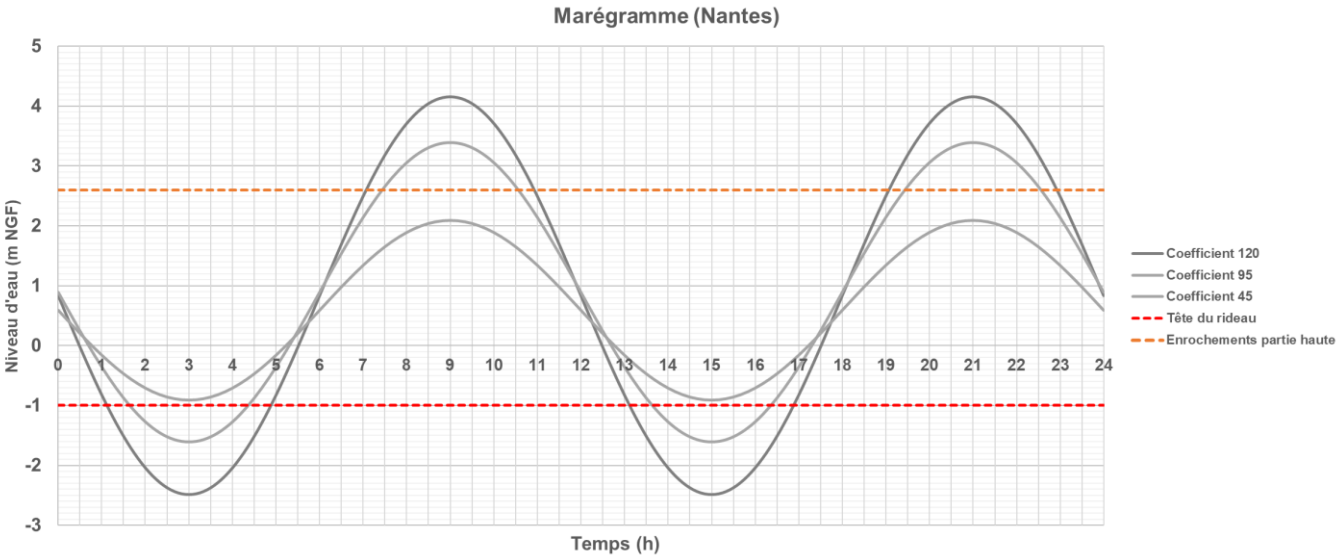


Tableau 8-1 : Marégramme à Nantes

Il s'agit d'un marégramme simplifié qui ne tient pas compte de l'effet du déphasage sur le flot/jusant (estuaires) et de l'apport du fleuve. Ce marégramme sera affiné au PRO.

Les travaux pourront être ralentis lors de la décrue des périodes de forts coefficients. Il conviendra alors de s'assurer que le niveau de la Loire, le tirant d'eau de la barge et la flèche de la grue sont compatibles avec la distance entre la zone de travail et la barge. La figure ci-dessous présente cette configuration.

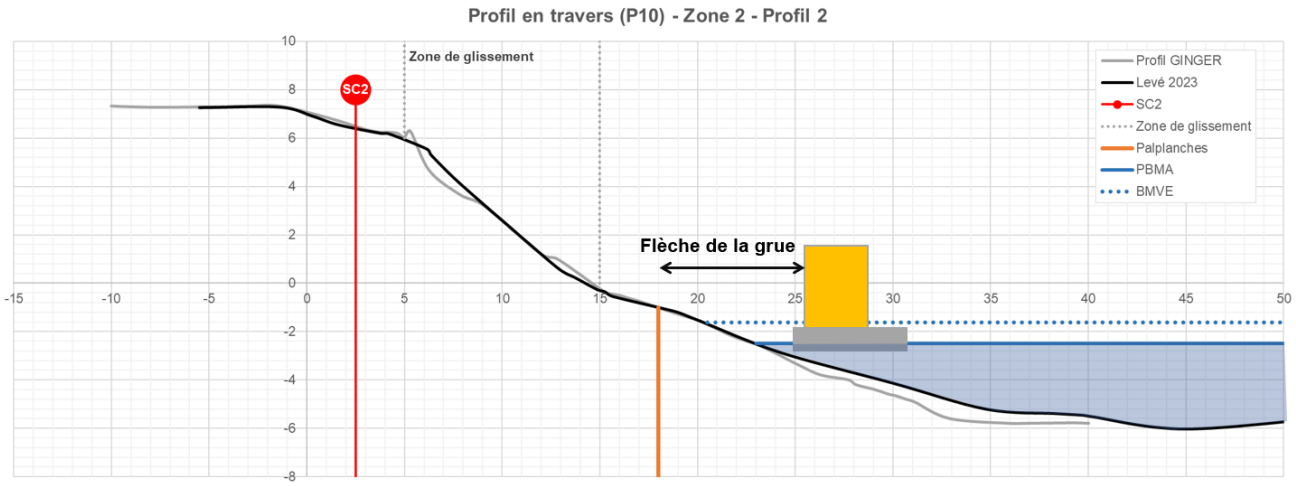


Figure 8-1 : Profil en travers de la berge

Le phasage de réalisation du rideau de soutènement est le suivant :

- 1/ Implantation de l'axe du rideau de palplanches ;
- 2/ Purge des enrochements sous l'axe du rideau (pelle sur atelier flottant ou pelle sur flotteur);
- 3/ Installation d'un guide de battage sur des pieux ;
- 4/ Mise en fiche du rideau ;
- 5/ Battage du rideau de palplanches (battage en eau) ;
- 6/ Recépage par plongeurs.

Les photographies ci-dessous illustrent les ateliers envisagés pour la phase 2 à gauche et pour les phases 3/4/5 à droite.



Figure 8-2 : Exemple d'opérations de purge et de battage par voie nautique (Digue des Alliés, MOE ISL 2018)

8.3 MISE EN ŒUVRE DES ENROCHEMENTS

La méthodologie de mise en œuvre des enrochements est la suivante :

- 1/ Décapage, évacuation et stockage des enrochements existants ;
- 2 / Mise en place du géotextile manuellement jusqu'à la cote -1 m NGF (à voir si un lestage est envisageable pour augmenter la surface de ce dernier) ;

- 3/ Mise en place du matériau de transition 5-40 kg ;
- 4/ Mise en place de la carapace d'enrochements bien agencés.

Ces opérations sont réalisées depuis un atelier nautique. Les enrochements sont transportés par barge puis déplacés par une grue. La photographie suivante présente la mise en œuvre d'enrochements par voie nautique.

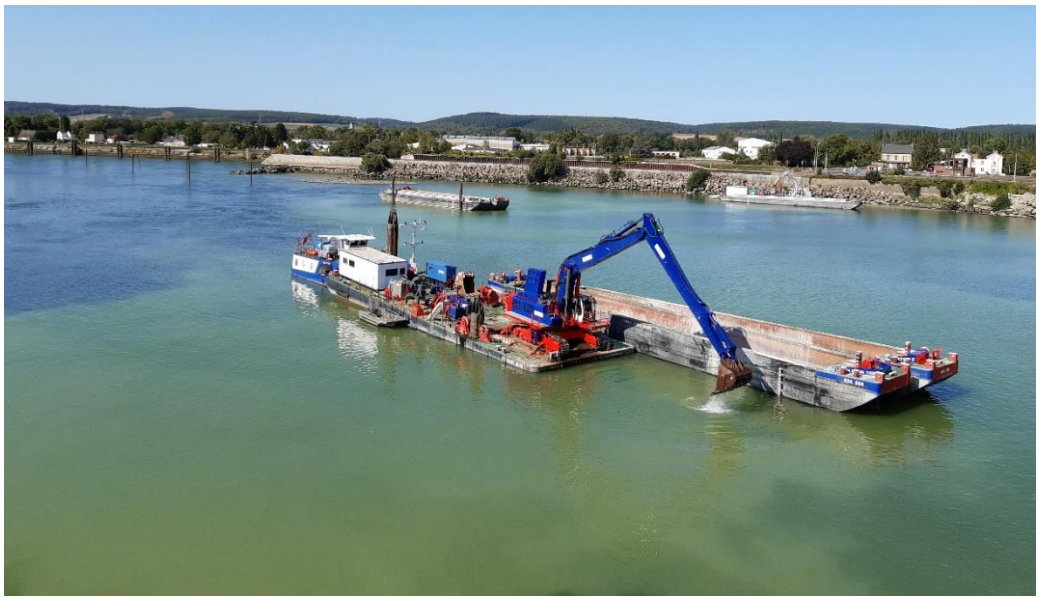


Figure 8-3 : Mise en œuvre d'enrochements par voie nautique (Barrage de Poses, MOE ISL 2020)

8.4 ALLONGEMENT DE LA CALE

Les mêmes moyens sont envisagés pour l'allongement de cale de mise à l'eau.

Une fois les palplanches mises en place, il convient de :

- Souder des connecteurs en acier sur les palplanches ;
- Claveter des dalles préfabriquées sur les rideaux ;
- Receper et réaliser une poutre de couronnement.

Structurellement, les charges d'exploitation (liées à la mise à l'eau) et le poids propre de la dalle sont transférés aux palplanches par l'intermédiaire des connecteurs. Les palpalnches sont sollicitées verticalement en compression (reprise de l'effort normal) et horizontalement du fait de la poussée des terres. La structure interne de la dalle sera vérifiée en phase PRO.

Dans ce contexte, le défaut de portance du sol présent sous la dalle ne constitue pas un état de rupture à vérifier. En phase PRO, il conviendra de s'assurer de vérifier la portance (GEO) du rideau de palplanches qui sera ancré dans les horizons raides.

Ces opérations pourront être réalisées principalement à la marée.

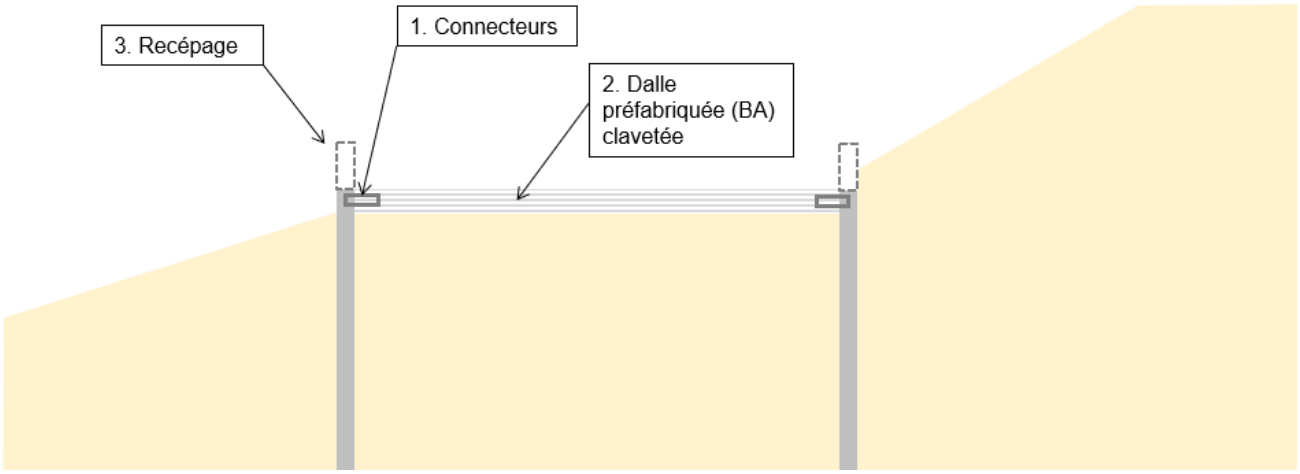


Figure 8-4 : Principe de réalisation de la dalle de la cale

8.5 AJOUT DES ENROCHEMENTS EN ZONE 5

Les mêmes moyens sont envisagés pour la mise en œuvre des enrochements sur le rideau de palplanches actuels.

9 PHASAGE ET PLANNING DES TRAVAUX

9.1 ORGANSATION ET DEROULEMENT DES TRAVAUX

9.1.1 METHODOLOGIE GENERALE

Sur l'ensemble du linéaire, il est envisagé une intervention uniquement par voie nautique. Cette méthodologie vise à réduire l'influence des travaux sur la végétation et plus précisément sur les espèces protégées.

9.1.2 MOYENS MATERIELS ET TECHNIQUES

Il est ainsi prévu :

- Un atelier nautique de battage des palplanches ;
- Une pelle sur flotteur pour réaliser la purge ;
- Un atelier nautique de mise en œuvre d'enrochements ;
- Une barge en charge de l'acheminement des matériaux de la zone d'embarquement jusqu'à la zone de travaux.

9.1.3 ORGANISATION DU CHANTIER

La figure suivante présente le schéma d'organisation du chantier envisagée à ce stade du projet.

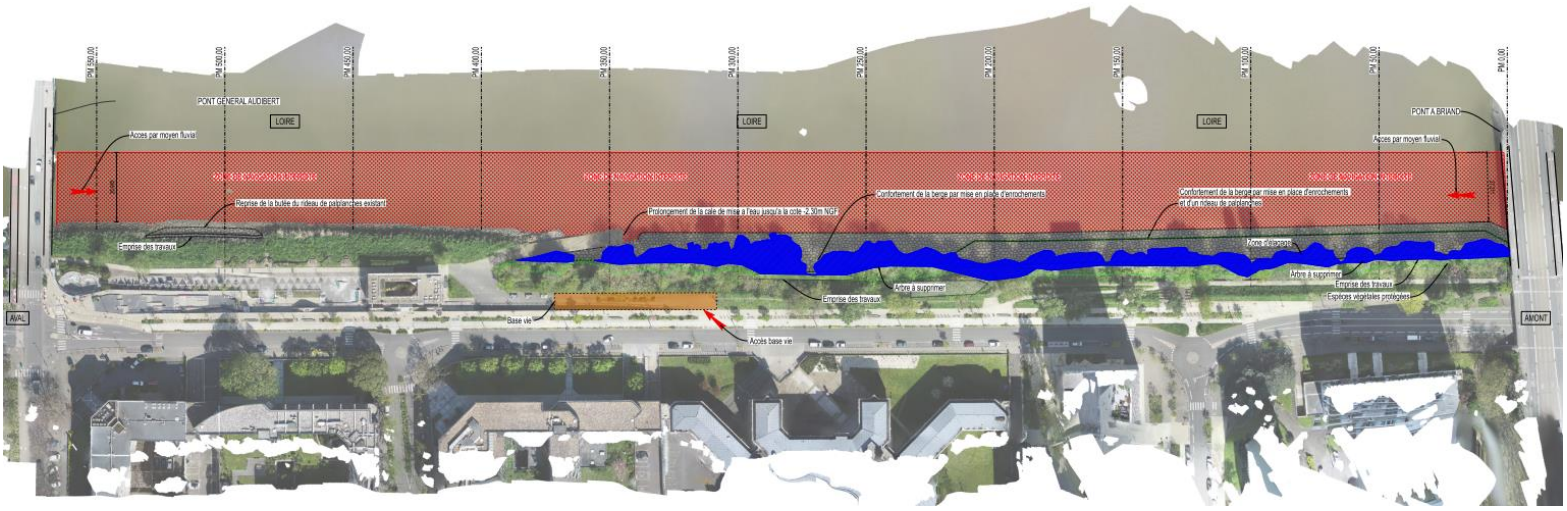


Tableau 9-1 : Schéma de l'organisation du chantier (23F121_AVP_001A)

9.2 PLANNING ET PHASAGE

9.2.1 CADENCES

Pour estimer les durées, les principales cadences sont les suivantes :

- Installations et replis de chantier (atelier nautique) : **10 j x 2**
- Elagage : **15 m/j**
- Battage rideau de palplanches : **10 ml par jour ;**
- Purge : **20 m/j**
- Pose des enrochements : **5 ml/ jour** .

9.2.2 PLANNING GLOBAL DE L'OPERATION

Le planning global de l'opération est présenté ci-dessous.

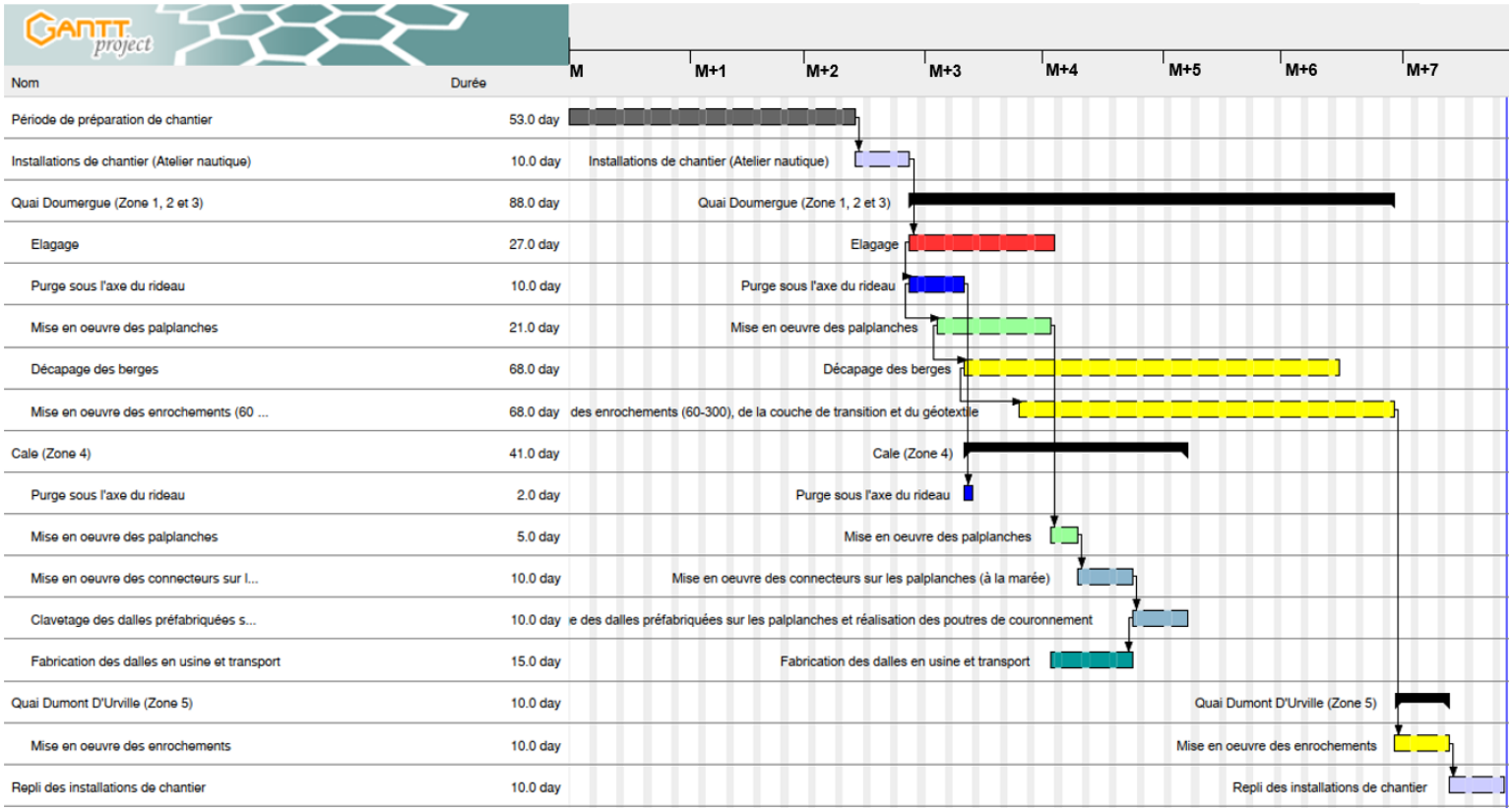


Figure 9-1 : Planning global

Légende des ressources :

Atelier nautique de battage des palplanches

Atelier nautique de mise en œuvre des enrochements

Pelle sur flotteur

Installation / Repli

L'ordonnancement des taches est réalisé de sorte à limiter au maximum les immobilisations de matériel.

Note : L'enchainement du décapage et de la mise en œuvre des enrochements pourra être réalisée soit par l'intermédiaire de deux ateliers qui se suivent ou depuis le même atelier. Ces méthodes exercent une influence plus ou moins importante sur la protection de la berge.

A ce stade, la durée des travaux est estimée à **8 mois** avec 2,5 mois de préparation comprenant :

- Période de préparation : 2,5 mois ;
- Travaux sur le quai Doumergue : 4 mois ;
- Travaux sur la cale : 2 mois ;
- Travaux sur le quai Dumont D'Urville : 2 semaines.

9.2.3 PRIORISATION DES TRAVAUX

Il est proposé trois grades d'intervention :

- Zone à risque fort : priorité 1, confortement des zones P1TER P1BIS, P2,et P3BIS ;
- Zone à risque moyen : priorité 2, confortement des zones P1 et P3;
- Zone à risque faible : priorité 3 réalisation de la cale d'accès (Zone 4) et rechargement en enrochements (Zone 5).

La figure suivante présente une carte de synthèse des différentes priorités d'intervention.

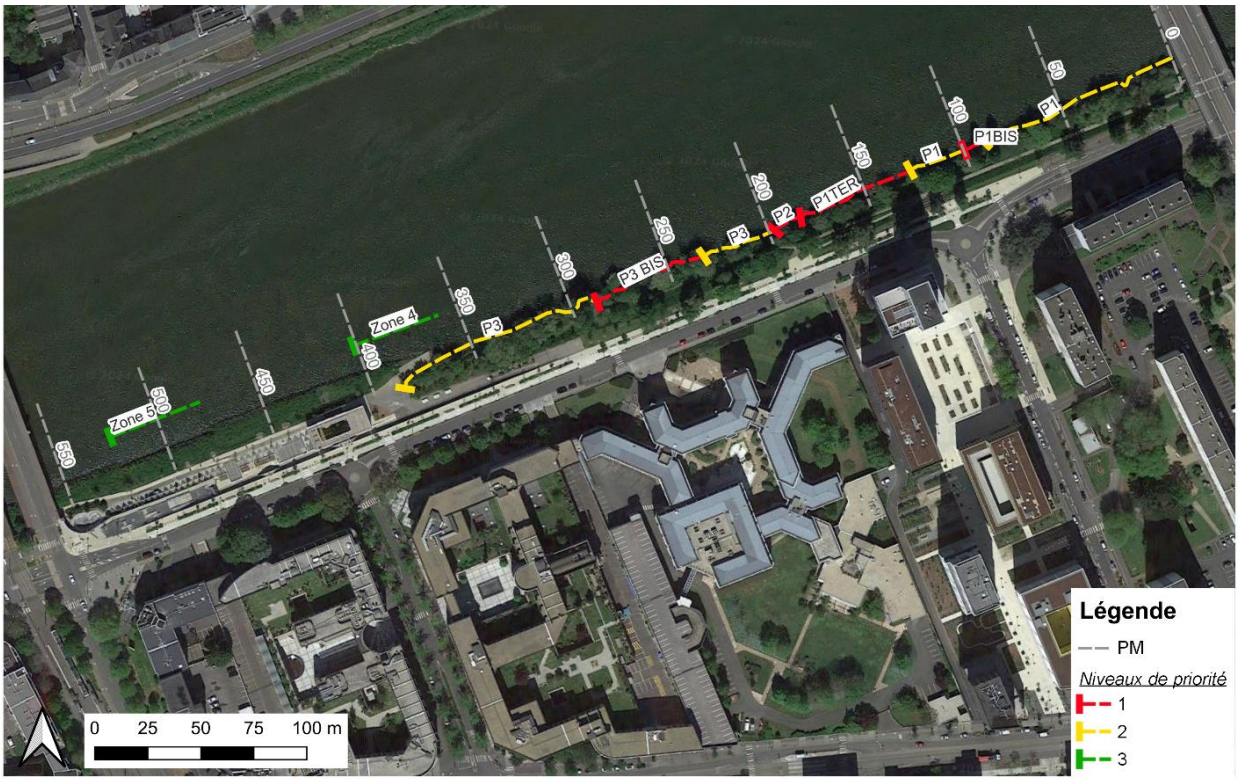


Figure 9-2 : Carte de synthèse des niveaux de priorité

À la suite des échanges avec Nantes Métropole, la priorisation a été ajustée pour mutualiser les interventions sur des tronçons continus.

En conséquence, la figure suivante présente les 3 phases d'intervention privilégiées.

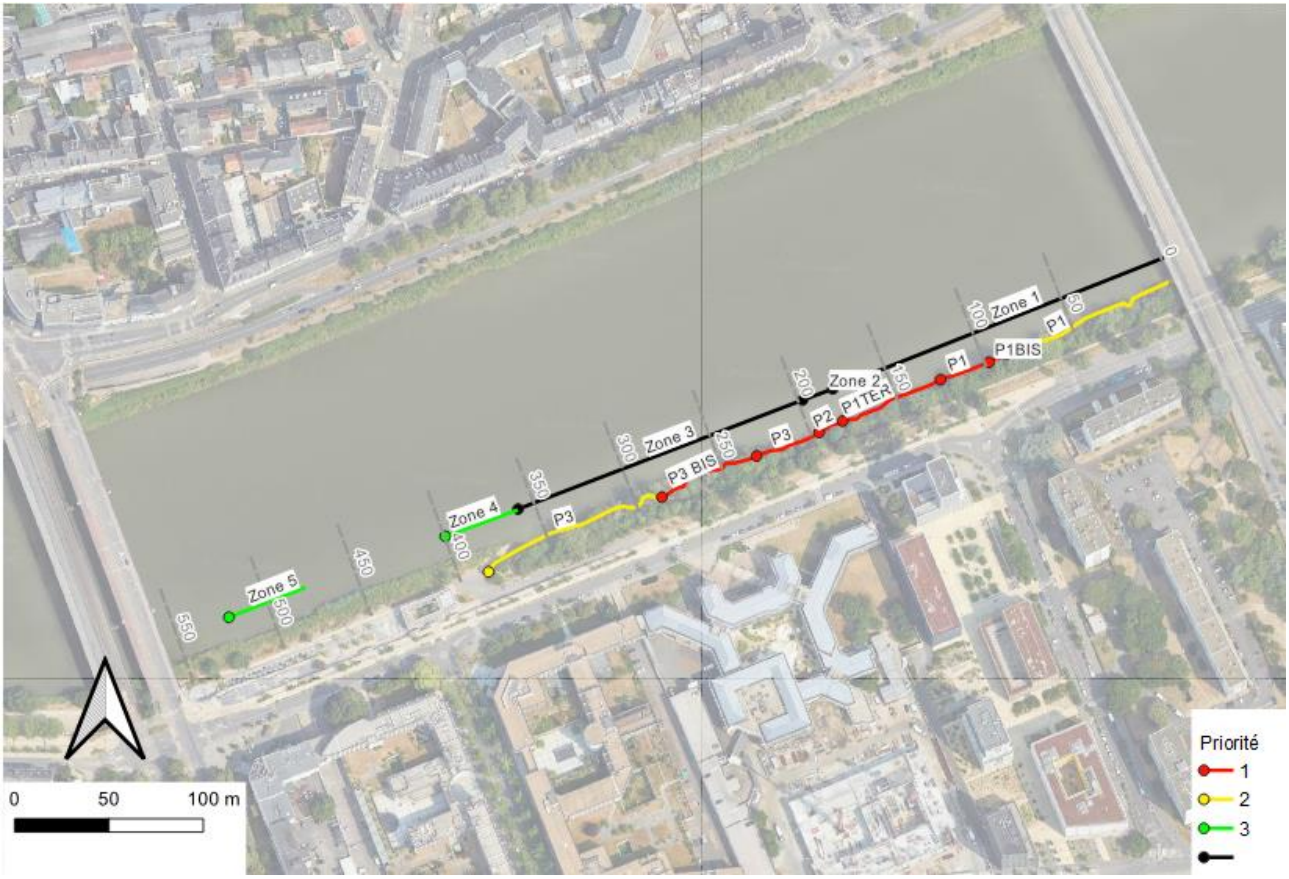


Figure 9-3 : Carte de la priorisation privilégiée

Le tableau ci-dessous résume la nouvelle priorisation (rev B).

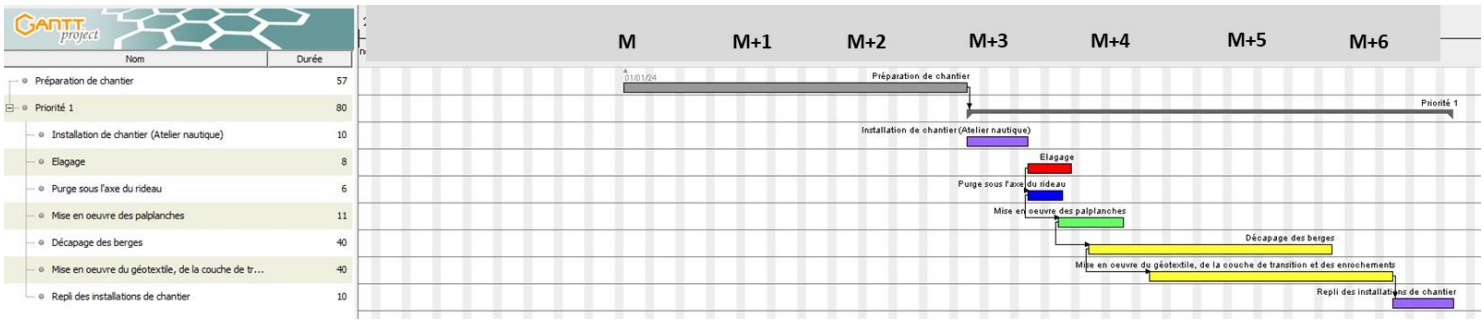
	PM amont	PM aval	Linéaire réel (m)	Nom des profils types concernés	Travaux à réaliser
Priorité 1	PM90	PM100	10	P1bis	Palplanches et enrochements
	PM100	PM125	30	P1	Palplanches et enrochements
	PM125	PM180	55	P1ter	Palplanches et enrochements
	PM180	PM200	15	P2	Palplanches et enrochements
	PM200	PM235	35	P3	Enrochements
	PM235	PM290	55	P3bis	Enrochements
Priorité 2	PM0	PM90	100	P1	Palplanches et enrochements
	PM290	PM390	45	P3	Enrochements
Priorité 3	PM360	PM400	NC	NC	Cale de mise à l'eau
	PM475	PM525	50	NC	Reprise palplanches

Tableau 9-2 : Détail de la nouvelle priorisation

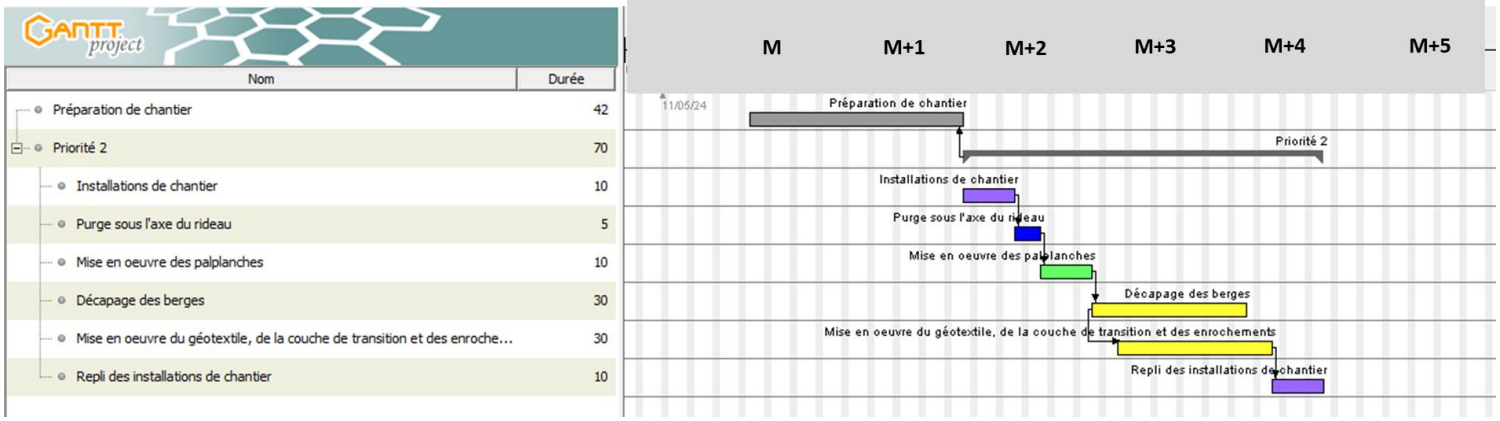
9.2.4 PLANNING PAR PHASE

Le planning par phase est présenté ci-dessous.

Priorité 1



Priorité 2



Priorité 3

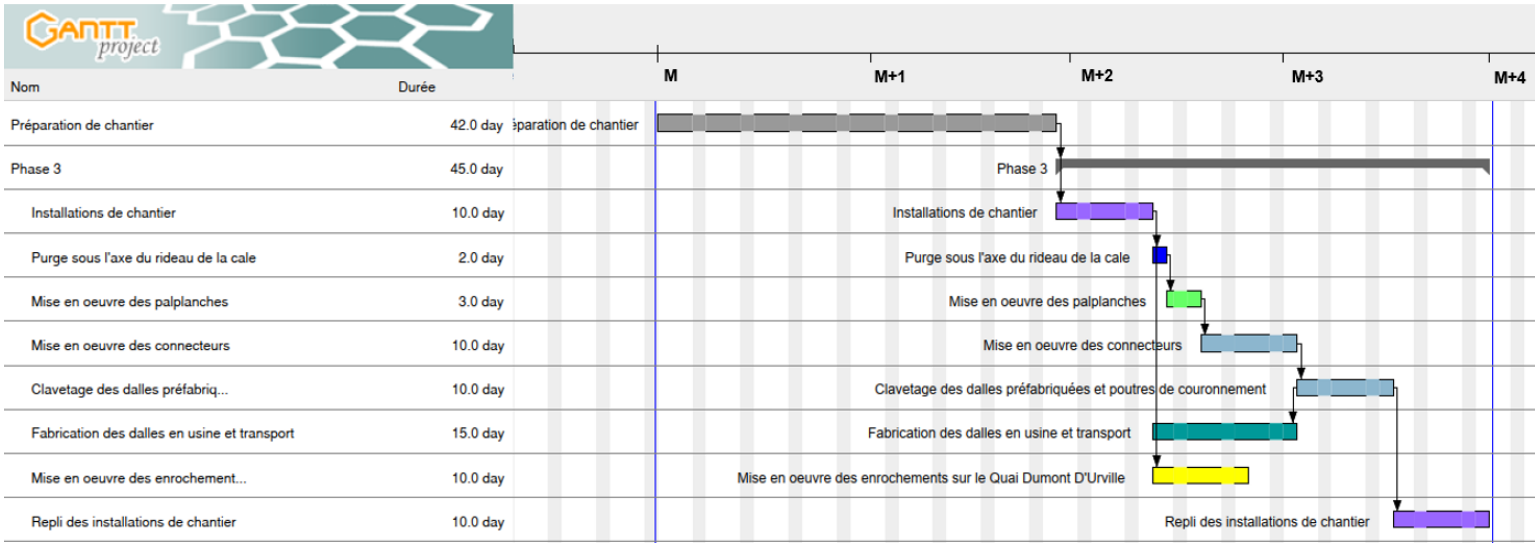


Figure 9-4 : Planning par phase

Note : Ces plannings considèrent 5 jours ouvrés chaque semaine. Aucun jour férié ou jour non travaillé n'est intégré.

Le tableau suivant synthétise la durée des travaux pour chaque priorité.

	Phase étude / installations de chantier	Phase travaux	Durée totale
Priorité 1	2,5 mois	3,5 mois	6 mois
Priorité 2	2 mois	2 mois	4 mois
Priorité 3	2 mois	2 mois	4 mois

Tableau 9-3 : Synthèse des durées pour chaque phase

La priorisation des travaux présente les inconvénients organisationnels suivants :

- 3 fois plus de temps d'amené repli du matériel ;
- Difficulté d'optimisation de l'ordonnancement des tâches ;
- Mobilisation de matériel pour de faibles linéaires.

Note : Toutefois, il est rappelé que les installations de chantier (Amené Repli) en milieu maritime sont très couteuses et longues. Il convient de limiter au maximum les opérations de pose et dépose du matériel.

10 MONTANT DES TRAVAUX

Le sous détail de prix est présenté dans l'annexe 4.

10.1 MONTANT DES TRAVAUX POUR L'ENSEMBLE DE L'OPERATION

Le tableau ci-dessous présente le détail des prix pour l'intégralité du programme de travaux.

	OPERATION GLOBALE
Montant arrondi total (€ HT)	3 155 000,00 €
Aléas 15 %	473 250,00 €
Montant total avec aléas (€ HT)	**3 628 250,00 €**

Tableau 10-1 : Montant total des travaux de l'ensemble de l'opération

L'allongement de la cale est estimé à environ 200 000 € HT (aléas compris). Le coût au mètre linéaire de protection est d'environ 9000 € HT / ml, ce coût est très élevé du fait de la réalisation de l'ensemble des travaux par voie maritime.

10.2 MONTANT DES TRAVAUX EN FONCTION DE LA PRIORISATION

Les tableaux suivants présentent les prix des travaux après séparation des différentes phases de travaux en fonction de la priorisation présentée précédemment.

	PRIORITE 1
Montant arrondi total (€ HT)	1 950 000,00 €
Aléas 15 %	293 000,00 €
Montant total avec aléas (€ HT)	**2 243 000 €**

Tableau 10-2 : Montant total des travaux – priorité 1

	PRIORITE 2
Montant arrondi total (€ HT)	1 325 000,00 €
Aléas 15 %	200 000,00 €
Montant total avec aléas (€ HT)	**1 525 000,00 €**

Tableau 10-3 : Montant total des travaux – priorité 2

	PRIORITE 3
Montant arrondi total (€ HT)	640 000,00 €
Aléas 15 %	96 000,00 €
Montant total avec aléas (€ HT)	**736 000,00 €**

Tableau 10-4 : Montant total des travaux – priorité 3

11 ALEAS EN PHASE CHANTIER

Un certain nombre d'aléas sont identifiés dès ce stade des études. Certains pourront être levés en phase projet alors que d'autres subsisteront jusqu'en phase travaux.

Les aléas suivants pourront vraisemblablement être levés en phase Projet ou en phase consultation ou tout du moins en partie être levés :

- Géologie / géotechnique :
  - Confirmation des paramètres géomécaniques des couches constituant la berge.
  - La position du substratum rocheux n'est à ce stade pas établie dans le lit de la Loire ce qui a un fort impact sur la réalisation du rideau de soutènement en pied.
- Aléas économiques :
  - Coûts des matières premières et du transport : c'est notamment le cas des matériaux (enrochements) avec un acheminement fluvial.
  - Les différents aléas présentés précédemment auront une incidence sur le coût global de l'opération.

Les aléas suivants subsisteront tout au long de la phase travaux :

- Géologie / géotechnique : variabilité locale de la position du substratum rocheux qui peut entrainer un refus ponctuel de la mise en œuvre du rideau de palplanches.
- Pollution de certaines couches de sols (déblai) qui impliquera une gestion dans une carrière spécialisée de certains matériaux. La nature de la pollution n'est à ce stade de l'étude pas connue (pas de prélèvement dans les berges);
- Climat / Hydrologie : l'aléa hydrologique (crue de la Loire) augmentera les délais de réalisation des travaux.

ANNEXE 1 G2 AVP

ANNEXE 2 CADRAGE REGLEMENTAIRE

ANNEXE 3 PLANS AVP

ANNEXE 4 DETAIL DU CHIFFRAGE DES TRAVAUX

Rapport

N° : 23F-121-RA-4

Révision n° : A

Date : 08/12/2023

NANTES METROPOLE

ACCORD CADRE - MAITRISE D'OEUVRE DE RESTAURATION DU QUAI DOUMERGUE A NANTES

Votre contact :
Thomas NOBLET
noblet@isl.fr







// G2 AVP

ISL Ingénierie SAS – ANGERS
25 rue Lenepveu
49100 – Angers
France
Tel : +33.2.41.36.01.77
Fax : +33.1.40.34.63.36

www.isl.fr

Visa

Document verrouillé du 08/12/2023.

Révision	Date	Auteur	Chef de Projet	Superviseur	Commentaire
A	08/12/2023	TNO	TNO	ATA	

ATA : TARDIEU Antoinette

TNO : NOBLET Thomas

Rapport ISL
23F-121-RA-4
Revision A
Accord cadre - Maîtrise d'oeuvre de restaurati
http://www.isl.fr/r.php?c=244658
Ingénierie

SOMMAIRE

1 PREAMBULE 1

2 RAPPEL DES DONNEES GEOTECHNIQUES 2

2.1 LITHOLOGIES OBSERVEES 2
2.1.1 Remblai sablo-graveleux d'origine anthropique 2
2.1.2 Alluvions sableuses 2
2.1.3 Argile molle plastique à ferme / Alternance de sables et argiles 3
2.1.4 Substratum micaschiste altéré à fragmenté 3
2.2 PARAMETRES GEOMECANIQUES 4

3 TOPOGRAPHIE 5

4 CADRE REGLEMENTAIRE 7

5 METHODE DE CALCUL 8

5.1 SITUATIONS DE CALCUL 8
5.2 MODELISATION DES ECOULEMENTS HYDRAULIQUES 8
5.3 CALCUL DE STABILITE 8
5.4 FORMULATION D'HYPOTHESES ET INCERTITUDES 9

6 PROFIL P1 10

6.1 LOCALISATION ET PROFIL EN TRAVERS 10
6.2 MODELE GEOTECHNIQUE 10
6.3 RESULTATS DES CALCULS DE STABILITE 12
6.4 SYNTHESE DE L'ETAT INITIAL 16
6.5 CONFORTEMENT ENVISAGE 16

7 PROFIL P1 BIS 18

7.1 LOCALISATION ET PROFIL EN TRAVERS 18

7.2 MODELE GEOTECHNIQUE 18
7.3 RESULTATS DES CALCULS DE STABILITE 19
7.4 SYNTHESE DE L'ETAT INITIAL 23
7.5 CONFORTEMENT ENVISAGE 23

8 PROFIL P1TER 25

8.1 LOCALISATION ET PROFIL EN TRAVERS 25
8.2 MODELE GEOTECHNIQUE 25
8.3 RESULTATS DES CALCULS DE STABILITE 26
8.4 SYNTHESE DE L'ETAT INITIAL 30
8.5 CONFORTEMENT ENVISAGE 30

9 PROFIL P2 32

9.1 LOCALISATION ET PROFIL EN TRAVERS 32
9.2 MODELE GEOTECHNIQUE 32
9.3 SYNTHESE DE L'ETAT INITIAL 37
9.4 CONFORTEMENT ENVISAGE 37

10 PROFIL P3 39

10.1 LOCALISATION ET PROFIL EN TRAVERS 39
10.2 MODELE GEOTECHNIQUE 39
10.3 RESULTATS DES CALCULS DE STABILITE 40
10.4 RESULTATS DES CALCULS DE STABILITE AVEC LE CHEMIN 43
10.5 SYNTHESE DE L'ETAT INITIAL 46
10.6 CONFORTEMENT EN PARTIE HAUTE 46
10.7 CONFORTEMENT ENVISAGE – PARTIE BASSE 48

11 PROFIL P3BIS 50

11.1 LOCALISATION ET PROFIL EN TRAVERS 50
11.2 MODELE GEOTECHNIQUE 50

11.3 RESULTATS DES CALCULS DE STABILITE 51
11.4 SYNTHESE DE L'ETAT INITIAL 54
11.5 CONFORTEMENT ENVISAGE 54

12 DIMENSIONNEMENT DU RIDEAU DE SOUTENEMENT (ZONE 1, 2 ET 3) 56

12.1 CADRE REGLEMENTAIRE 56
12.2 HYPOTHESES 56
12.2.1 Caractéristiques géotechniques 56
12.2.2 Caractéristiques du rideau de palplanches 57
12.3 DEROULEMENT DU CALCUL 57
12.3.1 Méthode MEL 57
12.3.2 Méthode MISS 59
12.3.3 Combinaisons étudiées 59
12.4 CALCUL DE LA FICHE 60
12.5 VERIFICATION DE LA RESISTANCE INTERNE 60

13 DIMENSIONNEMENT DES ENROCHEMENTS DE PROTECTION 62

13.1 CARAPACE 62
13.2 COUCHE DE TRANSITION 62
13.3 EPAISSEUR DES COUCHES 63

14 DIMENSIONNEMENT DE L'ALLONGEMENT DE LA CALE D'ACCES 64

14.1 GENERALITES 64
14.2 HYPOTHESES DE CALCUL 64
14.2.1 Caractéristiques géométriques des ouvrages 64
14.2.2 Caractéristiques des palplanches 66
14.2.3 Caractéristiques géotechniques 66
14.2.4 Surcharge 67

14.3 COMBINAISONS ETUDIEES 67
14.3.1 Phasage des travaux 67
14.3.2 Combinaisons 70
14.3.3 Vérification de la fiche (MEL) en phase travaux - ELU 72
14.3.4 Vérification du défaut de butée (MISS) - ELU 72
14.3.5 Vérifications de la résistance interne des palplanches 73
14.3.6 Considérations pour le dalle 75

15 RIDEAU DE PALPLANCHES EXISTANT 75

17 CONCLUSIONS 78

TABLE DES ANNEXES

Aucune entrée de table des matières n'a été trouvée.

TABLE DES FIGURES

Figure 2-1 : Photographies des carottes de la formation 1 2
Figure 2-2 : Photographies des carottes de la formation 2 3
Figure 2-3 : Photographies des carottes de la formation 2 3
Figure 2-4 : Photographie du micaschiste (SC1) 4
Figure 2-5 : Résultats campagnes géotechniques précédentes 4
Figure 3-1 : Vue en plan des profils étudiés 6
Figure 6-1 : Profil en travers du profil étudié 10
Figure 6-2 : Modèle GEOSTUDIO - P1 12
Figure 6-3 : Confortement du profil P1 par reprofilage et recharge (NM) 17
Figure 7-1 : Profil en travers et vue en plan du profil étudié 18
Figure 7-2 : Modèle Geostudio - P1BIS 19
Figure 7-3 : Confortement du profil P1BIS avec recharge en enrochements et palplanches 24
Figure 8-1 : Profil en travers du profil étudié 25
Figure 9-1 : Profil en travers du profil étudié 32
Figure 9-2 : Modèle Geostudio - P2 33
Figure 9-3 : Confortement du profil P2 par recharge et mise en œuvre d'un rideau de palplanches 37
Figure 10-1 : Profil en travers du profil étudié 39
Figure 10-2 : FS en fonction de l'angle du talus 47
Figure 10-3 : Profil reprofilé pour confortement partie haute 48

Figure 10-4 : Confortement profil P3 par recharge en enrochements 48
Figure 11-1 : Profil en travers du profil étudié 50
Figure 11-2 : Profil conforté - P3BIS (NM) 55
Figure 12-1 : calcul fiche rideau auto stable (NF P 94 282) 58
Figure 12-2 : Modèle K-Réa 60
Figure 12-3 : Efforts internes dans le rideau de palplanches pour la situation étudiée 61
Figure 14-1 : Vue en plan de la cale (23F_121_AVP_005A) 66
Figure 14-2 : Moment de flexion réduit selon la perte d'épaisseur considérée 75
Figure 15-1 : Identification du rideau (GINGER, 2018) 76
Figure 15-2 : Profil type quai Dumont D'Urville (1930) 76

TABLE DES TABLEAUX

Tableau 2-1 : Synthèse des investigations géotechniques 5
Tableau 3-1 : Profil en travers caractéristique des 3 trois tronçons 5
Tableau 3-2 : Profils étudiés 6
Tableau 4-1 : Facteurs partiels selon l'Approche 3 7
Tableau 5-1 : Détail des niveaux d'eau selon la situation de calcul 8
Tableau 6-1 : Caractéristiques géotechniques du modèle P1 11
Tableau 6-2 : Résultats des essais de laboratoire au droit du profil P1BIS 11
Tableau 6-3 : Synthèse des facteurs de sécurité – P1 (Actuel) 16
Tableau 6-4 : Synthèse des facteurs de sécurité – P1 (Confortement par recharge) 17
Tableau 7-1 : Synthèse des facteurs de sécurité 23
Tableau 7-2 : Synthèse des facteurs de sécurité 24
Tableau 8-1 : Caractéristiques géotechniques du modèle P2 25
Tableau 8-2 : Résultats des essais de laboratoire sur les alluvions sableuses 26
Tableau 8-3 : Modèle Geostudio - Profil P1TER 26
Tableau 8-4 : Synthèse des facteurs de sécurité 30
Tableau 8-5 : Synthèse des facteurs de sécurité 31
Tableau 9-1 : Synthèse des facteurs de sécurité 37
Tableau 9-2 : Synthèse des facteurs de sécurité 38
Tableau 10-1 : Caractéristiques géotechniques du modèle P3 40
Tableau 10-2 : Résultats des essais au droit du profil P3BIS 40
Tableau 10-3 : Synthèse des facteurs de sécurité sans chemin 46
Tableau 10-4 : Synthèse des facteurs de sécurité avec chemin 46
Tableau 10-5 : Pente des talus sur le tronçon 3 46

Tableau 10-6 : Synthèse des facteurs de sécurité 49
Tableau 11-1 : Synthèse des facteurs de sécurité 54
Tableau 11-2 : Synthèse des facteurs de sécurité 55
Tableau 12-1 : Propriétés géotechniques intégrées dans le modèle analytique 56
Tableau 12-2 : Résultats du dimensionnement du rideau de palplanches 61
Tableau 13-1 : Résultats du dimensionnement des enrochements selon la pente 62
Tableau 13-2 : Résultats sous-couche 1 63
Tableau 14-1 : Coupe de la cale (23F121_AVP_010A) 65
Tableau 14-2 : Caractéristiques des palplanches 66
Tableau 14-3 : Caractéristiques géotechniques des différentes couches de sol 67
Tableau 14-4 : Situations de calcul 71
Tableau 14-5 : Résultat fiche MEL 72
Tableau 14-6 : Défaut de butée – MISS 72
Tableau 14-7 : Efforts internes dans les deux écrans 74

1 PREAMBULE

Dans le cadre du confortement des berges du Quai Doumergue à Nantes, Nantes Métropole a mandaté ISL pour réaliser les études d'AVP. A ce stade, il s'agit d'une reprise de l'AVP précédent.

Le présent rapport constitue la note de calcul au stade G2 AVP (selon la norme NFP 94-500) relatif à la stabilité des berges. Lors des différentes visites de site et suite à l'analyse des données topographiques, 6 profils d'étude ont été définis.

Le rapport s'organise de la manière suivante :

- Rappel des reconnaissances géotechniques disponibles ;
- Cadre réglementaire de l'analyse de stabilité ;
- Détail de la méthodologie de calcul ;
- Etude de stabilité au glissement par profil ;
- Synthèse de l'étude de stabilité ;
- Dimensionnement des solutions de confortement.

2 RAPPEL DES DONNEES GEOTECHNIQUES

Les campagnes de reconnaissances géotechniques suivantes ont été réalisées :

- Mission G2 PRO par GINGER CEBTP en avril 2015 ;
- Etude G1 par Fondasol en septembre 2017 ;
- Mission G2 par GINGER CEBTP en novembre 2018.

2.1 LITHOLOGIES OBSERVEES

Les horizons suivants ont été observés :

- Formation 1 : Remblai sablo-graveleux d'origine anthropique ;
- Formation 2 : Alluvions sableuses fins, moyennes à grossières ;
- Formation 3 : Argile molle plastique à ferme grise ;
- Formation 4 : Micaschiste altéré à fragmenté.

2.1.1 REMBLAI SABLO-GRAVELEUX D'ORIGINE ANTHROPIQUE

Cette couche est observée sur la totalité des sondages le long du quai Doumergue. Sa profondeur varie entre 3,00 et 5,00 m par rapport au TN (soit entre +1,20 m NGF et -1,10 m NGF).

Il s'agit d'un remblai constitué de blocs de granite dans une matrice sableuse. Aucun essai d'identification n'a été réalisé dans cette formation.

Les photographies des carottes présentent une hétérogénéité granulométrique propre à ce type de remblai.

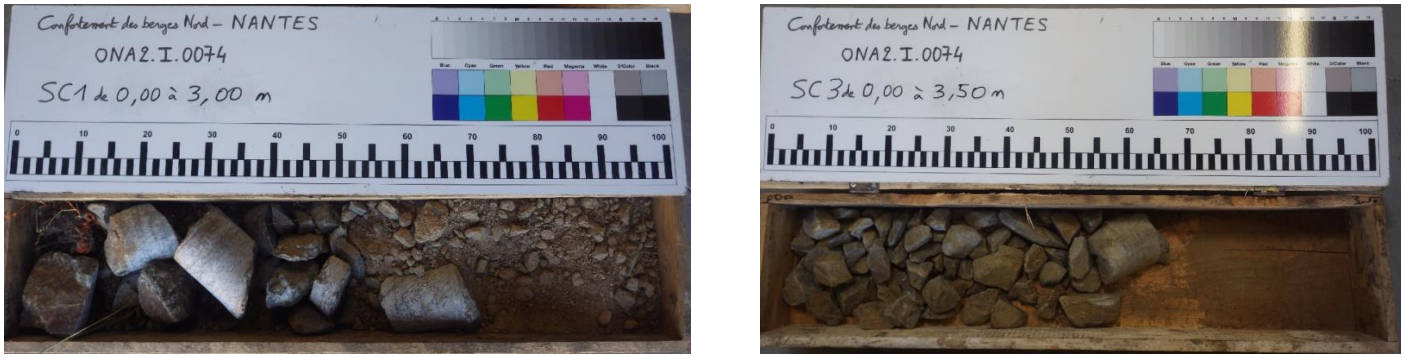


Figure 2-1 : Photographies des carottes de la formation 1

2.1.2 ALLUVIONS SABLEUSES

Cette formation est identifiable sur l'ensemble du linéaire. La profondeur de cette couche est très variable sur l'ensemble du linéaire. La cote de la base est identifiée entre -4,70 et -12,10 m NGF. Les essais d'identifications confirment la présence d'un matériau insensible à l'eau d'origine alluvionnaire (D1).

Les carottes et les courbes granulométriques mettent en exergue le caractère homogène et fin de cette formation. Il s'agit d'une couche très perméable et particulièrement sensible au phénomène de suffusion interne (érosion interne).

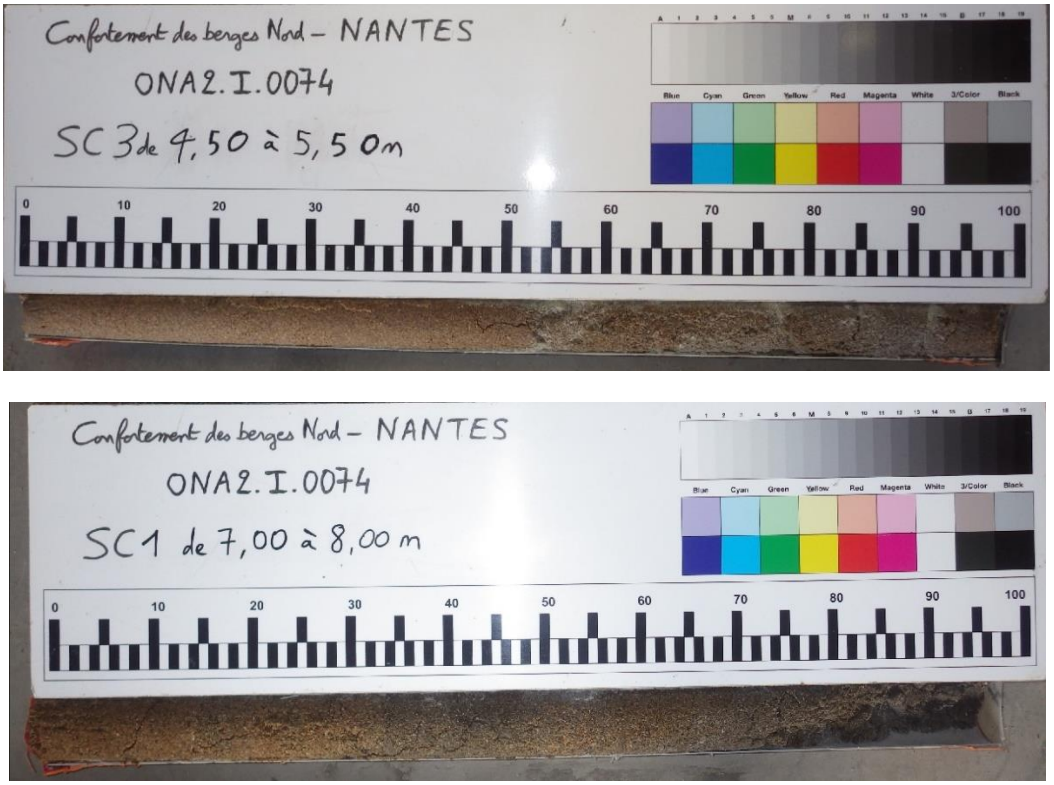


Figure 2-2 : Photographies des carottes de la formation 2

2.1.3 ARGILE MOLLE PLASTIQUE A FERME / ALTERNANCE DE SABLES ET ARGILES

Cette couche est variable sur le linéaire. Au droit du sondage SC1, une couche hétérogène alternant éléments sableux et argileux est identifiée. SC3 présente une formation argileuse entre les profondeurs -4,70 et -8,10 m NGF, molle en partie supérieure puis très raide.

Les photographies mettent en évidence :

- A gauche : une formation argileuse plastique (SC3)
- A droite : Une formation hétérogène alternant passe sableuse et passe argileuse.

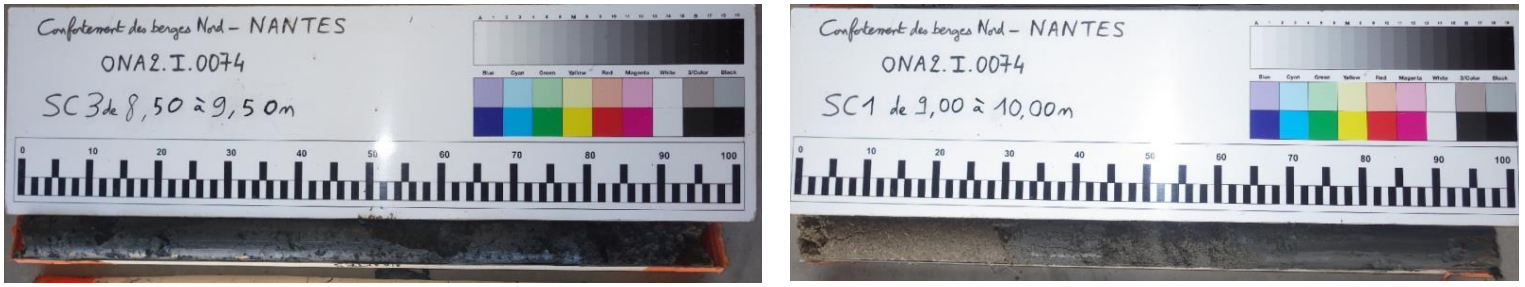


Figure 2-3 : Photographies des carottes de la formation 2

2.1.4 SUBSTRATUM MICASCHISTE ALTERE A FRAGMENTE

Le substratum rocheux est formé de micaschiste. GINGER identifie le micaschiste à partir de -12,11m NGF. Sur les photographies des sondages, le micaschiste est seulement visible sur le SC1.

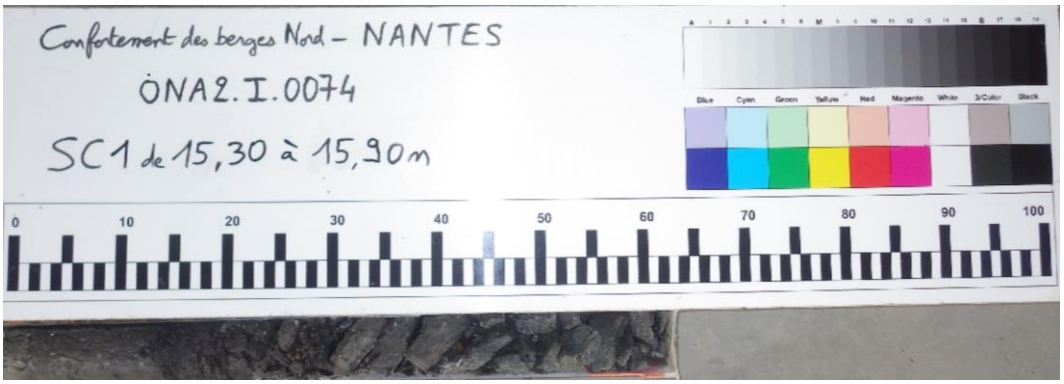


Figure 2-4 : Photographie du micaschiste (SC1)

2.2 PARAMETRES GEOMECANIQUES

Les résultats des campagnes géotechniques sont synthétisés sur la figure suivante :

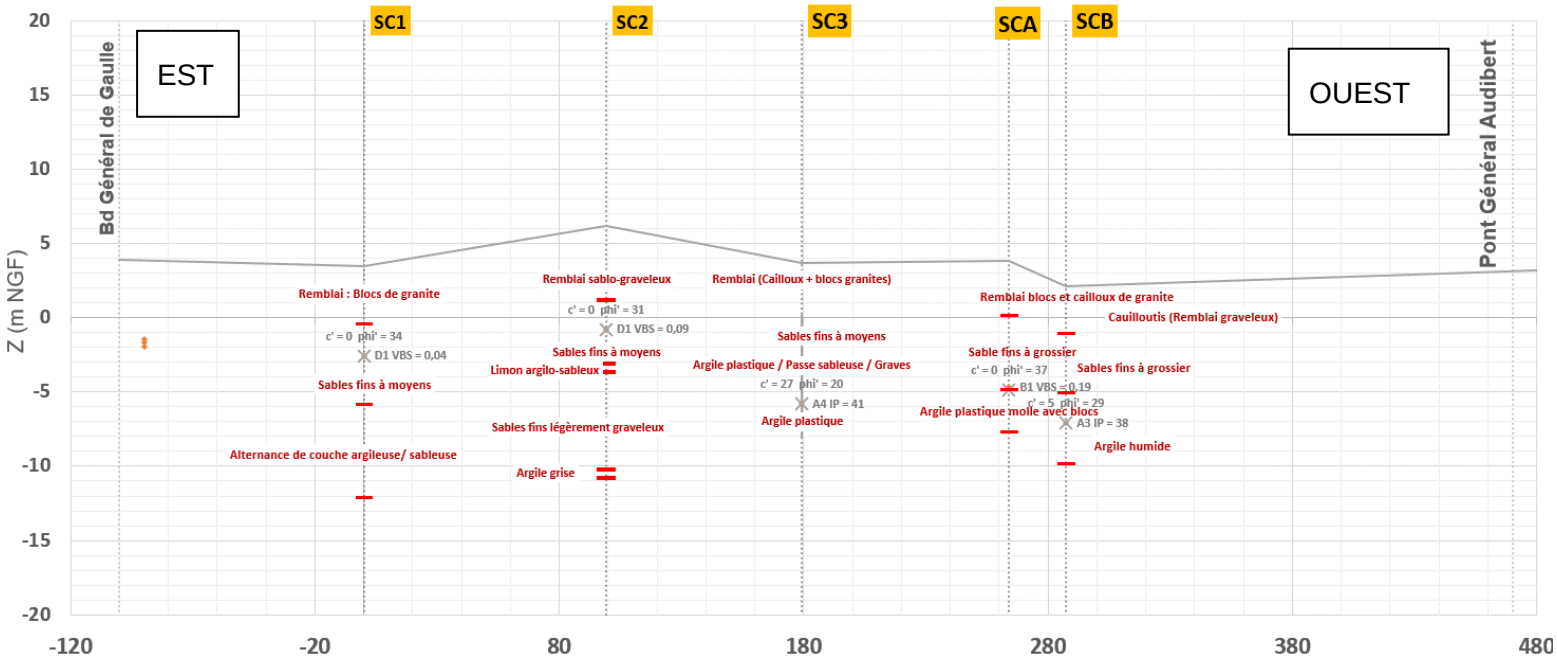


Figure 2-5 : Résultats campagnes géotechniques précédentes

Des essais de cisaillement ont été réalisés :

- 4 essais triaxial CU+U ;
- 4 essais de cisaillement rectiligne à la boite de Casagrande (type CD).

Le tableau suivant présente la synthèse des essais géomécaniques sur les différentes couches.

	Classification GTR	Cohésion effective (kPa)	Angle de frottement effectif (°)
01 – Remblai sablo-graveleux d'origine anthropologique	-	-	-
02 – Alluvions sableuses	D1 (VBS : 0,04 à 0,09)	0	[31 ;37]
03 – Argile plastique molle	A3 – A4 (IP : 38 à 41)	[5 ;27]	[20 ;29]
04 - Substratum granitique	-	-	-

Tableau 2-1 : Synthèse des investigations géotechniques

La plage de valeur des paramètres de cisaillement obtenue pour la formation n°3 (argile plastique molle) est conséquente. Des essais complémentaires sont envisagés au stade G2-PRO et présenté dans le rapport *23F121_RA1_REVB_Programme_de_reconnaissances, ISL, novembre 2023*.

3 TOPOGRAPHIE

Un relevé topographique (terrestre et bathymétrique) a été réalisé en 2023 par l'entreprise GEOFIT. Le profil en travers suivant présente l'ensemble des typologies de berge rencontrée.

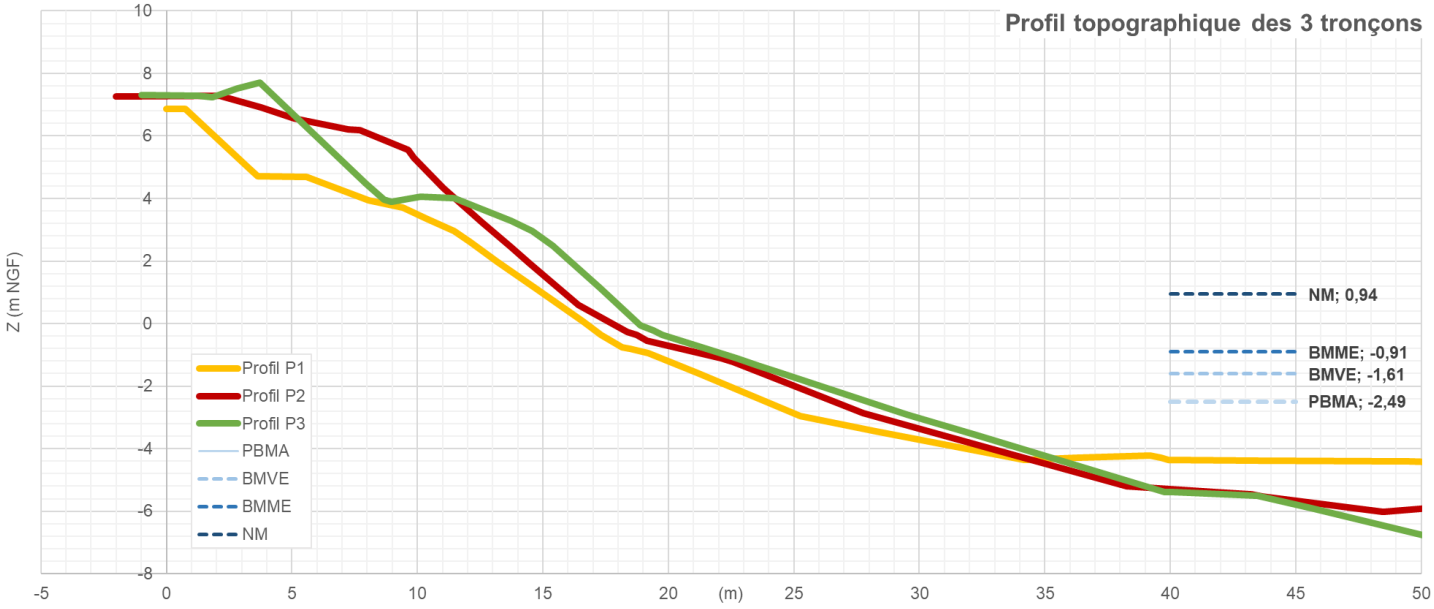


Tableau 3-1 : Profil en travers caractéristique des 3 trois tronçons

En fonction des conditions topographiques et géotechniques, 6 profils distincts ont été définis, ils sont présentés dans le tableau suivant.

	Référence du profil - AVP ISL 2023	Longueur (m)	Détail	Profil en travers correspondant	Nom profil G2AVP GINGER 2018
Zone 1 : Chemin piéton sur gabions	**P1**	125 m (PM0-135)	Profil représentatif de la zone 1	[P01 ; P06]	-
	P1 BIS	10 m (PM97-107)	Profil de la zone d'éboulement sur la zone 1	[P05]	Profil 1
	P1 TER	55 m (135-190)	Profil avec une risberme supérieure supplémentaire	[P07, P09]	-
Zone 2 : Fort glissement	**P2**	14 m (190-204)	Tronçon sujet fortement au glissement	[P10]	Profil 2
Zone 3 : Cheminement piéton fermé	**P3 (avec ou sans chemin)**	81 m (204-340)	Profil représentatif de la zone 3	[P11 ; P18]	-
	P3 BIS	55 m (239-294)	Profil de la zone d'éboulement sur la zone 3	[P13 ; P14]	Profil 3

Tableau 3-2 : Profils étudiés

Le zonage présenté est identique à celui de l'AVP.

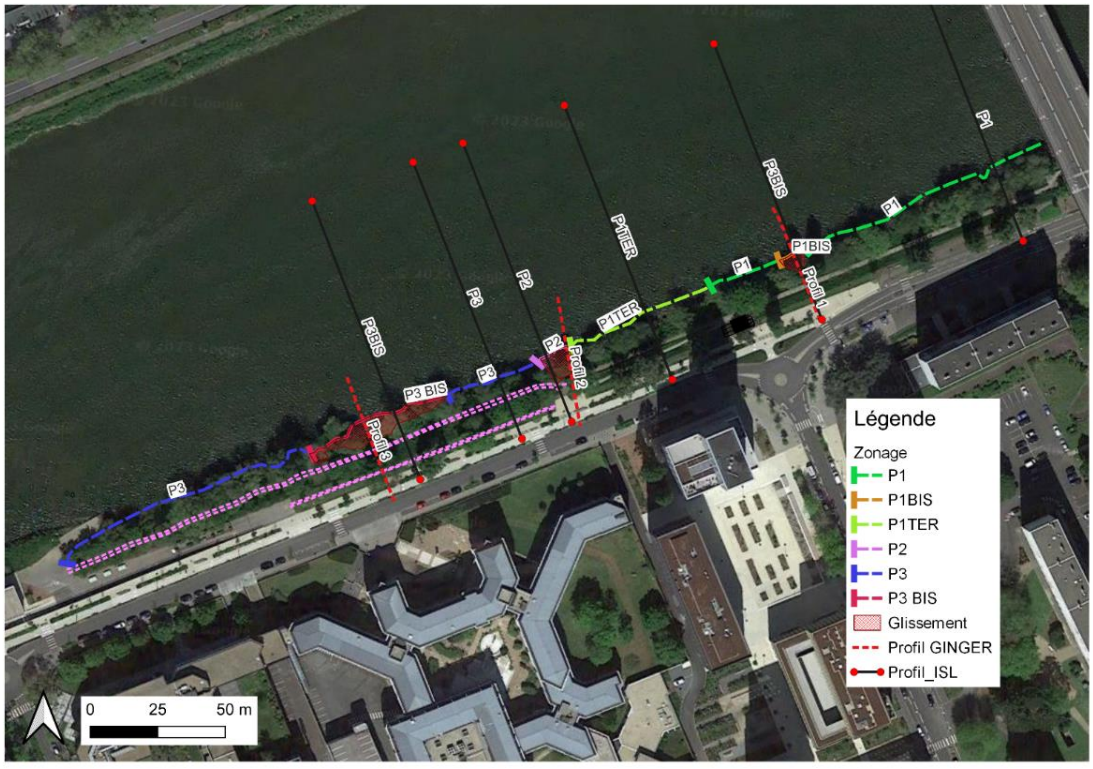


Figure 3-1 : Vue en plan des profils étudiés

4 CADRE REGLEMENTAIRE

Les vérifications sont effectuées conformément à la norme NF EN 1997-1 (Eurocode 7 : calcul géotechnique - Partie 1 : règles générales).

En France, pour les justifications géotechniques des états limites en situations durables et transitoires, deux approches de prise en compte de la sécurité sont possibles.

- Approche 2 : cette approche consiste à pondérer les actions (ou leurs effets) ainsi que les résistances du terrain par des facteurs partiels de sécurité ;
- Approche 3 : cette approche consiste à pondérer les actions (ou leurs effets) ainsi que les paramètres de résistance du terrain par des facteurs partiels de sécurité.

Dans la suite de la note, l'approche de calcul 3 (A2 « + » M3 « + » R3) est utilisée pour les vérifications de la stabilité générale d'un site. L'approche de calcul 2 sera utilisée pour réaliser le dimensionnement des écrans.

Les coefficients partiels de sécurité sont appliqués conformément à la norme NF P94-270 :

	Cohésion effective	Tangente de l'angle de frottement effectif	Surcharge variable	Méthode
Coefficients partiels	1,25	1,25	1,30	1,10

Tableau 4-1 : Facteurs partiels selon l'Approche 3

Note : Le logiciel utilisé n'intègre pas le coefficient de méthode. Par conséquent, il correspond au facteur de sécurité cible pour vérifier la stabilité conformément à l'Approche 3 de l'Eurocode 7.

Limite du cadre réglementaire : Il est rappelé que les Eurocodes ne constituent pas un cadre intégré de justification pour les ouvrages hydrauliques en remblai. Les coefficients appliqués sur les paramètres sont particulièrement défavorables dans la mesure où ils ne varient pas selon le type de sollicitation contrairement aux recommandations du CFBR (Comité Français des Barrages et Réservoirs) avec la distinction entre les situations d'exploitation, rare de crue et exceptionnelle.

5 METHODE DE CALCUL

5.1 SITUATIONS DE CALCUL

La stabilité au grand glissement des berges est directement liée par la différence de niveaux entre la Loire et le niveau piézométrique dans les berges.

Tous les calculs sont réalisés en régime permanent.

A ce stade, la nappe piézométrique considérée dans la berge a été fixée à +0,95 m NGF correspondant au niveau maximal observé sur le piézomètre PR1.

Les situations de calcul suivantes sont considérées.

Situations	Niveau Loire	Niveau Berge
Niveau moyen	0,94 m NGF	+ 0,95 m NGF
Décrue de BMME	- 0,91 m NGF	+ 0,95 m NGF
Décrue de BMVE	-1,61 m NGF	+ 0,95 m NGF
Décrue de PBMA	-2,49 m NGF	+ 0,95 m NGF

Tableau 5-1 : Détail des niveaux d'eau selon la situation de calcul

Les différentes situations présentées ne prennent pas en compte des situations de crue de la Loire, dans les calculs présentés ces évènements sont considérés comme non dimensionnants.

5.2 MODELISATION DES ECOULEMENTS HYDRAULIQUES

Les écoulements hydrauliques dans la berge sont modélisés au moyen d'un modèle aux éléments finis SEEP de la suite GEOSTUDIO. Ce modèle aux éléments finis tient compte des propriétés hydrauliques des matériaux (perméabilité) et vise à définir la ligne d'écoulement de l'eau dans la berge.

Seuls le remblai et les alluvions sableuses sont considérés « saturés/non saturés ». Les autres couches, sous le niveau minimum de la Loire, sont considérées complètement saturées.

Les conditions aux limites suivantes ont été définies :

- Côté Loire : le niveau d'eau varie selon la situation de calcul ;
- Côté Berge : le niveau d'eau est fixé à +0,95 m NGF correspondant au maximum relevé dans le piézomètre PR1 ;

Les données granulométriques des alluvions sableuses présentent un matériau homogène dont la perméabilité parait élevée. En ce sens, la réponse hydraulique de la berge semble quasiment immédiate. Le talus se charge et se décharge au gré des marées.

5.3 CALCUL DE STABILITE

Les calculs de stabilité sont réalisés avec le module SLOPE de GEOSTUDIO. La méthode de calcul est une méthode d'analyse de la stabilité au glissement des terrain par méthode des tranches (Bishop). L'équilibre de chaque tranche est étudié.

Les cercles de glissement sont étudiés en partie haute, intermédiaire et globale.

5.4 FORMULATION D'HYPOTHESES ET INCERTITUDES

Les hypothèses sont formulées à partir des résultats de la G2-AVP réalisée par GINGER. Le nombre de sondages in situ et d'essais en laboratoire apparait relativement faible compte tenu du linéaire à traiter. Seuls 3 sondages carottés ont été réalisés entre la cale d'accès et l'extrémité « est » du linéaire.

De plus, la position des différentes couches est relevée à un unique point puis interpolée linéairement le long du profil en travers. Cette approximation constitue une hypothèse forte qui devra être vérifiée.

Il est rappelé que les résultats sont à considérer avec prudence du fait des incertitudes sur :

- Les paramètres de cisaillement du remblai et de la couche argileuse plus en profondeur ;
- La disposition spatiale des différents horizons selon l'axe en travers et l'axe longitudinal de la berge ;
- Les niveaux d'eau dans la berge.

Ces calculs seront affinés en phase G2 PRO. Un rapport d'investigations complémentaires a été rédigé par ISL 23F121_RA1_REVB_Programme_de_reconnaissances

6 PROFIL P1

6.1 LOCALISATION ET PROFIL EN TRAVERS

Le profil 1 correspond au profil type entre PM0 et PM 90. Il s'agit de la zone entre l'extrémité Est et la zone d'éboulement actuelle (sur zone 1).

Ce tronçon s'étend sur 125 m et se caractérise par la présence d'un cheminement piéton reposant sur un dispositif dalle/gabions.

Une charge de 5 kPa au droit du chemin est considérée.

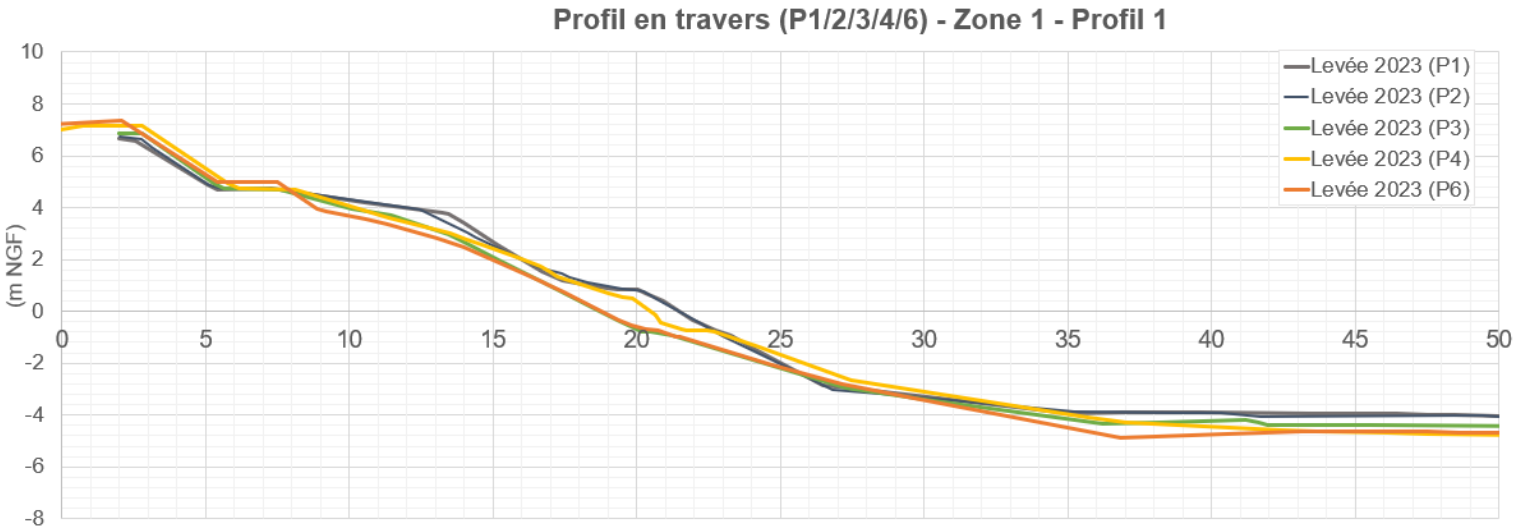


Figure 6-1 : Profil en travers du profil étudié

6.2 MODELE GEOTECHNIQUE

Aucun sondage n'est disponible entre PM0 et PM135, le modèle géotechnique est basé sur le sondage le plus à proximité à savoir SC1 au droit du profil P1BIS.

Un sondage complémentaire est envisagé en phase G2PRO dans cette zone.

	Loi de comportement	Cote toit (m NGF)	Cote base (m NGF)	γ_h (kN/m^3)	c'(kPa)	φ' (°)	K (m/s)
Remblai (Blocs de granite dans une matrice sableuse)	Mohr-Coulomb	7,16	3,60	18	0	40	1,00E-04
Alluvions sableuses	Mohr-Coulomb	3,60	- 6,21	17	0	31*	1,00E-05
Alluvions sablo-argileuses (alternance)	Mohr-Coulomb	-6,21	-12,11	17	2	27	1,00E-07
Micaschiste	Mohr-Coulomb	-12,11	-	18	20	30	1,00E-07
Béton et gabions	Haute résistance	-	-	17	-	-	-

Tableau 6-1 : Caractéristiques géotechniques du modèle P1

*Note : * L'angle de frottement effectif considéré correspond à l'angle de frottement effectif minimum obtenu lors des essais de cisaillement direct dans la couche d'alluvions sableuses (sur l'ensemble du linéaire).*

Le tableau suivant présente les résultats des essais pour le sondage SC1 au droit du profil P1BIS. Ces résultats sont interpolés au droit de ce profil.

	SC1- alluvions sableuses	
GTR	-1,56 ; -2,56 m NGF	D1 (VBS : 0,04)
Cisaillement direct		c'=0 kPa ; φ' = 34°

Tableau 6-2 : Résultats des essais de laboratoire au droit du profil P1BIS

Le modèle géotechnique retenu dans la zone est présenté ci-dessous.

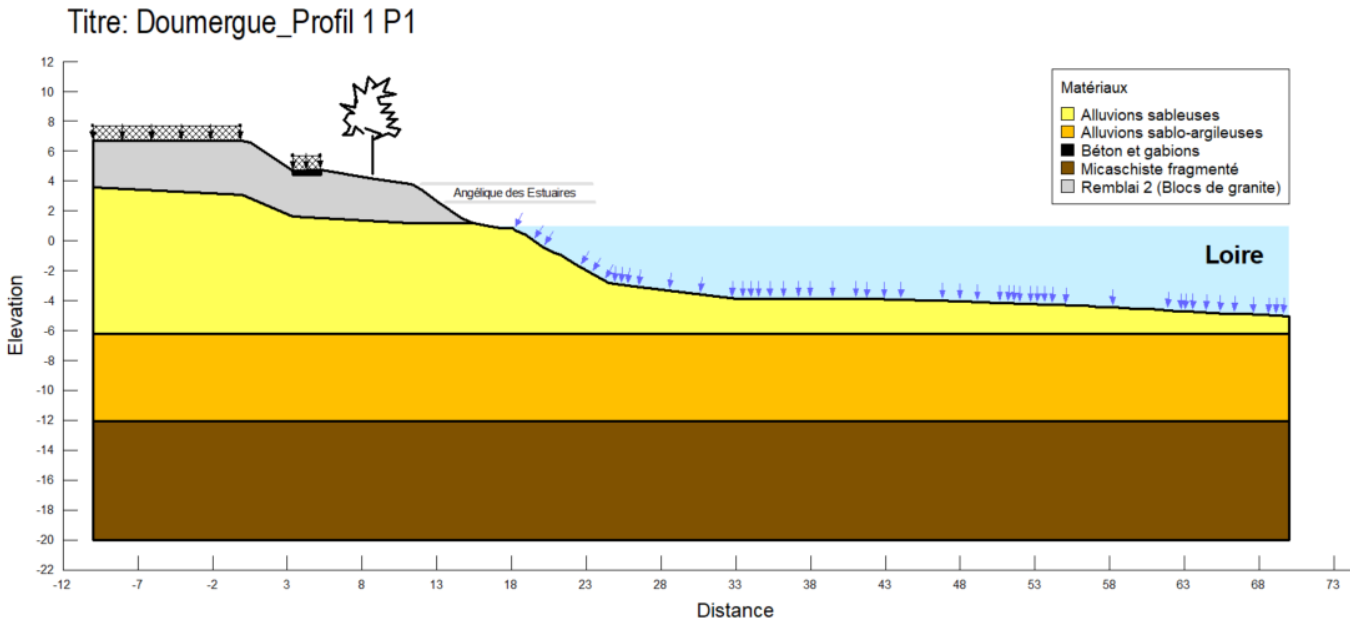
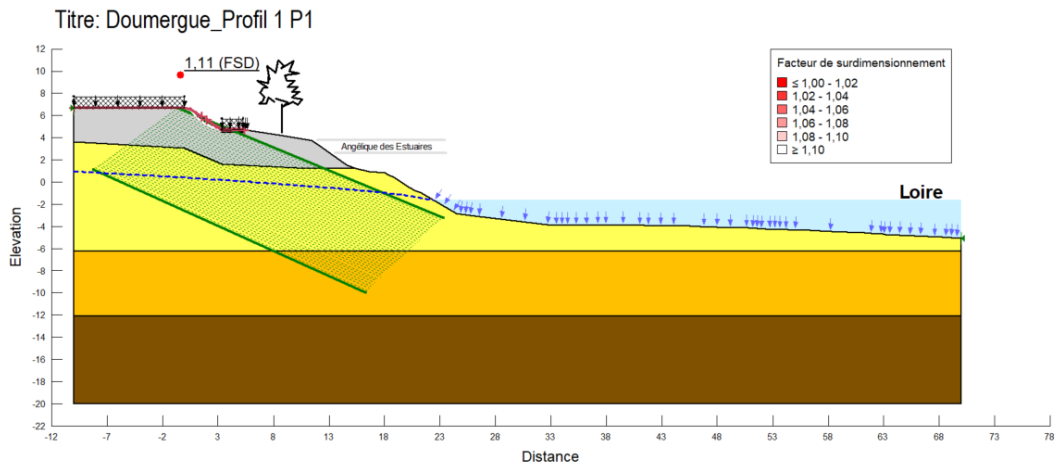
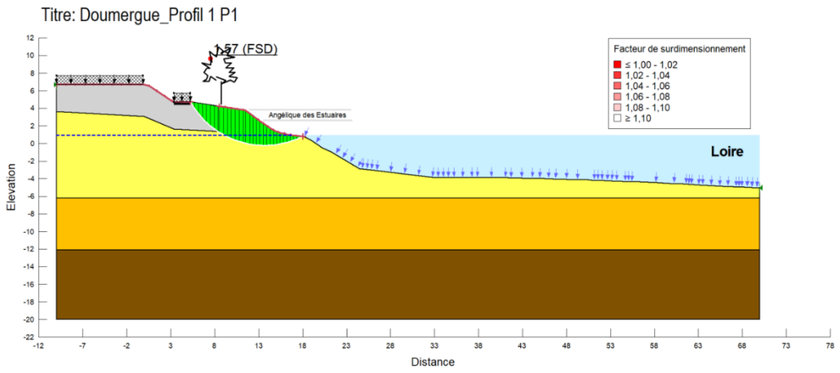
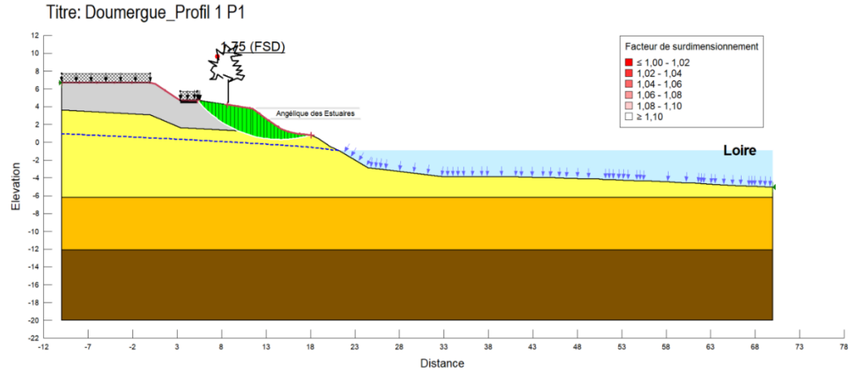
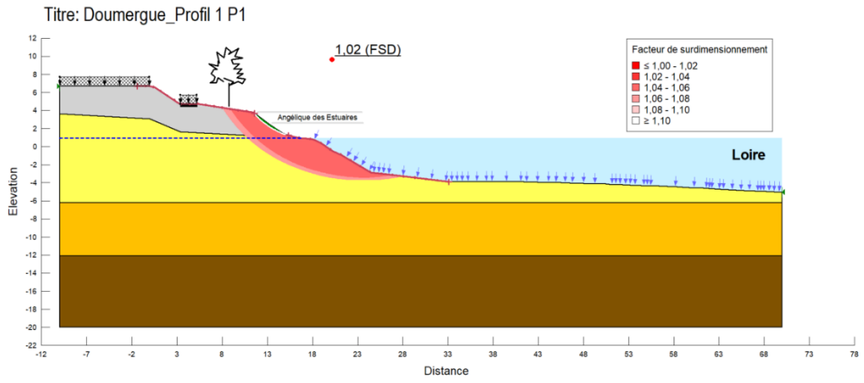
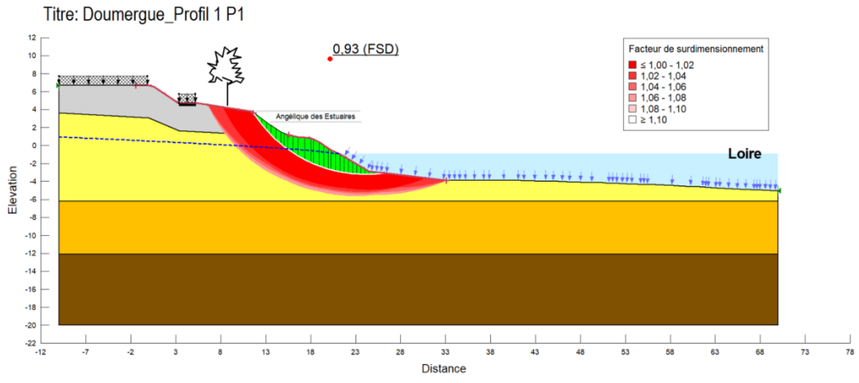
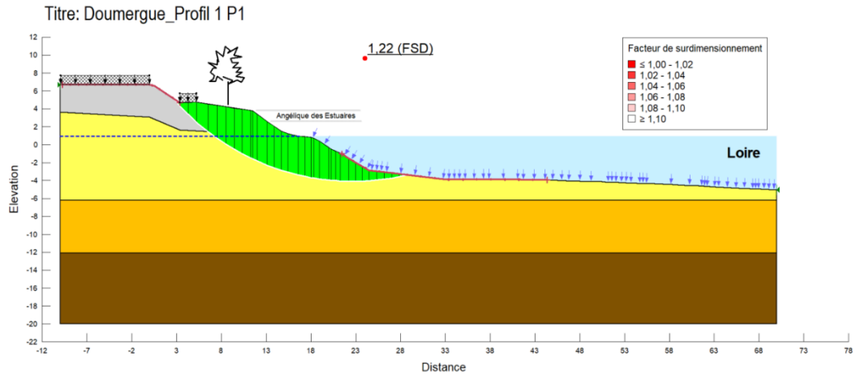
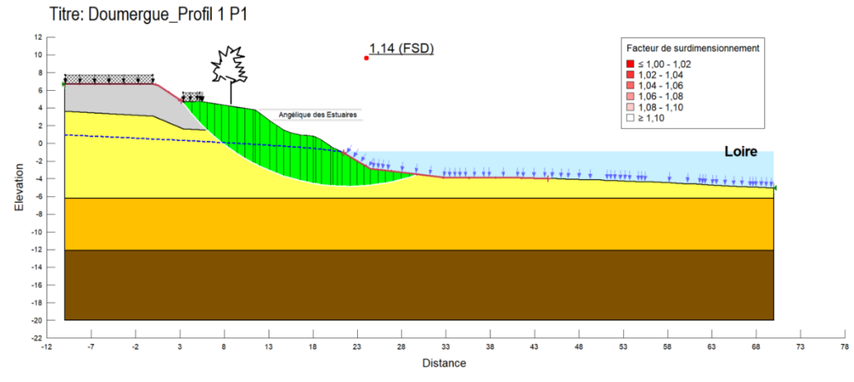


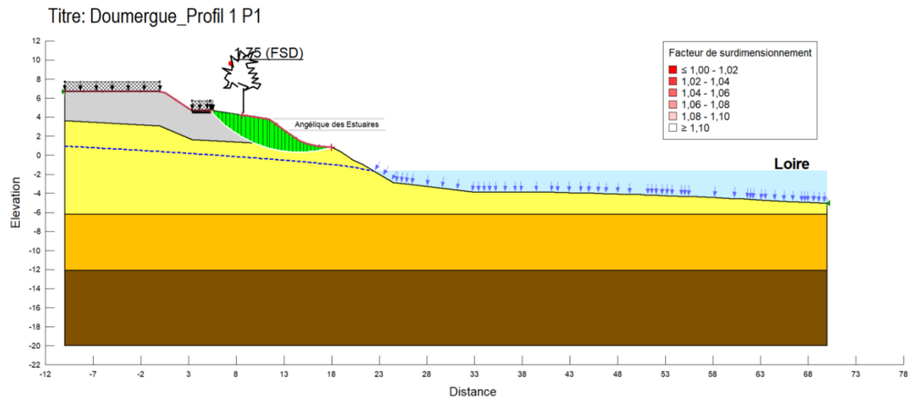
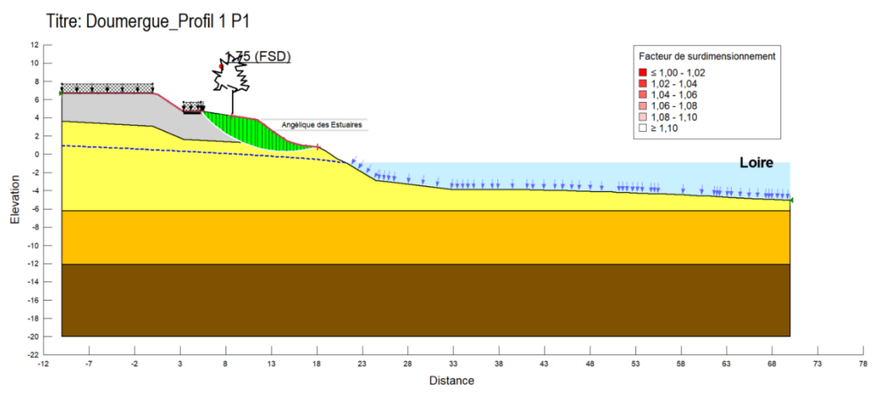
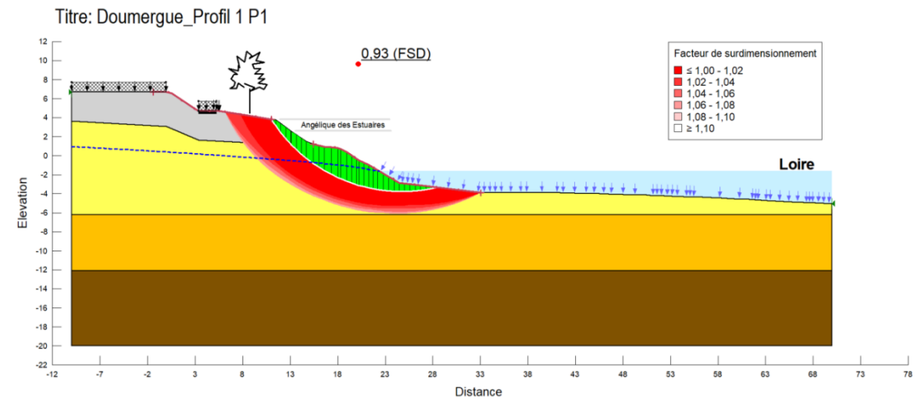
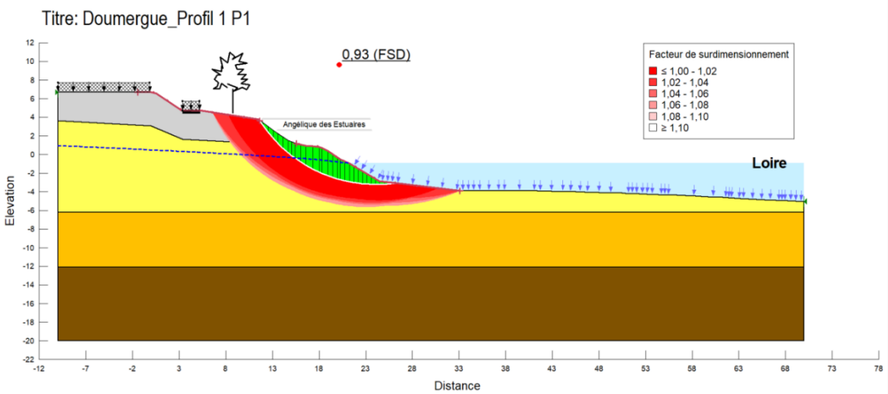
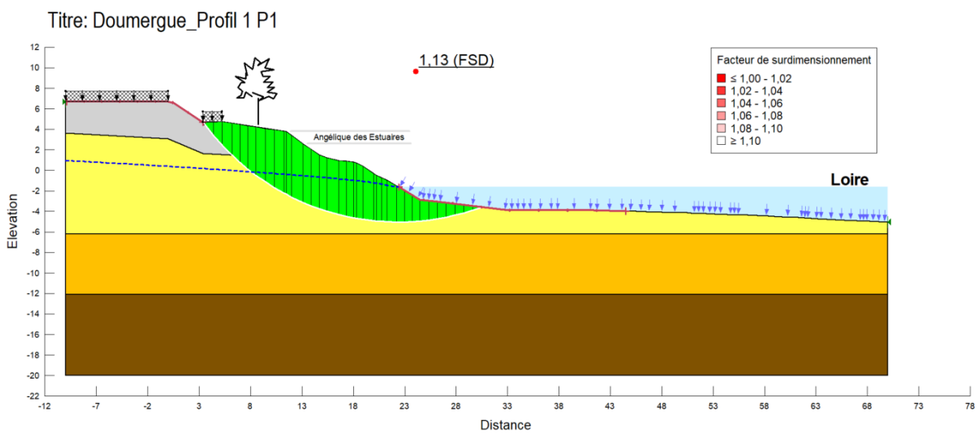
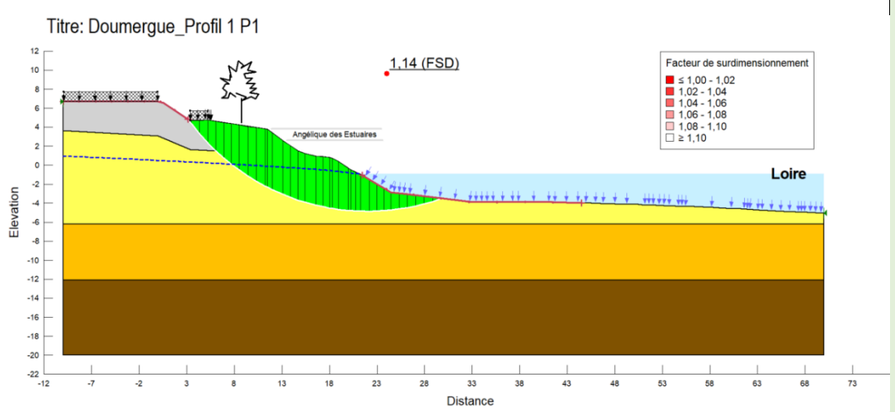
Figure 6-2 : Modèle GEOSTUDIO - P1

6.3 RESULTATS DES CALCULS DE STABILITE

La stabilité au-dessus du chemin est équivalente pour les 4 situations.

Au-dessus du chemin piéton	Stabilité vérifiée
	**FS = 1,11**

	Niveau Moyen	Stabilité vérifiée	Basse Mer Moyenne de Morte Eau	Stabilité vérifiée
Haut		FS = 1,57		FS = 1,75
Intermédiaire		FS = 1,02		FS = 0,93
Global		FS = 1,22		FS = 1,14

	Basse Mer Moyenne de Vive Eau	Stabilité vérifiée	Plus Basse Marée Astronomique	Stabilité vérifiée
Haut		FS = 1,75		FS = 1,76
Intermédiaire		FS = 0,93		FS = 0,93
Global		FS = 1,13		FS = 1,14

6.4 SYNTHESE DE L'ETAT INITIAL

Le tableau suivant présente la synthèse des calculs de stabilité selon les différentes sollicitations.

ELU Fondamental	FS requis	Haut	Intermédiaire	Global	Au-dessus du chemin
COMB 1 – Niveau Moyen	1,10	1,57	1,02	1,22	1,11
COMB 2 – BMME		1,75	0,93	1,14	
COMB 3 – BEMV		1,75	0,93	1,12	
COMB 4 – PBMA		1,76	0,94	1,14	

Tableau 6-3 : Synthèse des facteurs de sécurité – P1 (Actuel)

Il apparait que, conformément à l'Approche 3 de l'EC 7 :

- Le talus au-dessus du chemin piéton est stable
- La partie haute de la berge est stable.
- La partie intermédiaire ne vérifie pas le critère de stabilité au glissement. Les cercles de glissement sont identifiés dans la couche d'alluvions sableuses.

En l'état actuel, la stabilité au grand glissement est vérifiée.

6.5 CONFORTEMENT ENVISAGE

La mise en œuvre d'une recharge en enrochements (2,5H/1V) appuyée sur un écran de soutènement en pied est préconisée. Une protection en enrochements supplémentaires est envisagée pour éviter l'affouillement coté Loire du rideau.

Note : La possibilité de mise en œuvre du rideau de palplanche est soumise à validation en phase G2 PRO, la géométrie du substratum n'est à ce stade pas bien connue.

La figure ci-dessous présente le profil P1 conforté.

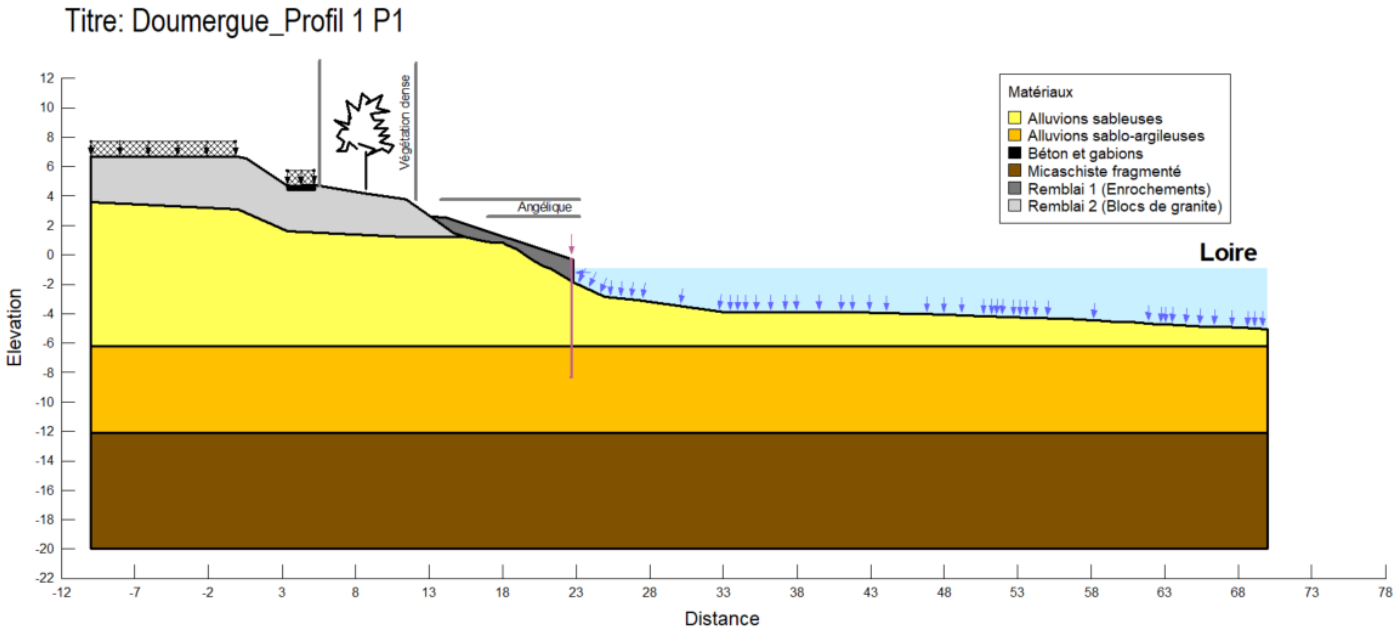


Figure 6-3 : Confortement du profil P1 par reprofilage et recharge (NM)

Le tableau suivant présente les facteurs de sécurité obtenus si une recharge en enrochements est mise en œuvre.

ELU Fondamental	FS requis	Haut	Intermédiaire	Global
COMB 1 – Niveau Moyen	1,10	1,95	1,42	1,36
COMB 2 – BMME		2,13	1,29	1,25
COMB 3 – BEMV		2,15	1,25	1,22
COMB 4 – PBMA		2,15	1,19	1,18

Tableau 6-4 : Synthèse des facteurs de sécurité – P1 (Confortement par recharge)

En parallèle, les alluvions sableuses sont particulièrement sensibles aux différents phénomènes d'érosion. On distingue :

- L'érosion externe sollicitation de la Loire et notamment le marnage ;
- L'érosion interne causée par les différents écoulements dans la berge.

Les risques d'érosion peuvent être minimisés par la mise en œuvre de filtres et par l'utilisation d'un géotextile.

7 PROFIL P1 BIS

7.1 LOCALISATION ET PROFIL EN TRAVERS

Le profil P1BIS correspond au profil de la zone d'éboulement/glissement en cours entre les PM97 et 107 sur le tronçon 1.

La figure ci-dessous présente ce profil.

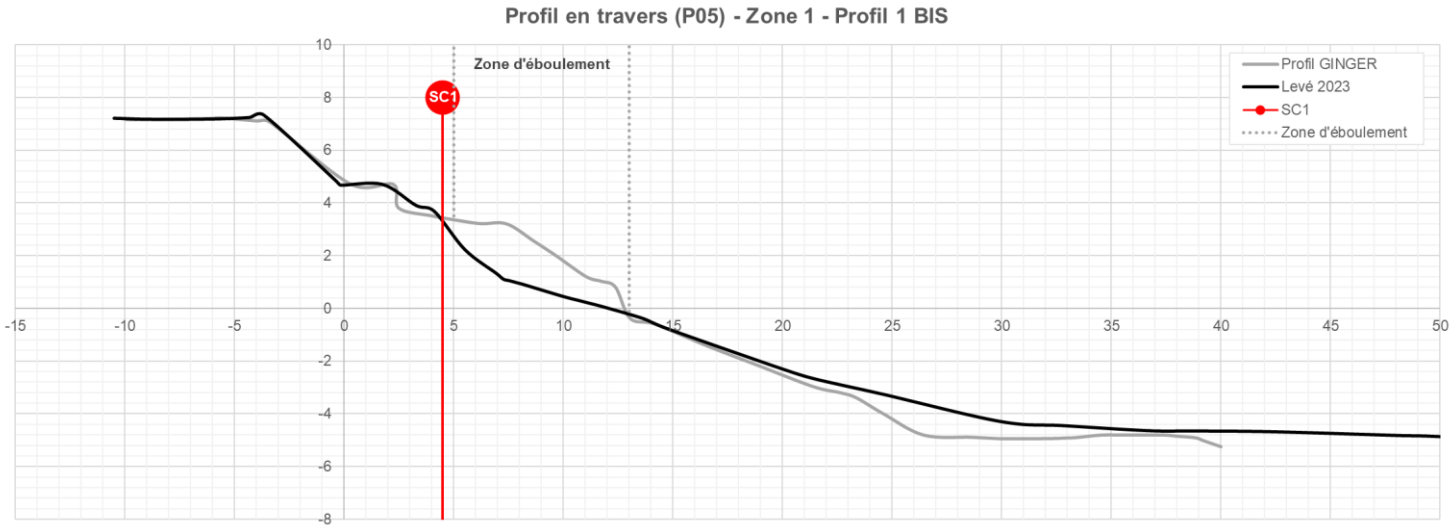


Figure 7-1 : Profil en travers et vue en plan du profil étudié

7.2 MODELE GEOTECHNIQUE

Le sondage SC1 a été réalisé au droit du profil P1BIS. Les hypothèses géotechniques sont similaires au profil P1.

La figure ci-dessous présente le modèle géotechnique étudié pour P1bis.

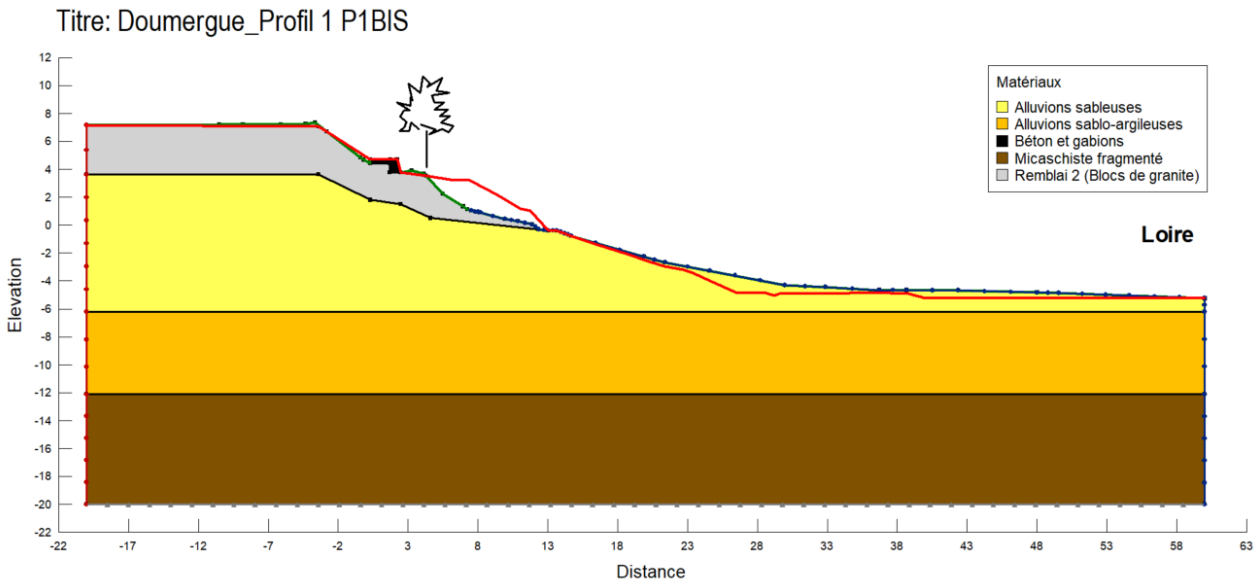
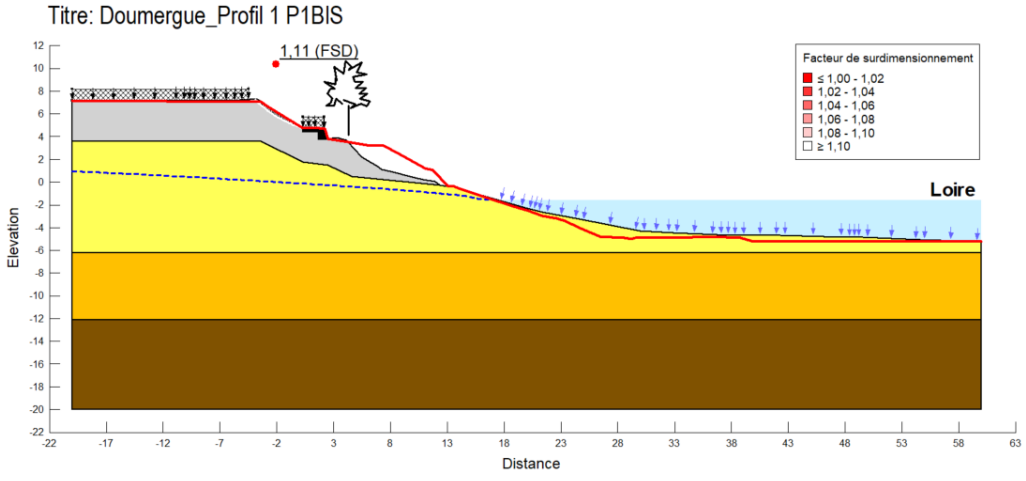


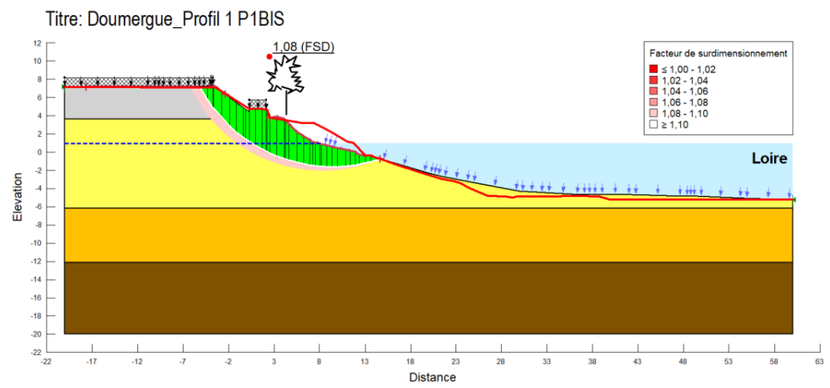
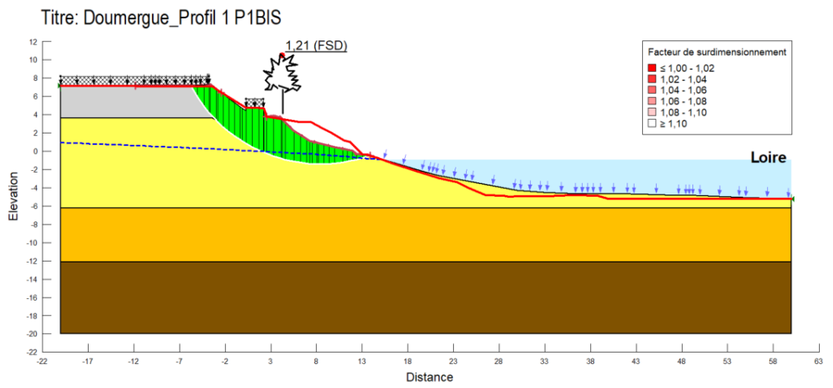
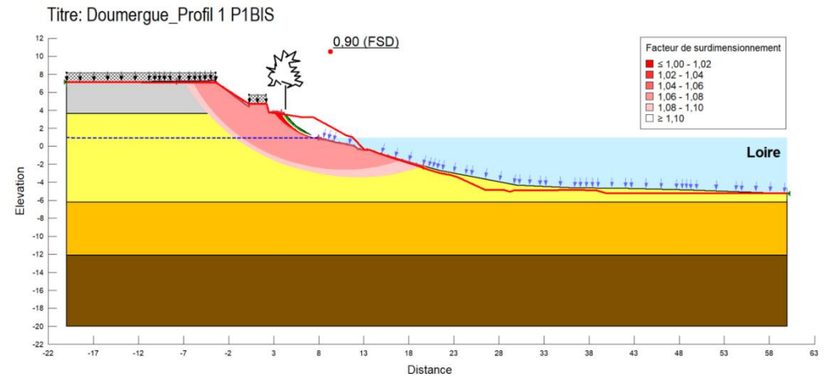
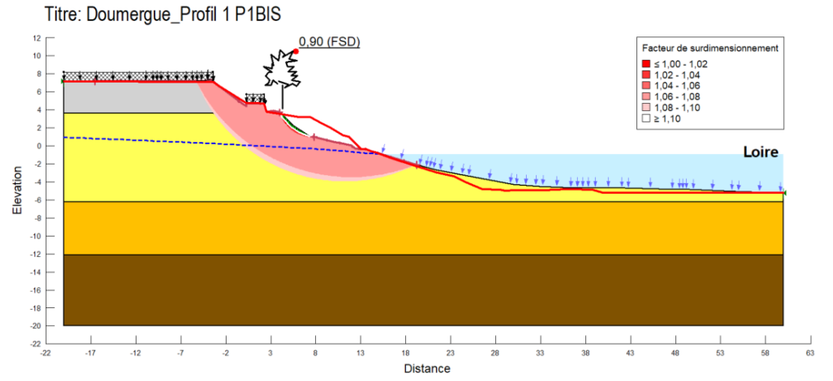
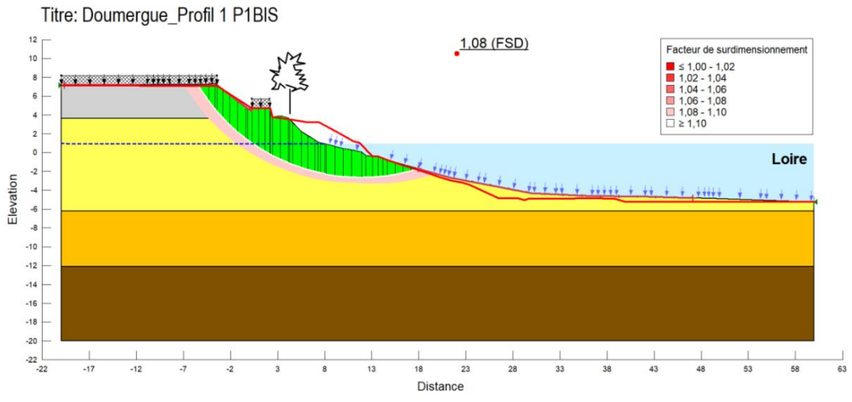
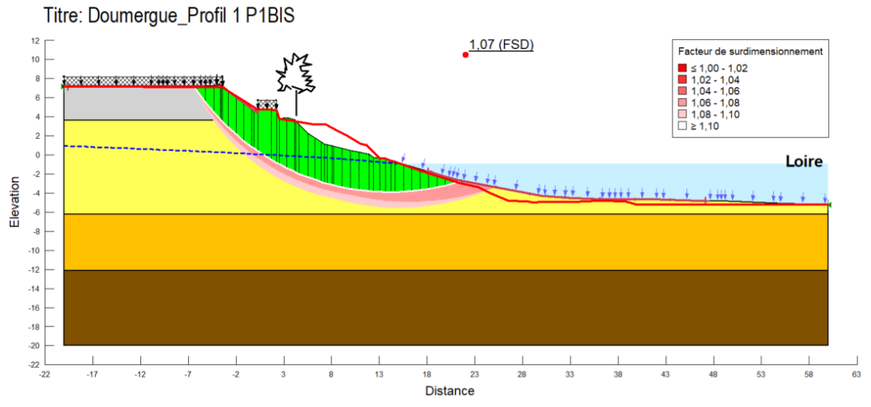
Figure 7-2 : Modèle Geostudio - P1BIS

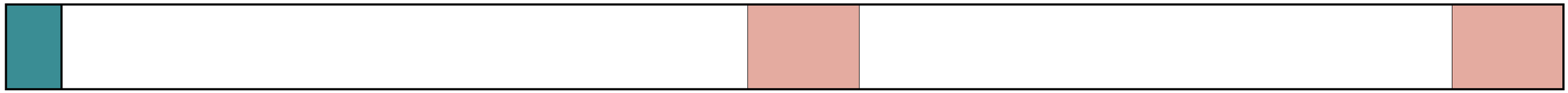
Note : Le profil avant glissement est présenté par la ligne rouge.

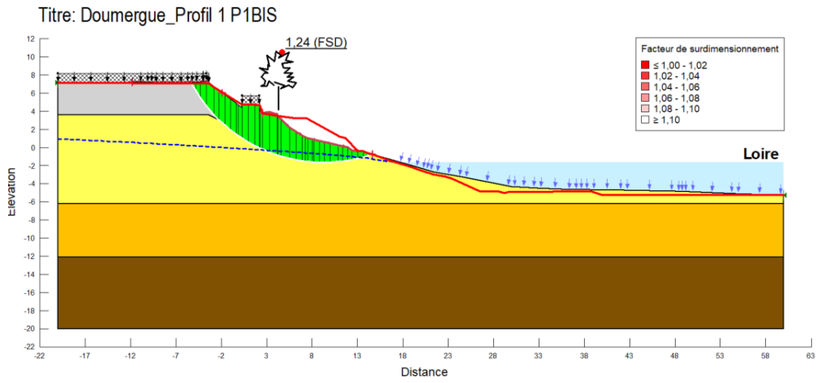
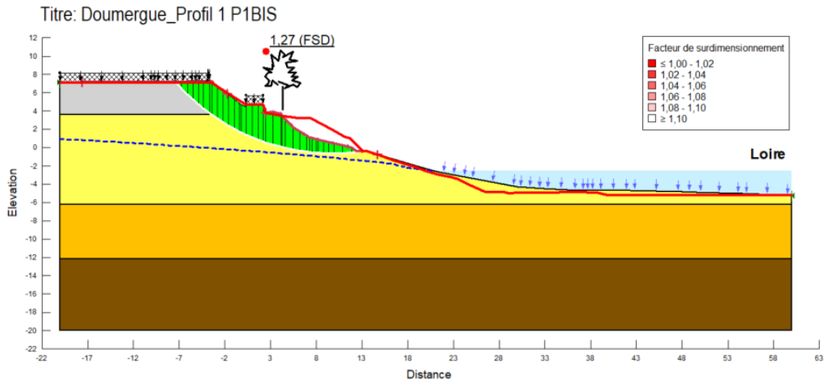
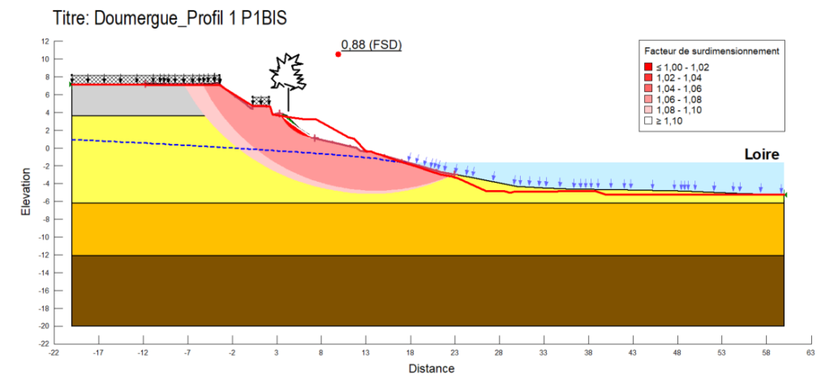
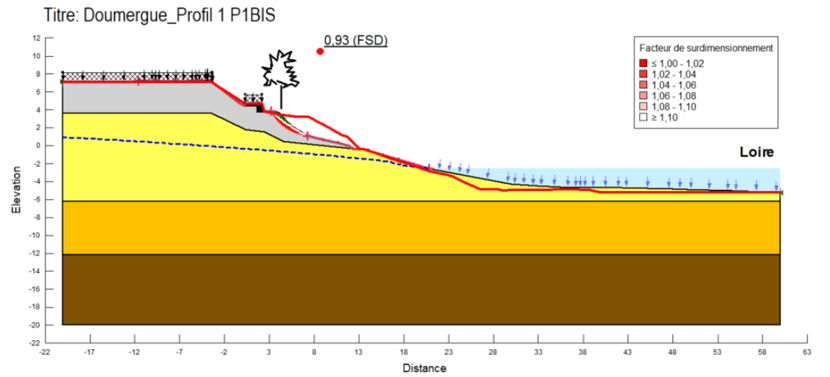
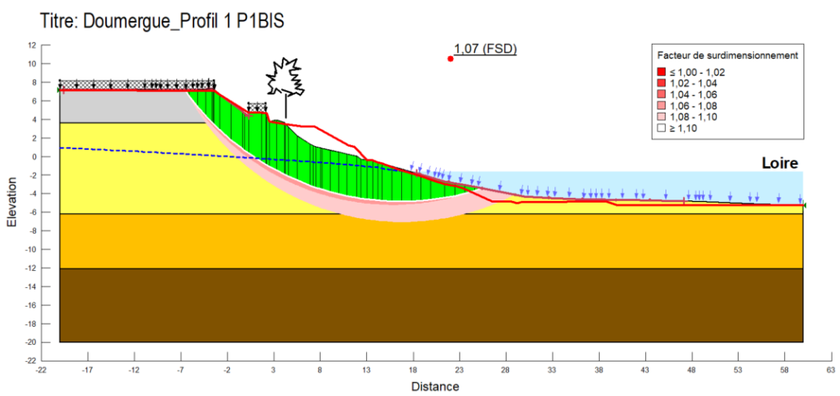
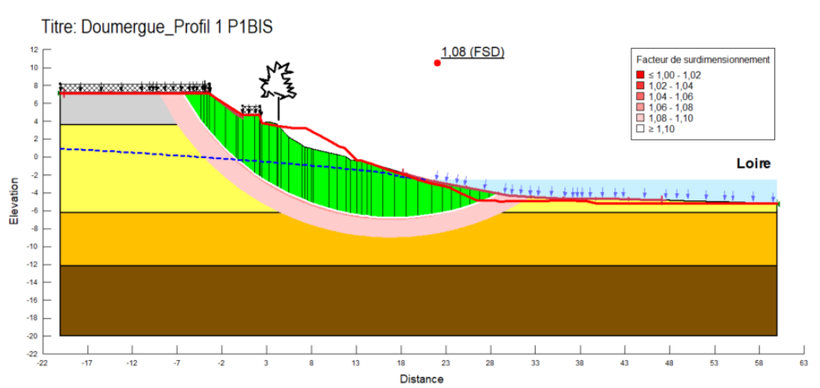
7.3 RESULTATS DES CALCULS DE STABILITE

La stabilité au-dessus-du chemin est équivalente pour les 4 situations.

Au-dessus du chemin piéton	Stabilité vérifiée
	**FS = 1,11**

	Niveau Moyen	Stabilité vérifiée	Basse Mer Moyenne de Morte Eau	Stabilité vérifiée
Haut		FS = 1,08		FS = 1,21
Intermédiaire		FS = 0,90 (Correspond à la zone de glissement actuelle)		FS = 0,90 (Correspond à la zone de glissement actuelle)
Global		FS = 1,09		FS = 1,07



	Basse Mer Moyenne de Vive Eau	Stabilité vérifiée	Plus Basse Marée Astronomique	Stabilité vérifiée
Haut		FS = 1,24		FS = 1,27
Intermédiaire		FS = 0,88		FS = 0,93
Global		FS = 1,07		FS = 1,08

7.4 SYNTHESE DE L'ETAT INITIAL

Le tableau suivant présente la synthèse des calculs de stabilité selon les différentes sollicitations.

ELU Fondamental	FS requis	Haut	Intermédiaire	Global	Au-dessus du chemin
		Scénario 2			Scénario 1
COMB 1 – Niveau Moyen	1,10	1,08	0,90	1,09	1,11
COMB 2 – BMME		1,04	0,90	1,07	
COMB 3 – BEMV		1,24	0,88	1,07	
COMB 4 – PBMA		1,27	0,93	1,08	

Tableau 7-1 : Synthèse des facteurs de sécurité

Au droit de ce profil, il apparait que conformément à l'EC7 :

- le talus au-dessus du chemin est stable,
- la stabilité n'est pas acquise pour les talus haut et intermédiaire,
- la stabilité n'est pas acquise pour le glissement global.

7.5 CONFORTEMENT ENVISAGE

Le confortement envisagé est similaire à la solution proposée pour le profil P1 à la différence que le rechargement en enrochements atteint la cote 3,7 m NGF soit 1,10 m plus haut que le profil P1.

La figure ci-dessous présente le profil de calcul conforté.

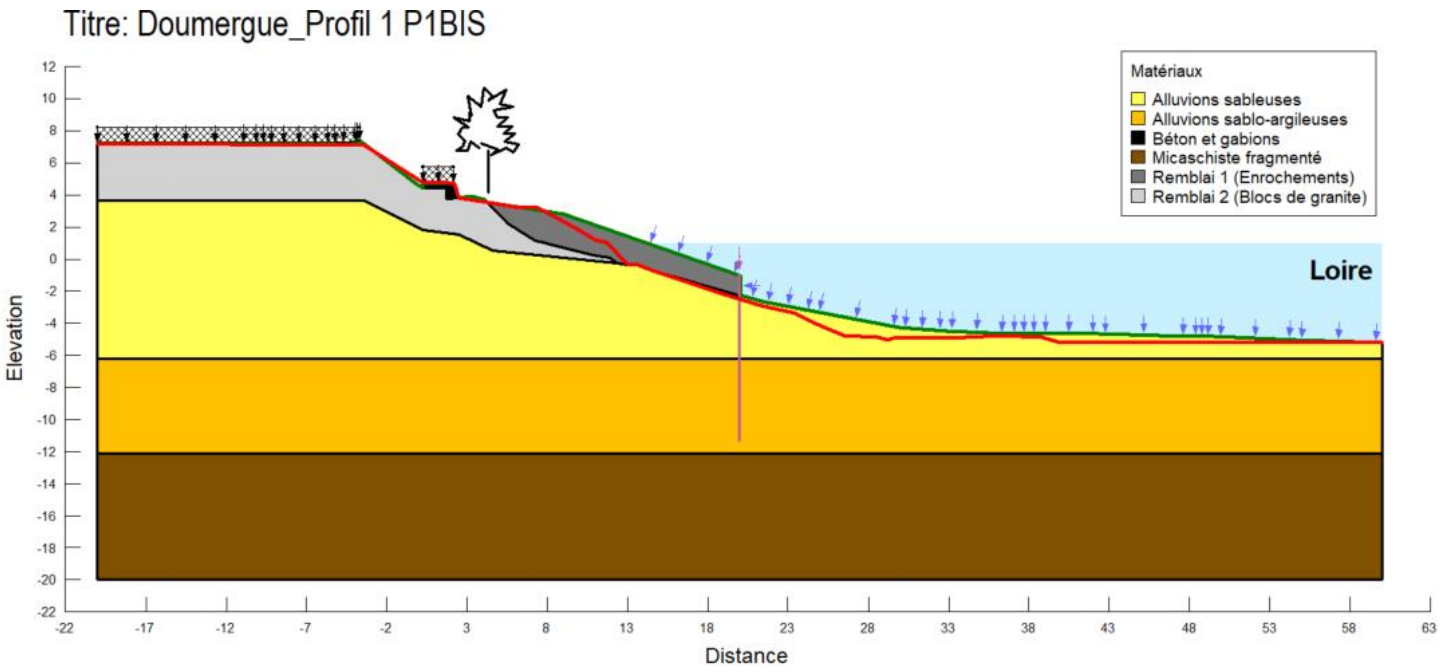


Figure 7-3 : Confortement du profil P1BIS avec recharge en enrochements et palplanches

Le tableau suivant présente la synthèse des calculs de stabilité en situation confortée.

ELU Fondamental	FS requis	Haut	Intermédiaire	Global
COMB 1 – Niveau Moyen	1,10	1,56	1,40	1,44
COMB 2 – BMME		1,57	1,57	1,30
COMB 3 – BEMV		1,59	1,63	1,26
COMB 4 – PBMA		1,59	1,63	1,21

Tableau 7-2 : Synthèse des facteurs de sécurité

En parallèle et de manière analogue au profil P1, un dispositif de filtration (géotextile est mis en œuvre) et une contrebutée en arrière du rideau de soutènement. Cette contrebutée permettra également de prévenir le risque d'affouillement au pied du rideau de palplanches.

8 PROFIL P1TER

8.1 LOCALISATION ET PROFIL EN TRAVERS

Le profil P1TER est représentatif de la zone entre PM135 et PM190 sur 55 m.

La figure suivante présente le profil en travers du profil P1TER. Il s'agit d'un profil présentant deux chemins en partie haute.

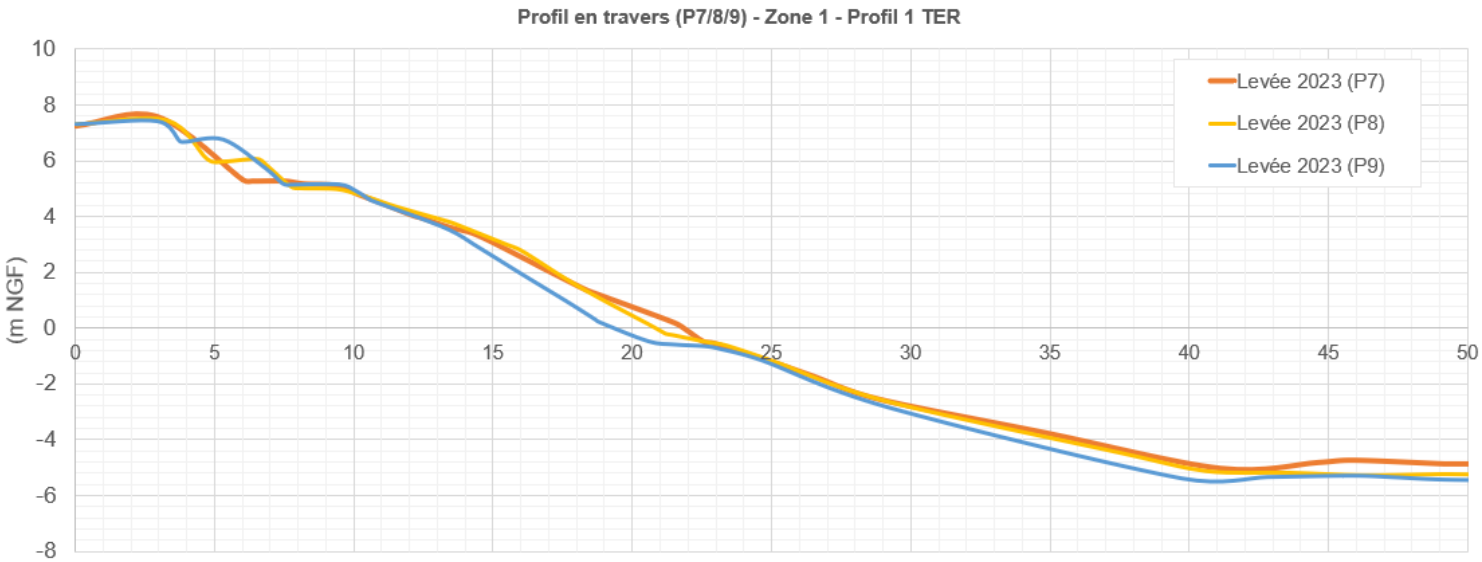


Figure 8-1 : Profil en travers du profil étudié

8.2 MODELE GEOTECHNIQUE

Le modèle géotechnique a été défini à partir du sondage SC2 réalisé à proximité. Le détail des propriétés retenues pour chaque couche est présenté ci-dessous.

	Loi de comportement	Cote toit (m NGF)	Cote base (m NGF)	γ_h (kN/m^3)	c' (kPa)	φ' (°)	K (m/s)
Remblai (Blocs de granite dans une matrice sableuse)	Mohr-Coulomb	7,33	1,21	18	0	40	1,00E-04
Alluvions sableuses	Mohr-Coulomb	1,21	-10,19	17	0	31*	1,00E-05
Argile « molle » plastique	Mohr-Coulomb	-10,19	-10,81	17	5	25	1,00E-07
Argile plastique ferme	Mohr-Coulomb	-10,81	-	17	5	25	1,00E-07

Tableau 8-1 : Caractéristiques géotechniques du modèle P2

*Note : * L'angle de frottement effectif des alluvions sableuses correspond au minimum des résultats des essais de cisaillement dans la présente couche.*

Le tableau suivant présente les résultats des essais de laboratoire sur les alluvions sableuses sur SC2

	SC2 – alluvions sableuses	
GTR	0,01 ; -0,79 M NGF	D1 (VBS : 0,09)
Cisaillement direct		c'=0 kPa ; φ' = 31°

Tableau 8-2 : Résultats des essais de laboratoire sur les alluvions sableuses

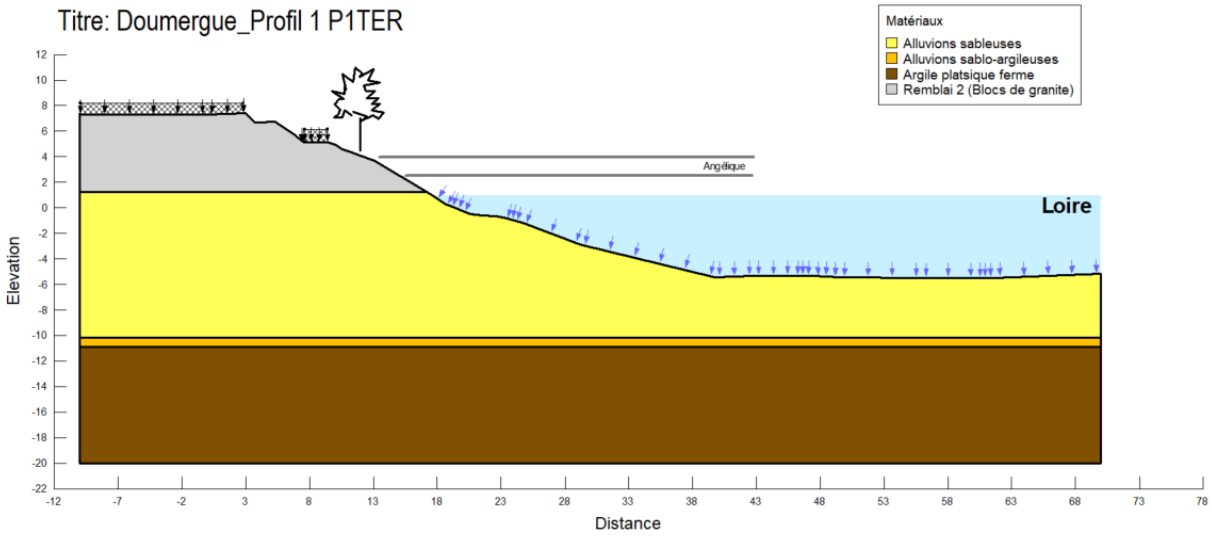
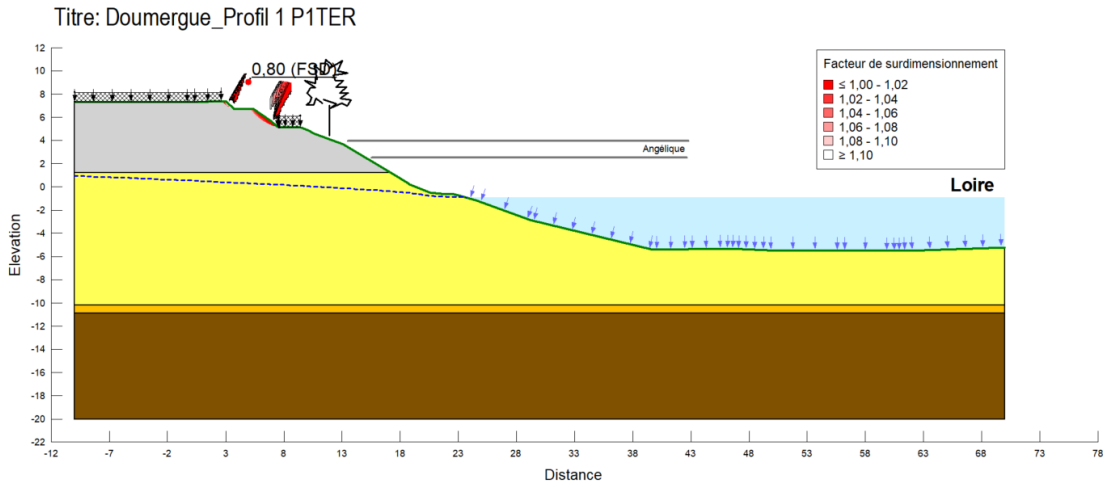
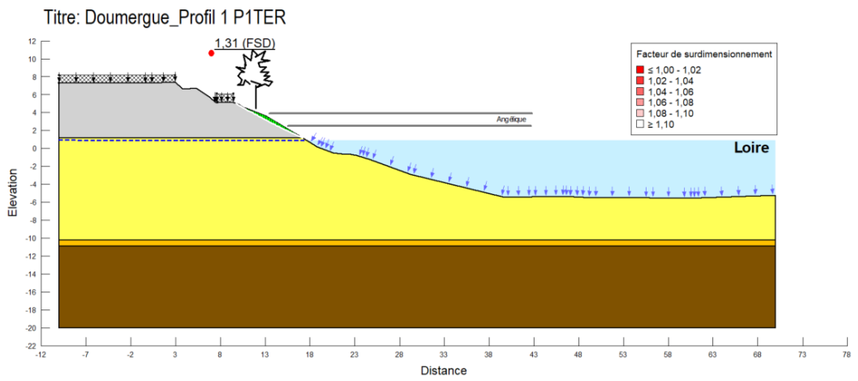
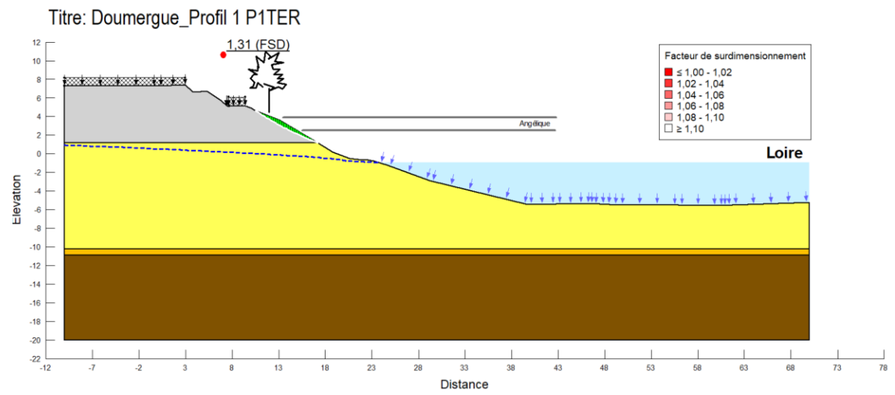
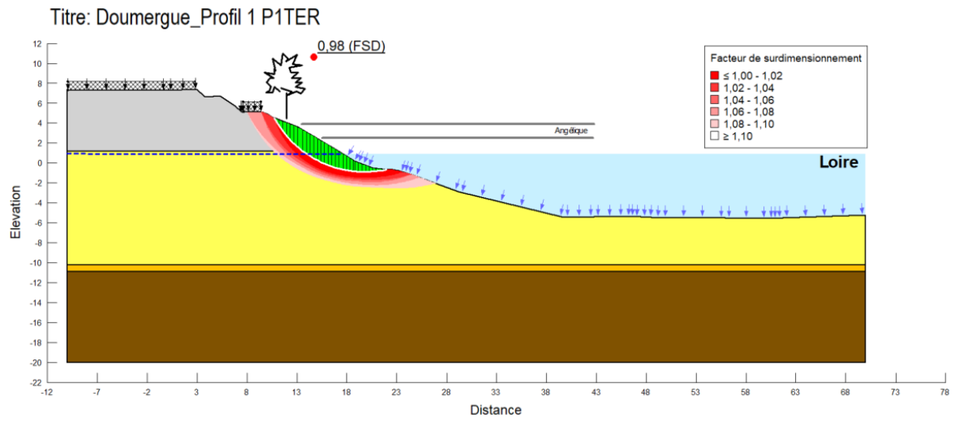
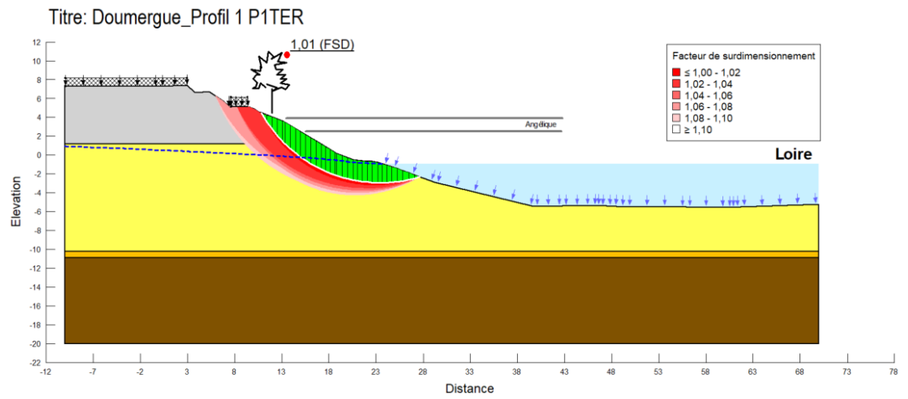
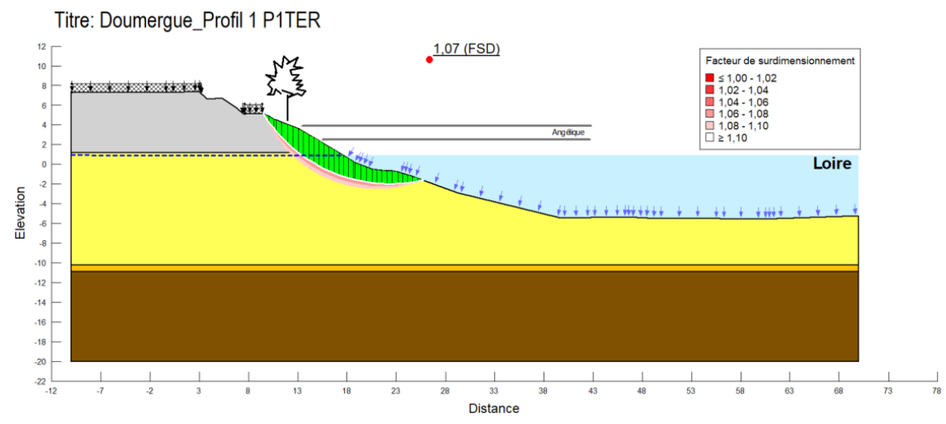
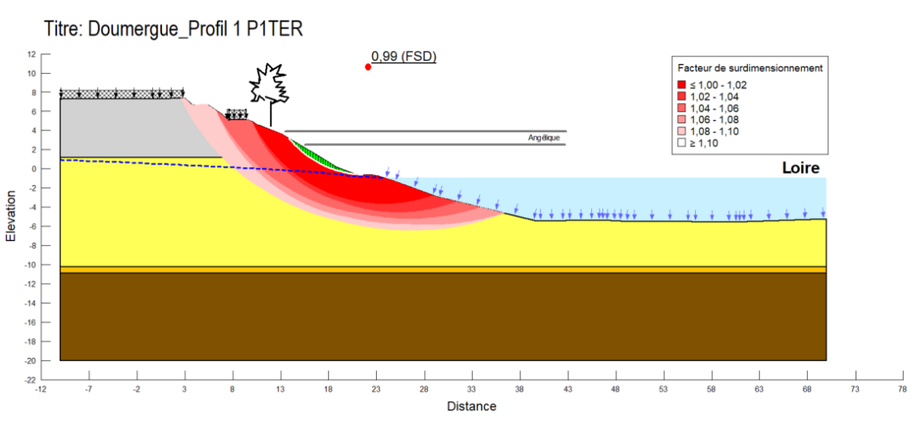


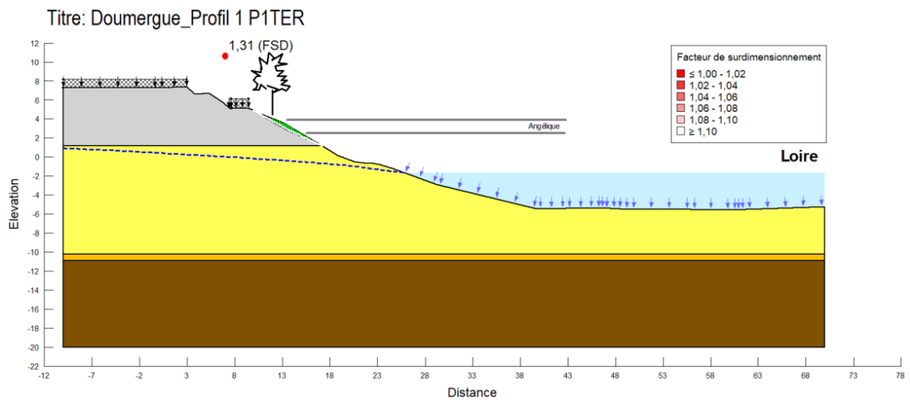
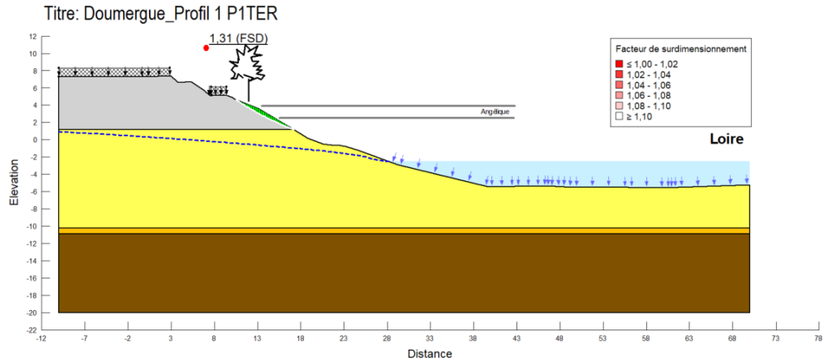
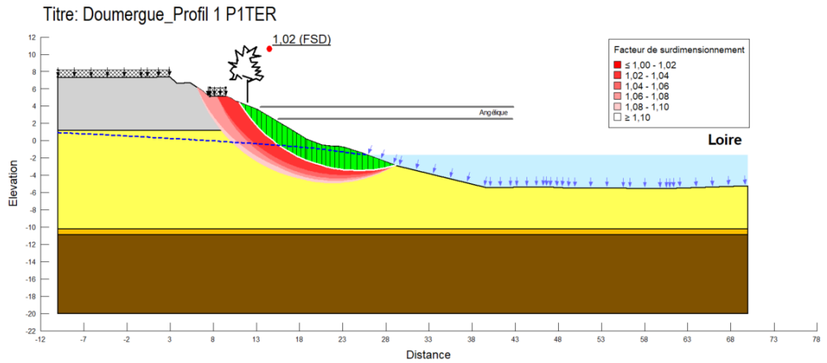
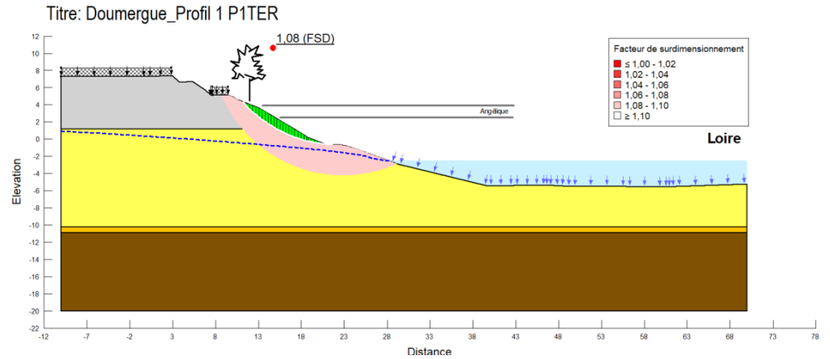
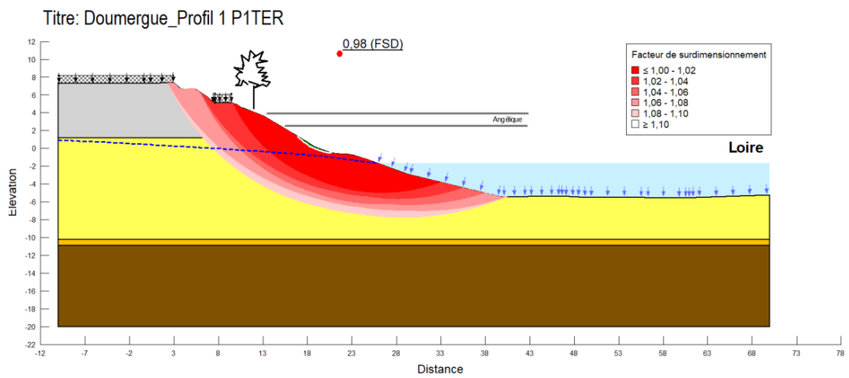
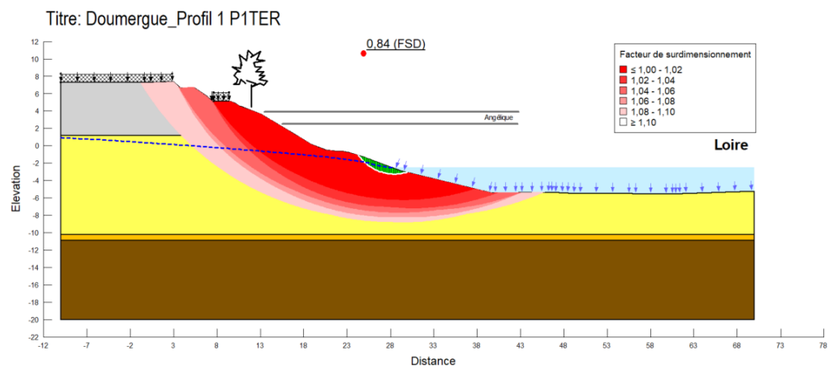
Tableau 8-3 : Modèle Geostudio - Profil P1TER

8.3 RESULTATS DES CALCULS DE STABILITE

La stabilité au-dessus du chemin est équivalente pour les 4 situations.

Au-dessus du chemin piéton	Stabilité vérifiée
	**FS = 0,80** **Glissements de peau**

	Niveau Moyen	Stabilité vérifiée	Basse Mer Moyenne de Morte Eau	Stabilité vérifiée
Haut		FS = 1,31		FS = 1,31
Intermédiaire		FS = 0,98		FS = 1,01
Global		FS = 1,07		FS = 0,99

	Basse Mer Moyenne de Vive Eau	Stabilité vérifiée	Plus Basse Marée Astronomique	Stabilité vérifiée
Haut		FS = 1,30		FS = 1,31
Intermédiaire		FS = 1,02		FS = 1,08
Global		FS = 0,98		FS = 0,84

8.4 SYNTHESE DE L'ETAT INITIAL

Le tableau suivant présente la synthèse des calculs de stabilité selon les différentes sollicitations.

ELU Fondamental	FS requis	Haut	Intermédiaire	Global	Au-dessus du chemin
COMB 1 – Niveau Moyen	1,10	1,31	0,88	1,08	0,80
COMB 2 – BMME		1,31	1,01	0,99	
COMB 3 – BEMV		1,30	1,02	0,98	
COMB 4 – PBMA		1,31	1,08	0,84	

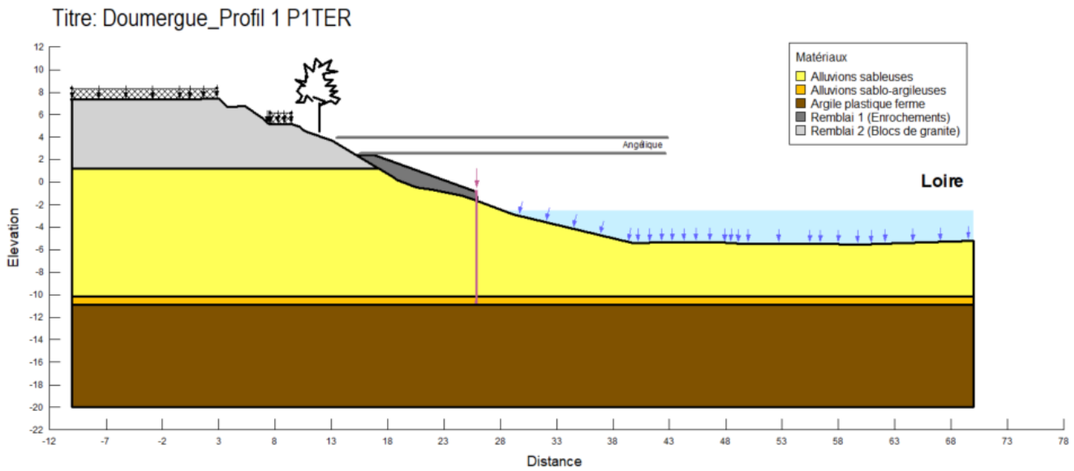
Tableau 8-4 : Synthèse des facteurs de sécurité

Sur ce profil, il apparait que la stabilité de la berge nécessite un confortement permettant de traiter les glissements du talus intermédiaire et global. La lithologie de ce profil est particulièrement défavorable à cause de l'épaisseur conséquente de la couche d'alluvions sableuses.

Note : Au-dessus du chemin piéton sur dalle/gabion, la stabilité du talus n'est pas acquise (FS < 1,10) selon l'Approche 3 des EC7. Toutefois, une recharge complète en enrochements ne parait pas adaptée. Ces cercles de glissement nous semblent acceptables ou pourraient être aisément éliminer par un simple reprofilage du talus. Il s'agit de glissements de peau non préjudiciables.

8.5 CONFORTEMENT ENVISAGE

La figure ci-dessous présente le modèle conforté.



Le tableau suivant présente la synthèse des calculs de stabilité en situation confortée.

ELU Fondamental	FS requis	Haut	Intermédiaire	Global
COMB 1 – Niveau Moyen	1,10	1,45	1,39	1,45
COMB 2 – BMME		1,45	1,61	1,33
COMB 3 – BEMV		1,45	1,67	1,29
COMB 4 – PBMA		1,45	1,68	1,23

Tableau 8-5 : Synthèse des facteurs de sécurité

En parallèle et de manière analogue au profil P1, un dispositif de filtration (géotextile est mis en œuvre) et une contrebutée en arrière du rideau de soutènement. Cette contrebutée permettra également de prévenir le risque d'affouillement au pied du rideau de palplanches.

9 PROFIL P2

9.1 LOCALISATION ET PROFIL EN TRAVERS

La figure suivante présente le profil en travers du profil P2 qui représente la zone comportant le glissement en cours entre les PM 190 et PM 204. Il s'agit du profil le plus critique du linéaire.

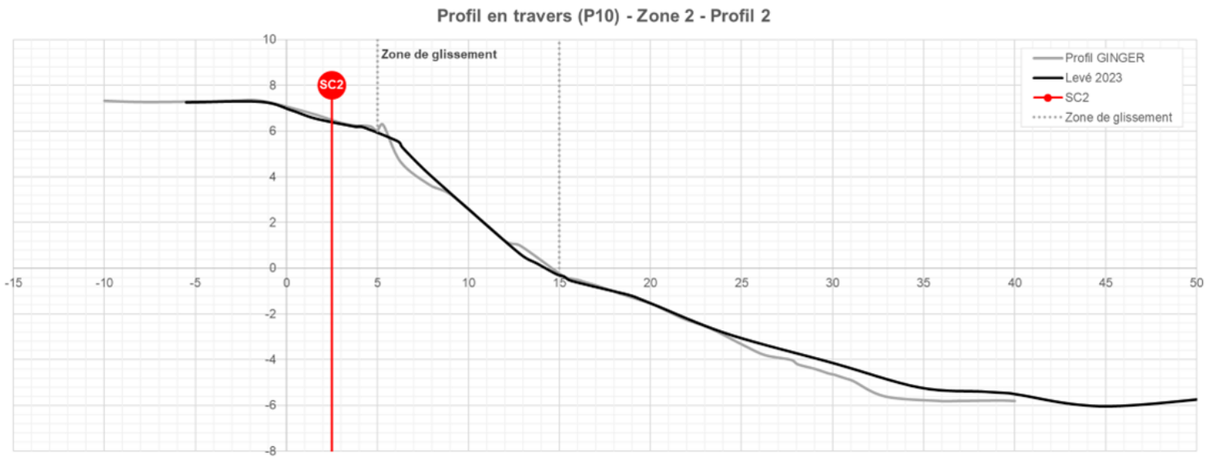


Figure 9-1 : Profil en travers du profil étudié

Note : La topographie du présent profil nous semble discutable. On s'interroge sur le nombre de points de levés terrestres réalisé dans la zone glissée.

9.2 MODELE GEOTECHNIQUE

Le modèle géotechnique utilisé est similaire à celui de la zone P1 ter, il est présenté ci-dessous.

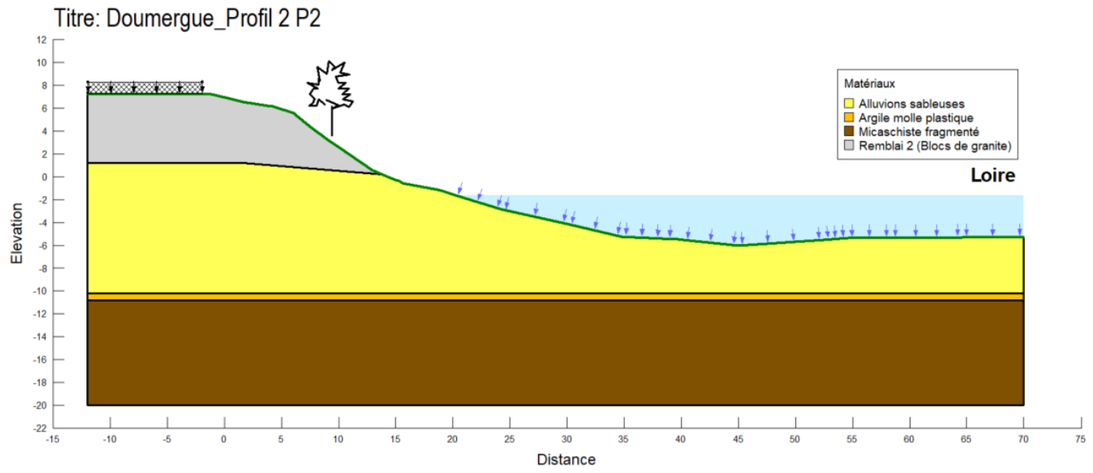
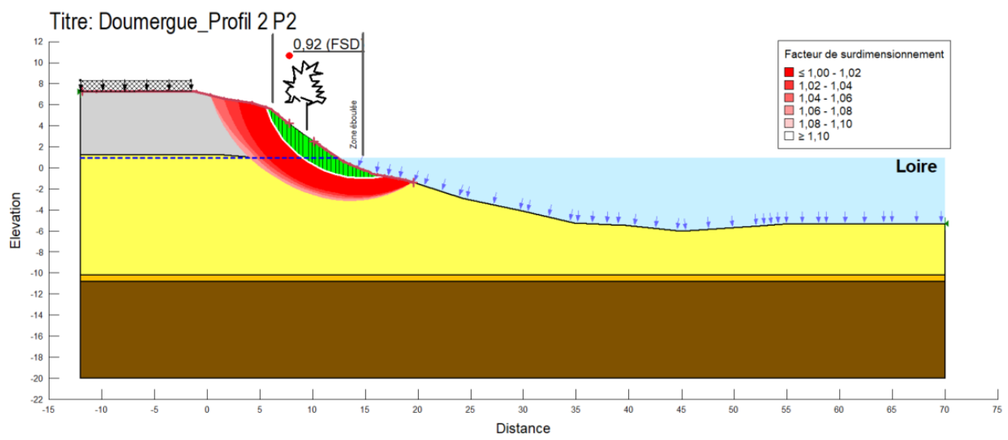
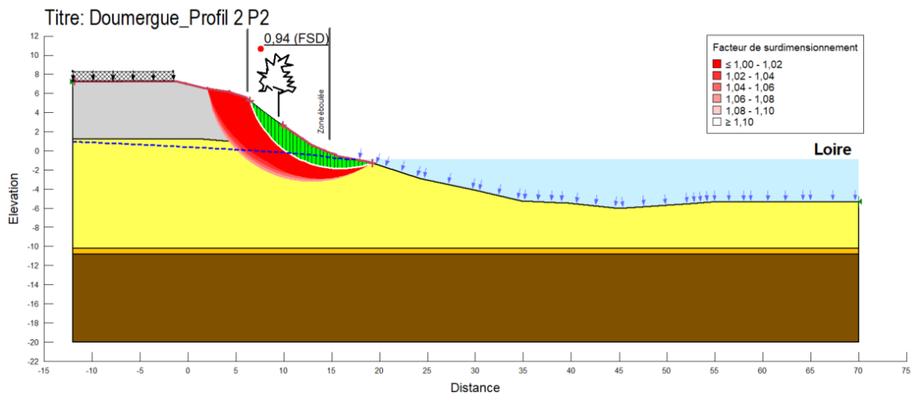
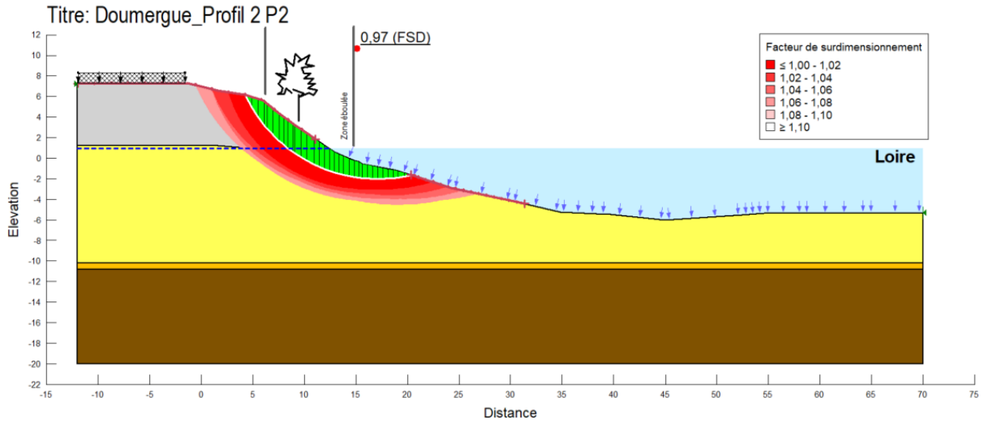
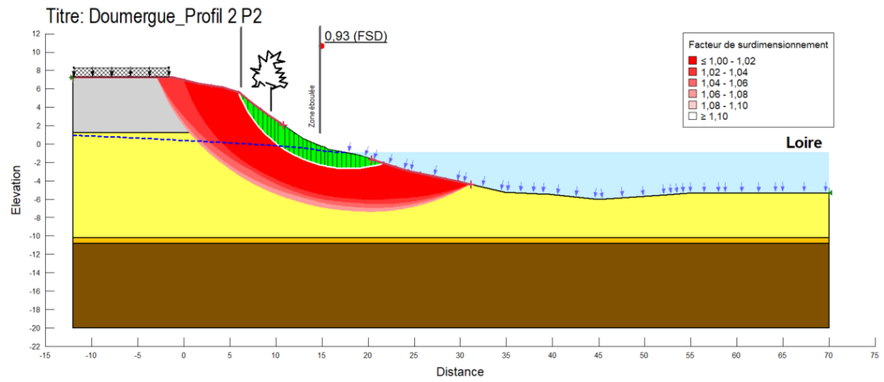
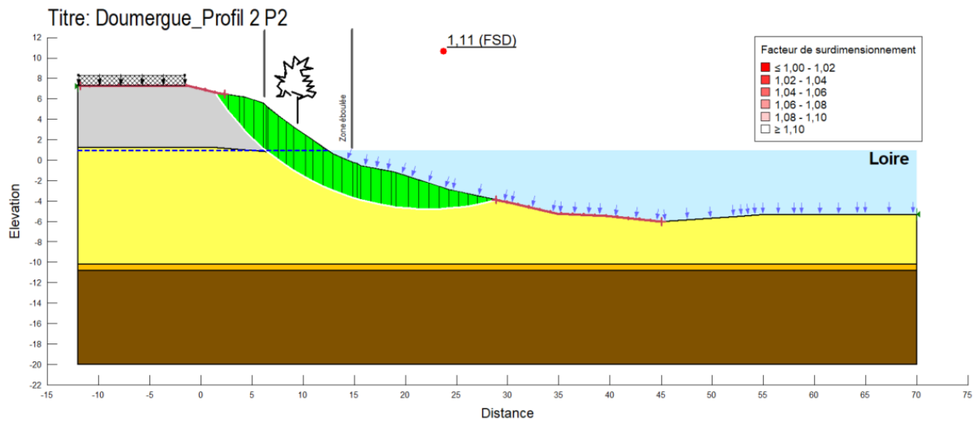
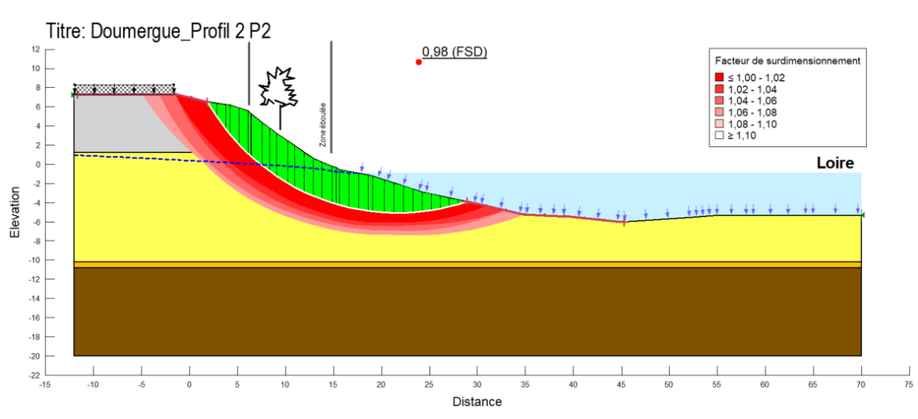
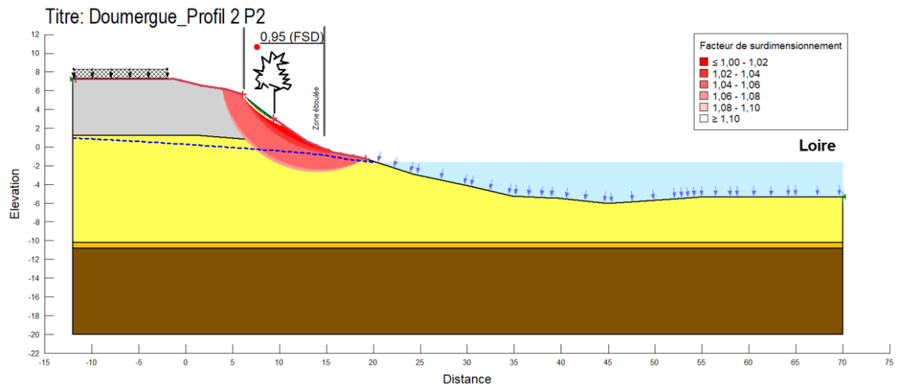
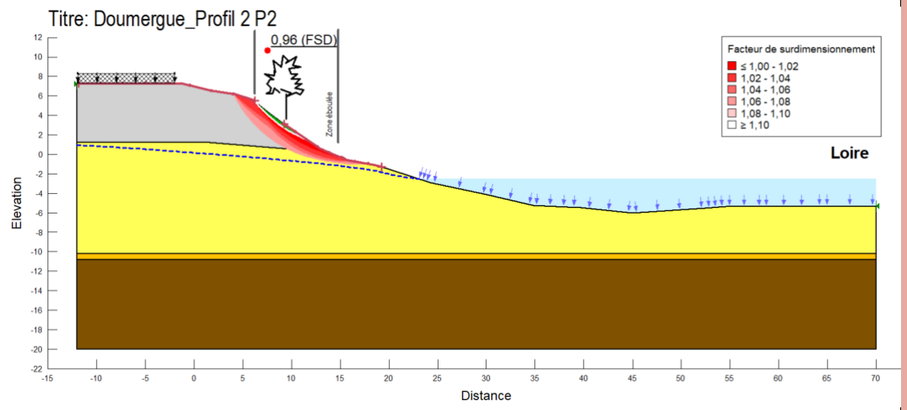
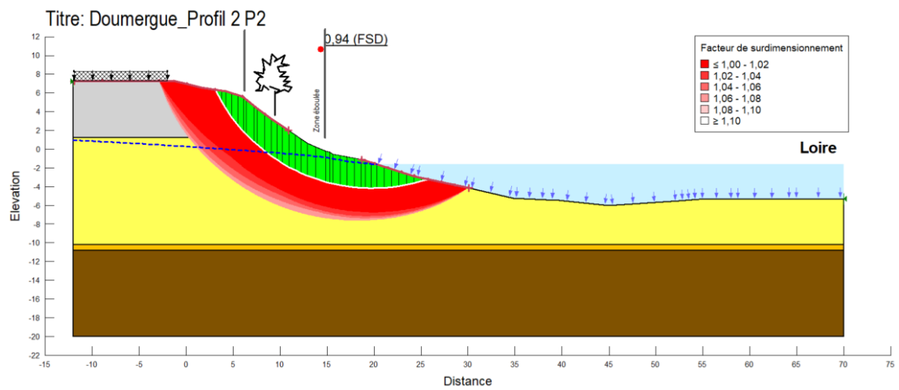
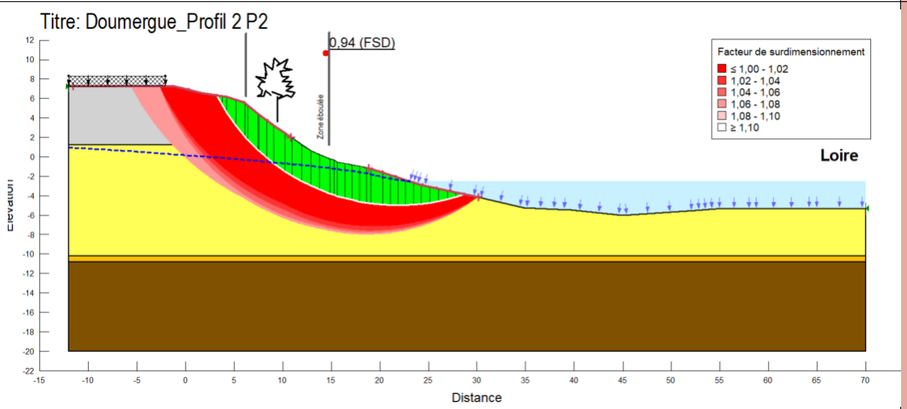
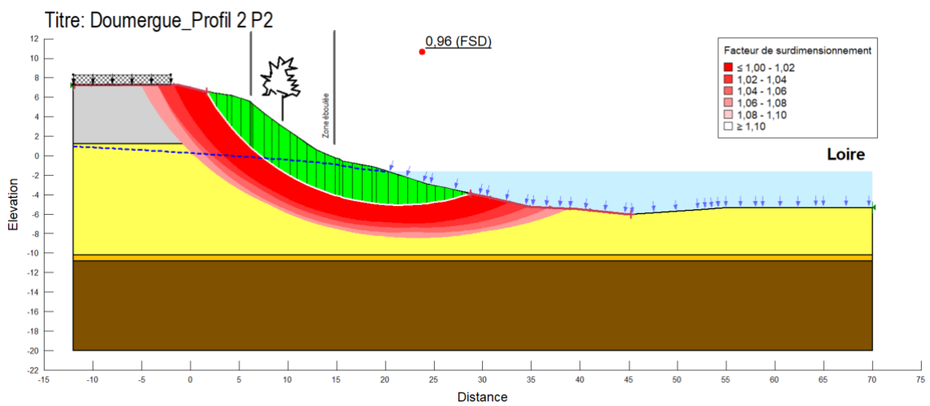
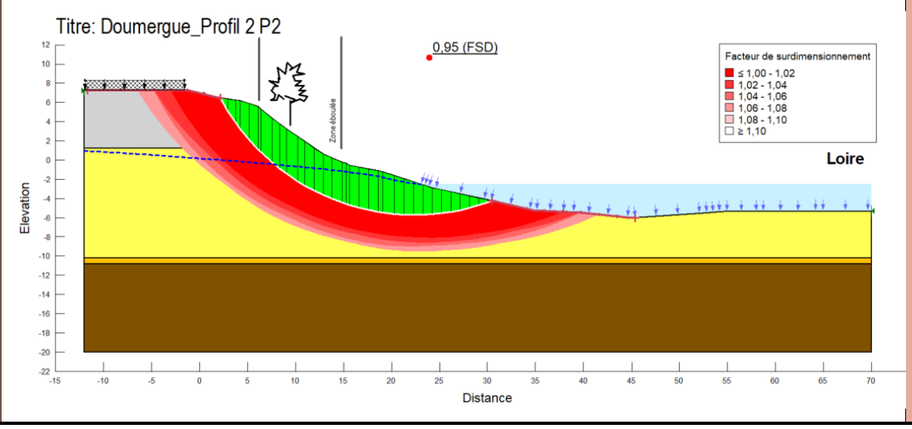


Figure 9-2 : Modèle Geostudio - P2

	Niveau Moyen	Stabilité vérifiée	Basse Mer Moyenne de Morte Eau	Stabilité vérifiée
Haut		FS = 0,92		FS = 0,94
Intermédiaire		FS = 0,97		FS = 0,93

Global		FS = 1,11		FS = 0,98

	Basse Mer Moyenne de Vive Eau	Stabilité vérifiée	Plus Basse Marée Astronomique	Stabilité vérifiée
Haut		FS = 0,95		FS = 0,96
Intermédiaire		FS = 0,94		FS = 0,94
Global		FS = 0,96		FS = 0,95

9.3 SYNTHESE DE L'ETAT INITIAL

Le tableau suivant présente la synthèse des calculs de stabilité selon les différentes sollicitations.

ELU Fondamental	FS requis	Haut	Intermédiaire	Global
COMB 1 – Niveau Moyen	1,10	0,92	0,97	1,11
COMB 2 – BMME		0,94	0,93	0,98
COMB 3 – BEMV		0,95	0,94	0,96
COMB 4 – PBMA		0,96	0,94	0,95

Tableau 9-1 : Synthèse des facteurs de sécurité

Sur ce profil, il apparait que la stabilité de l'ensemble des talus n'est pas acquise.

9.4 CONFORTEMENT ENVISAGE

La figure ci-dessous présente le modèle conforté.

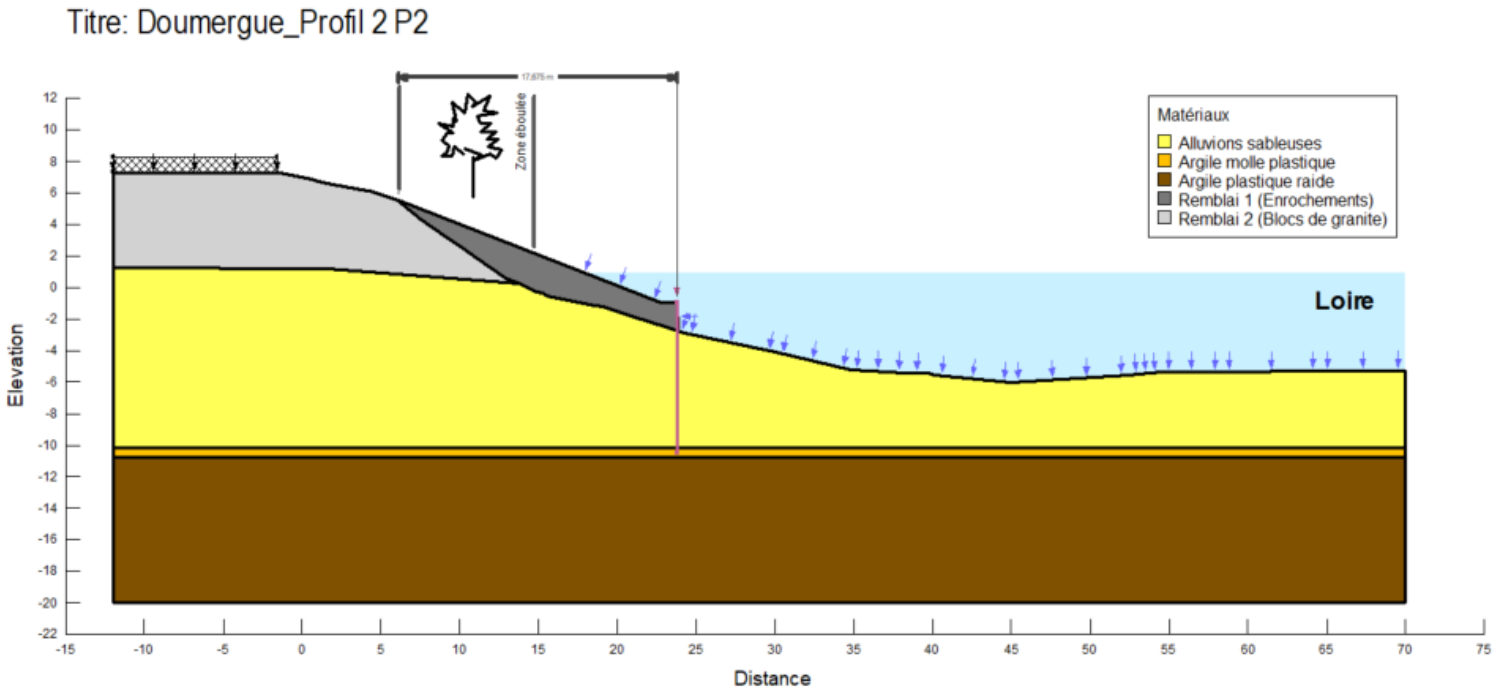


Figure 9-3 : Confortement du profil P2 par recharge et mise en œuvre d'un rideau de palplanches

Le tableau suivant présente la synthèse des calculs de stabilité en situation confortée.

ELU Fondamental	FS requis	Haut	Bas*	Global
COMB 1 – Niveau Moyen	1,10	1,32	2,17	1,37
COMB 2 – BMME		1,48	1,94	1,24
COMB 3 – BEMV		1,54	1,77	1,20
COMB 4 – PBMA		1,62	1,40	1,16

Tableau 9-2 : Synthèse des facteurs de sécurité

*Note : * Lors de la mise en œuvre du rideau, des cercles de glissement peuvent apparaitre du rideau vers le lit de la Loire. « Bas » correspond au cercle ayant pour origine le pied du rideau de palplanches.*

10 PROFIL P3

10.1 LOCALISATION ET PROFIL EN TRAVERS

Le profil P3 est le profil caractéristique pour la zone qui s'étend sur 81 m au total sur 2 secteurs :

- PM 204 à PM 240 ;
- PM 295 à PM 340.

Il s'agit d'un tronçon à forte densité de végétation et marqué par la présence d'un ancien sentier piéton qui pourra éventuellement être réhabilité ou non (2 calculs réalisés). A noter que d'un point de vue stabilité, l'ajout d'un chemin piéton entraine une surcharge d'exploitation de 5 kPa.

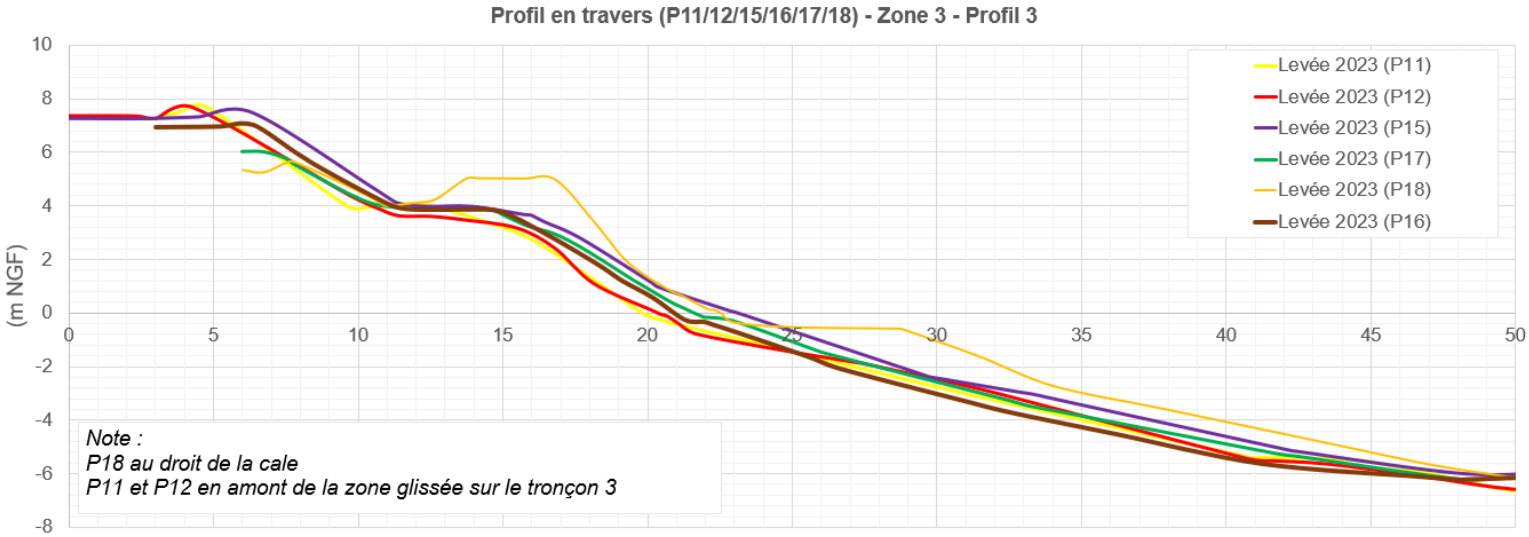


Figure 10-1 : Profil en travers du profil étudié

10.2 MODELE GEOTECHNIQUE

Suite à l'analyse du sondage SC3, le modèle géotechnique suivant a été défini. Les résultats du sondage SC3 sont interpolés linéairement et appliqués au présent profil.

	Loi de comportement	Cote toit (m NGF)	Cote base (m NGF)	γ_h (kN/m^3)	c' (kPa)	φ' (°)	K (m/s)
Remblai (Blocs de granite dans une matrice sableuse)	Mohr-Coulomb	7,38	0,20	18	0	40	1,00E-04
Alluvions sableuses	Mohr-Coulomb	0,20	-4,70	17	0	31	1,00E-05
Argile « molle » plastique	Mohr-Coulomb	-4,70	-8,15	17	5	25	1,00E-07
Argile plastique raide	Mohr-Coulomb	-8,15	-	17	5	25	1,00E-07

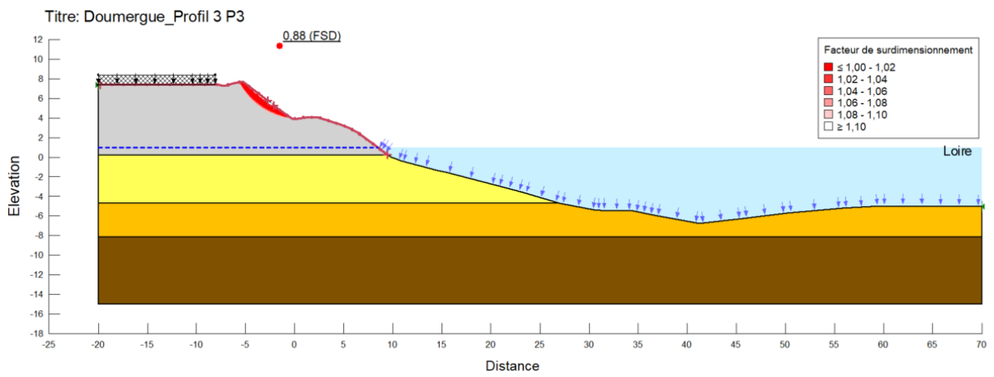
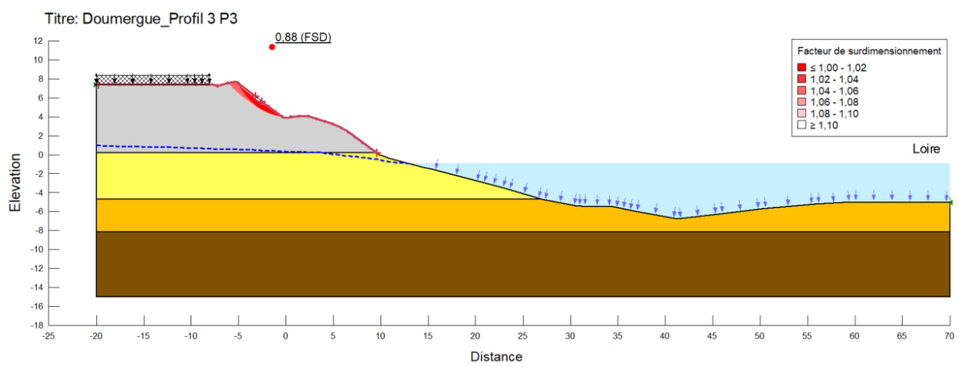
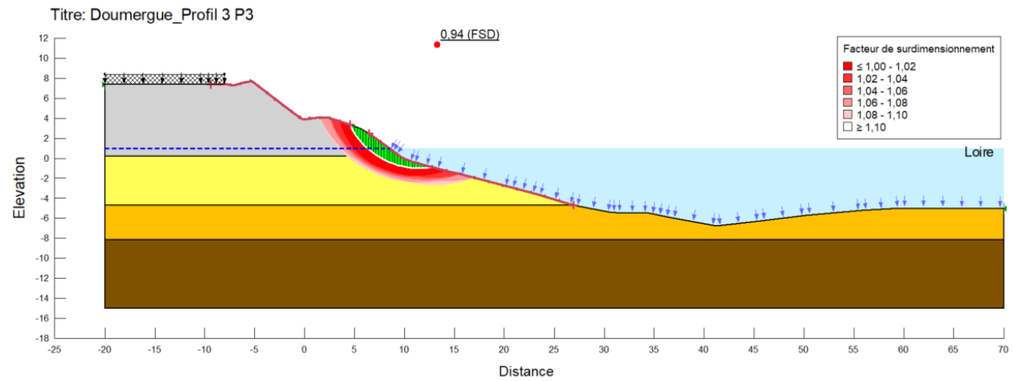
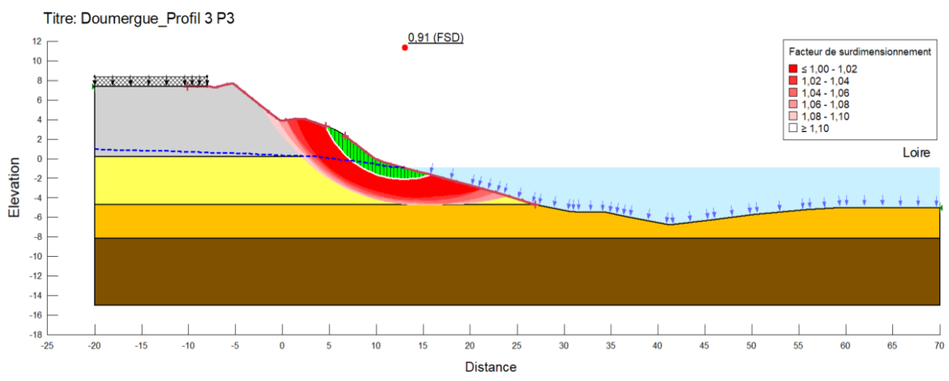
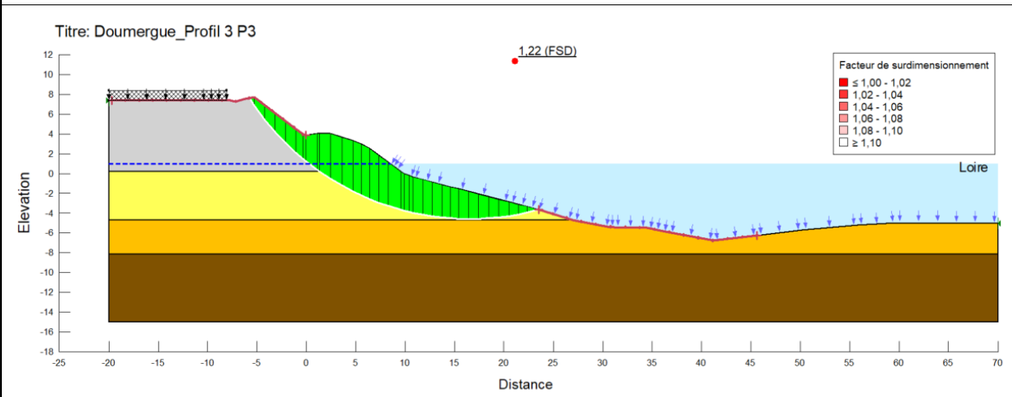
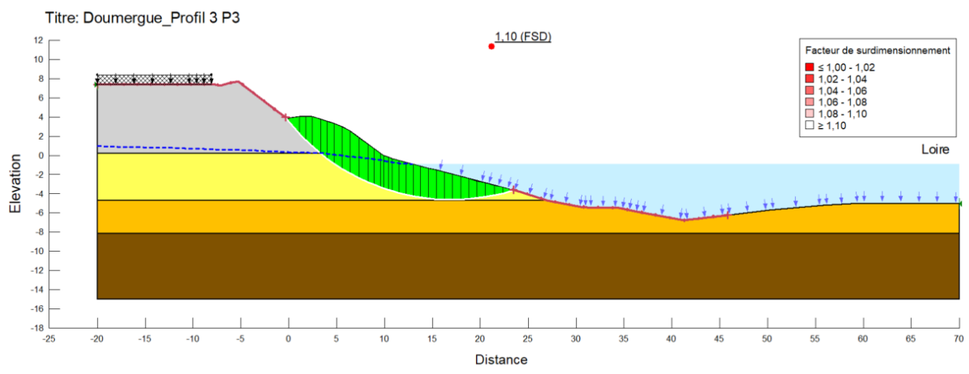
Tableau 10-1 : Caractéristiques géotechniques du modèle P3

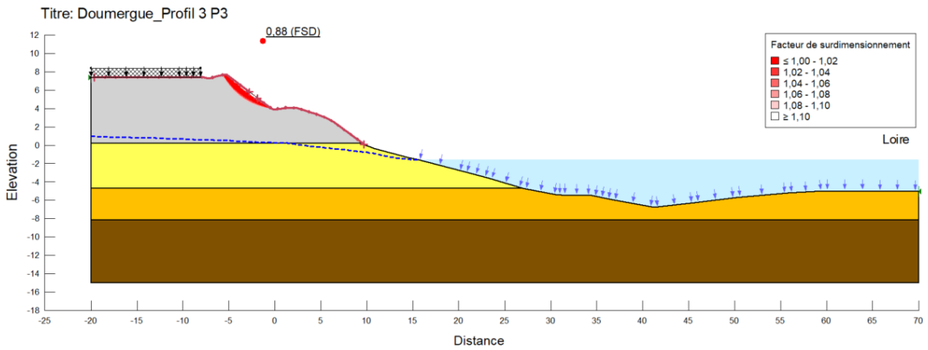
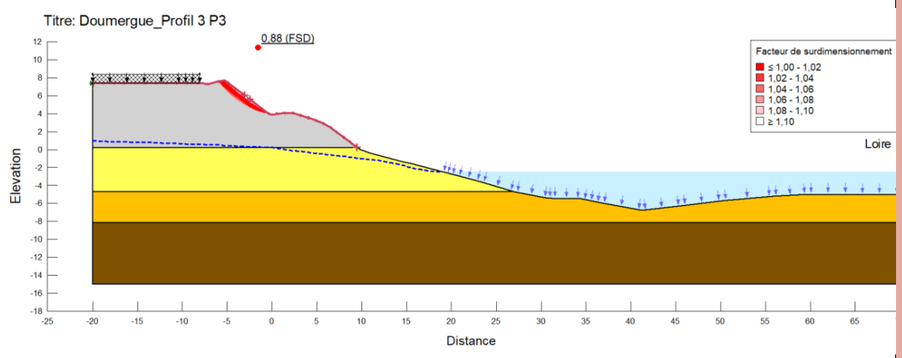
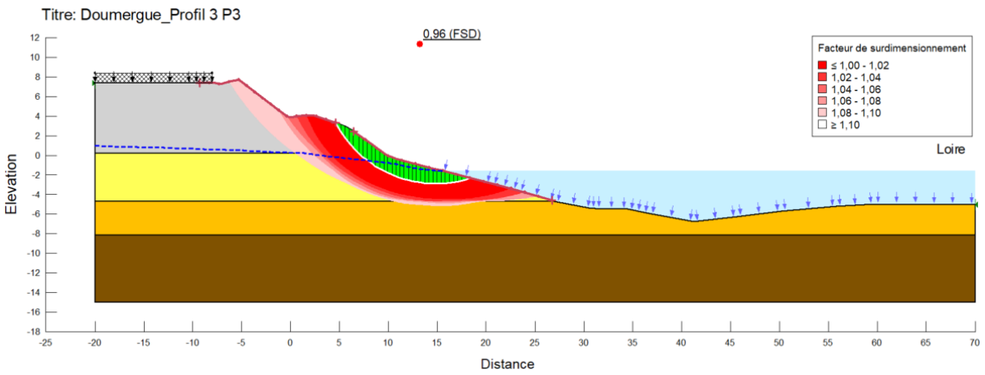
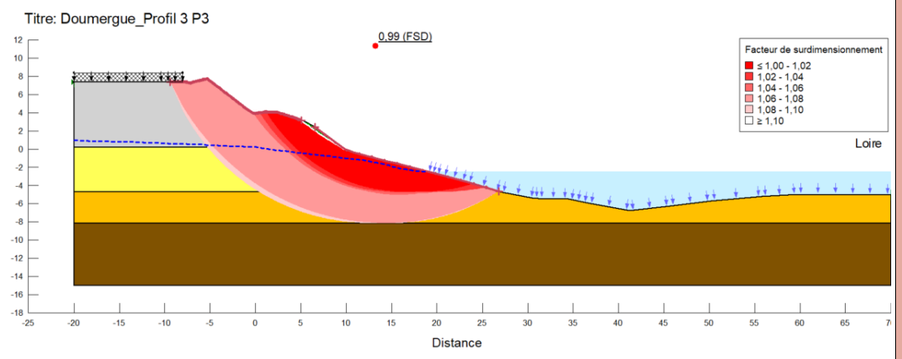
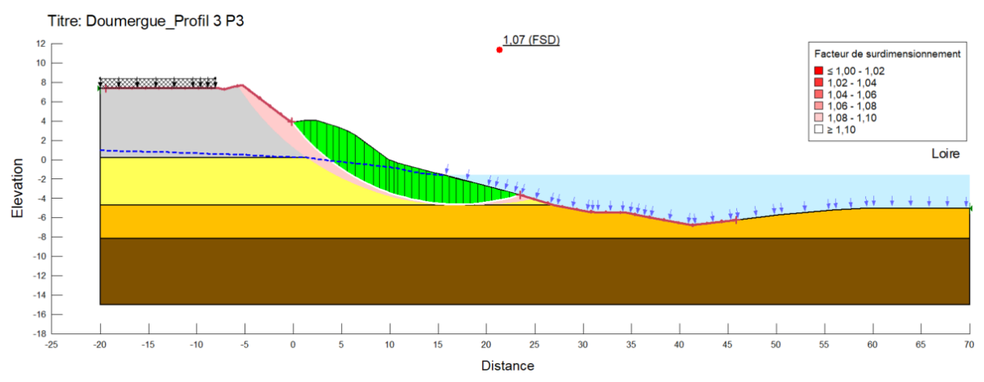
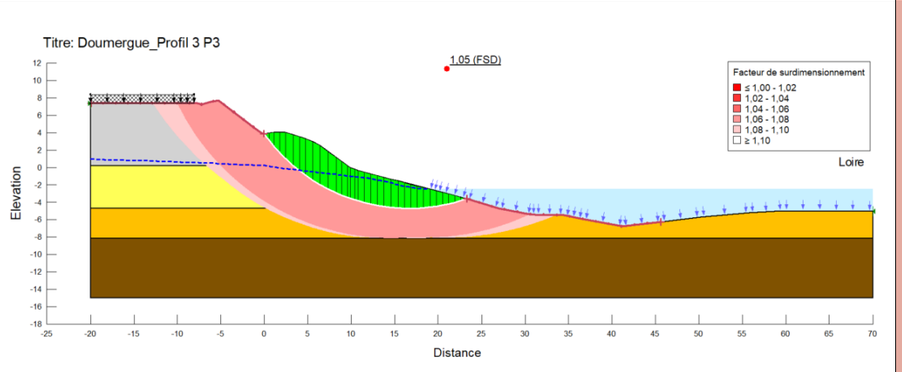
Le tableau suivant présente les résultats des essais de laboratoire pour l'argile molle.

	SC3 – argile molle plastique	
GTR	-4,80 ; -5,80 m NGF	A4 (IP : 41)
Cisaillement direct		c'=27 kPa ; φ' = 20°

Tableau 10-2 : Résultats des essais au droit du profil P3BIS

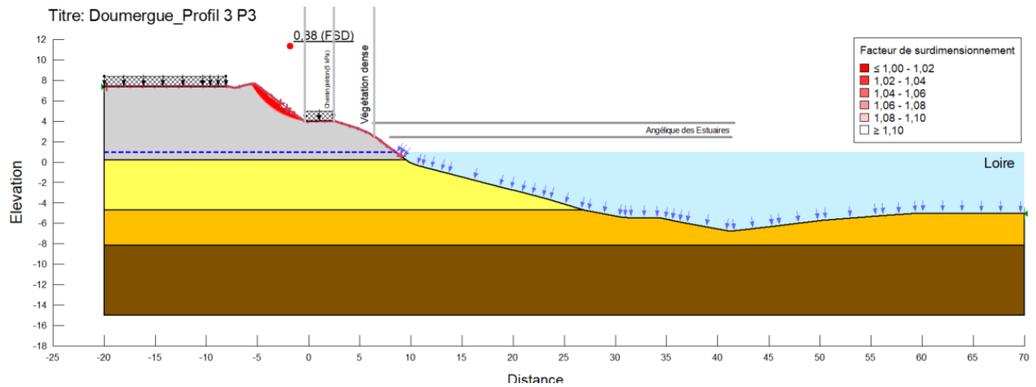
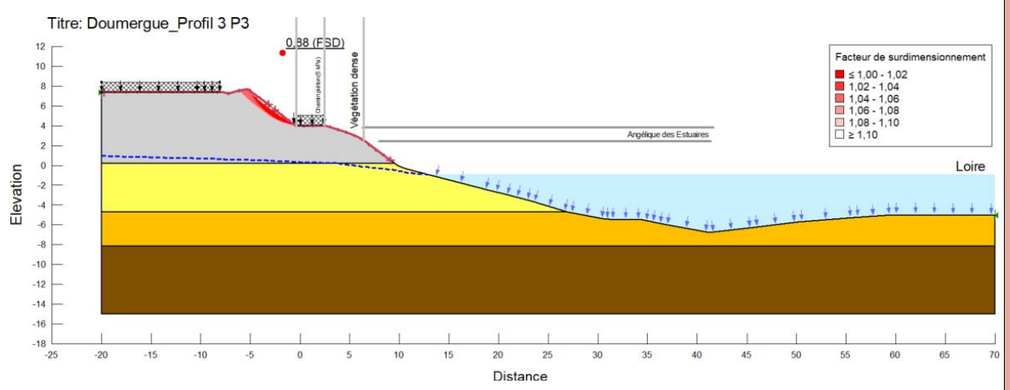
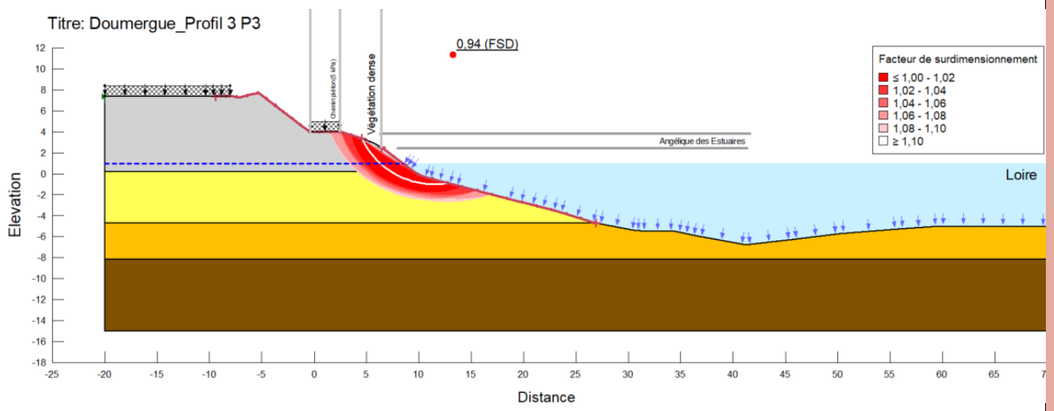
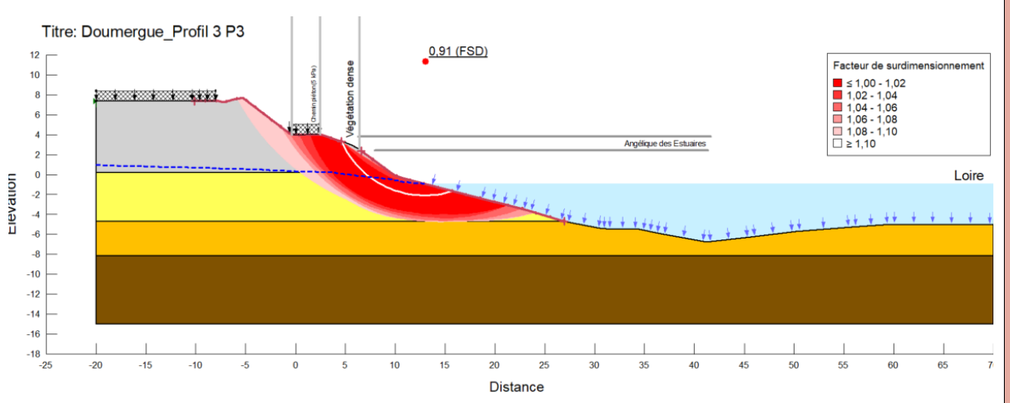
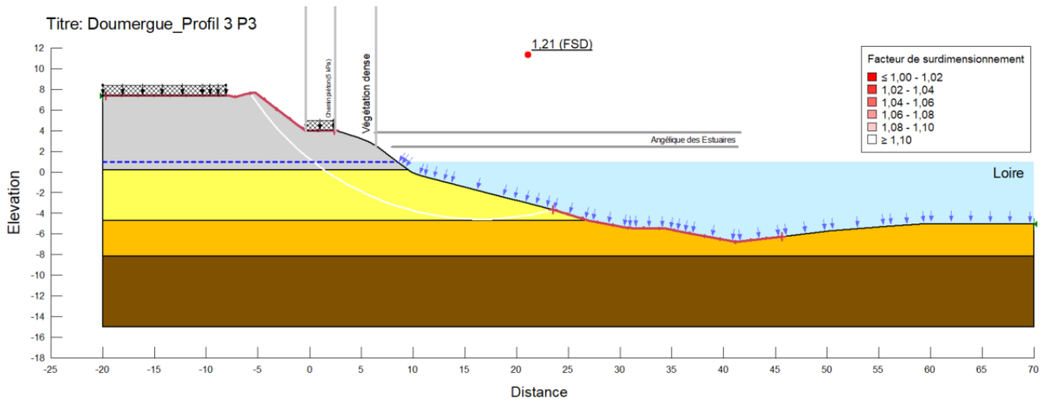
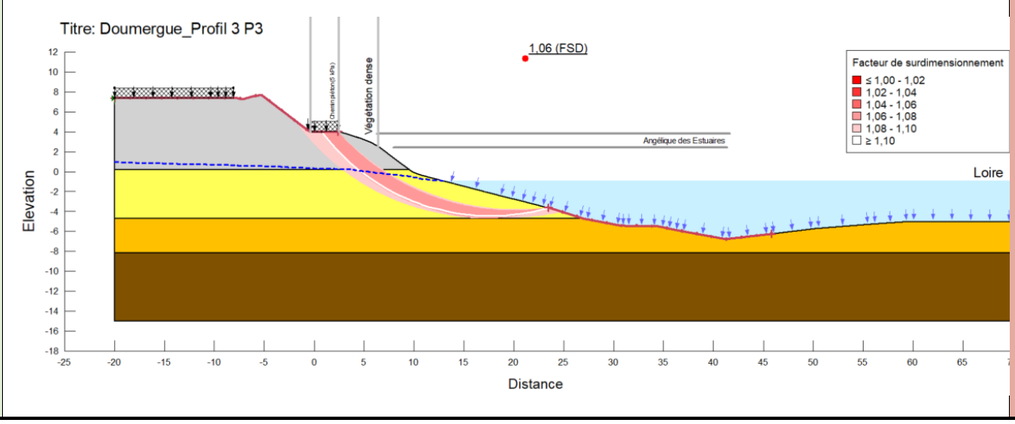
10.3 RESULTATS DES CALCULS DE STABILITE

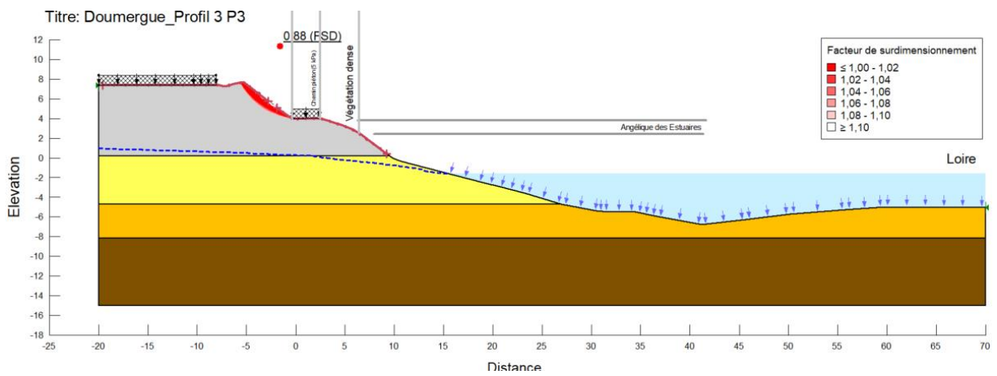
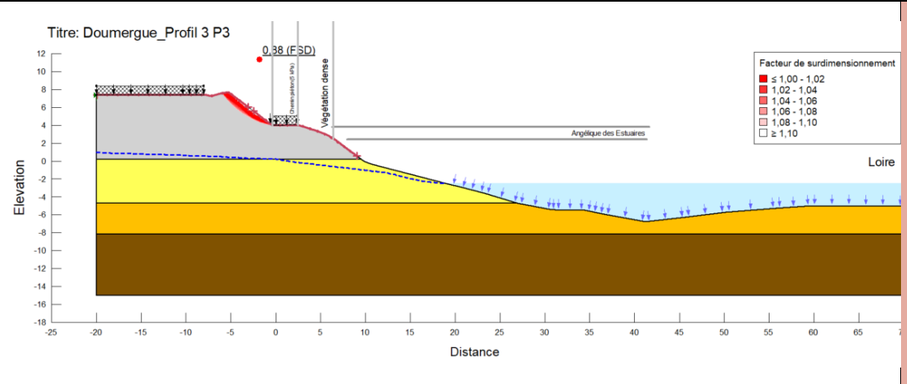
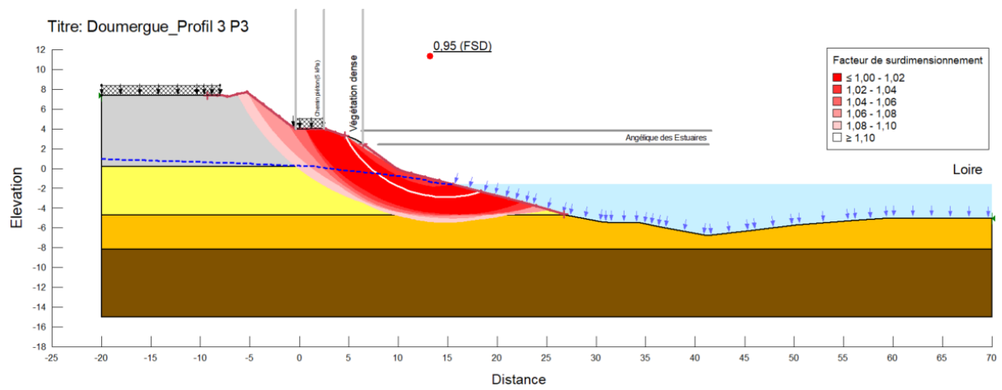
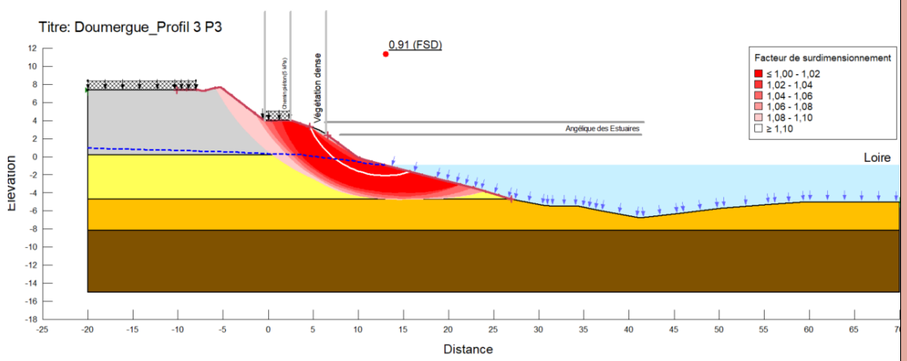
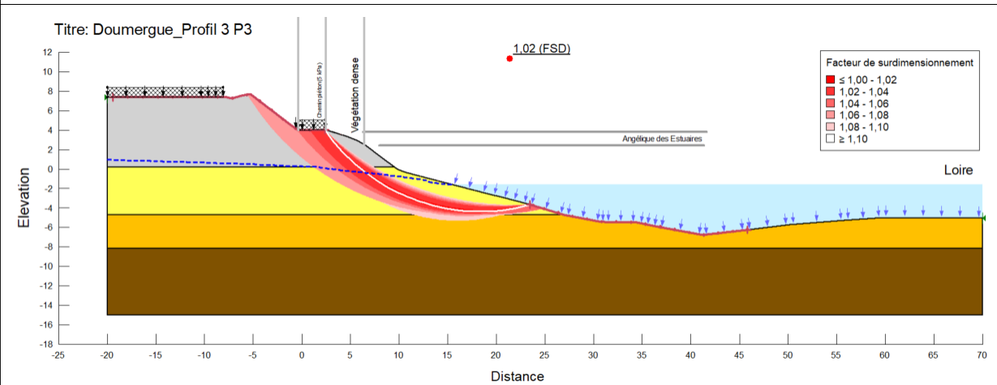
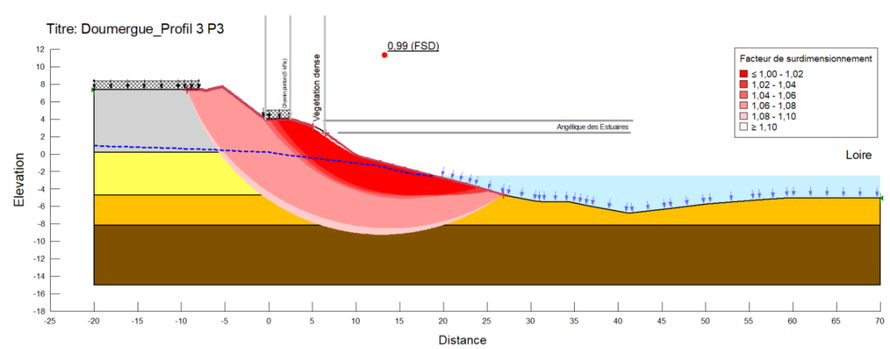
	Niveau Moyen	Stabilité vérifiée	Basse Mer Moyenne de Morte Eau	Stabilité vérifiée
Haut		FS = 0,88		FS = 0,88
Intermédiaire		FS = 0,94		FS = 0,91
Global		FS = 1,22		FS = 1,10

	Basse Mer Moyenne de Vive Eau	Stabilité vérifiée	Plus Basse Marée Astronomique	Stabilité vérifiée
Haut		**FS = 0,88**		**FS = 0,88**
Intermédiaire		**FS = 0,96**		**FS = 0,99**
Global		**FS = 1,07**		**FS = 1,05**

10.4 RESULTATS DES CALCULS DE STABILITE AVEC LE CHEMIN

Les tableaux ci-dessous présente les résultats avec la prise en compte de la surcharge liée à l'exploitation du chemin.

	Niveau Moyen	Stabilité vérifiée	Basse Mer Moyenne de Morte Eau	Stabilité vérifiée
Haut		FS = 0,88		FS = 0,88
Intermédiaire		FS = 0,94		FS = 0,91
Global		FS = 1,21		FS = 1,06

	Basse Mer Moyenne de Vive Eau	Stabilité vérifiée	Plus Basse Marée Astronomique	Stabilité vérifiée
Haut		**FS = 0,88**		**FS = 0,88**
Intermédiaire		**FS = 0,95**		**FS = 0,99**
Global		**FS = 1,02**		**FS = 0,99**

10.5 SYNTHESE DE L'ETAT INITIAL

Le tableau suivant présente la synthèse des calculs de stabilité selon les différentes sollicitations.

ELU Fondamental	FS requis	Haut	Intermédiaire	Global
COMB 1 – Niveau Moyen	1,10	0,88	0,94	1,22
COMB 2 – BMME		0,88	0,91	1,10
COMB 3 – BEMV		0,88	0,96	1,07
COMB 4 – PBMA		0,88	0,99	1,05

Tableau 10-3 : Synthèse des facteurs de sécurité sans chemin

ELU Fondamental	FS requis	Haut	Intermédiaire	Global
COMB 1 – Niveau Moyen	1,10	0,88	0,94	1,21
COMB 2 – BMME		0,88	0,91	1,06
COMB 3 – BEMV		0,88	0,95	1,02
COMB 4 – PBMA		0,88	0,99	0,99

Tableau 10-4 : Synthèse des facteurs de sécurité avec chemin

Le profil P3 présente d'une manière générale une instabilité généralisée sur les trois zones de talus.

L'ajout d'une surcharge liée à l'exploitation du chemin est très peu préjudiciable pour la stabilité de la berge.

10.6 CONFORTEMENT EN PARTIE HAUTE

Les pentes du talus sur la partie haute entre le chemin piéton et la route sont assez variables, une analyse plus détaillée a été effectuée pour délimiter plus finement la ou les zones problématiques.

Les pentes de la partie haute sont présentées ci-dessous :

	P11	P12	P15	P17	P18
PM	PM220	PM240	PM300	PM340	PM360
Pente	1,32H/1V	1,68H/1V	1,63H/1V	1,92H/1V	1,85H/1V
Angle du talus (°)	37°	31°	31°	27°	28°
Hauteur du talus	3,2 m	3,3 m	2,8 m	1,3 m	1,0 m

Tableau 10-5 : Pente des talus sur le tronçon 3

La figure suivante présente le FS de la partie haute en fonction de l'angle du talus. Les volumes (m^3) à terrasser sont également précisés. Le graphique suivant indique le volume à terrasser selon l'angle du talus.

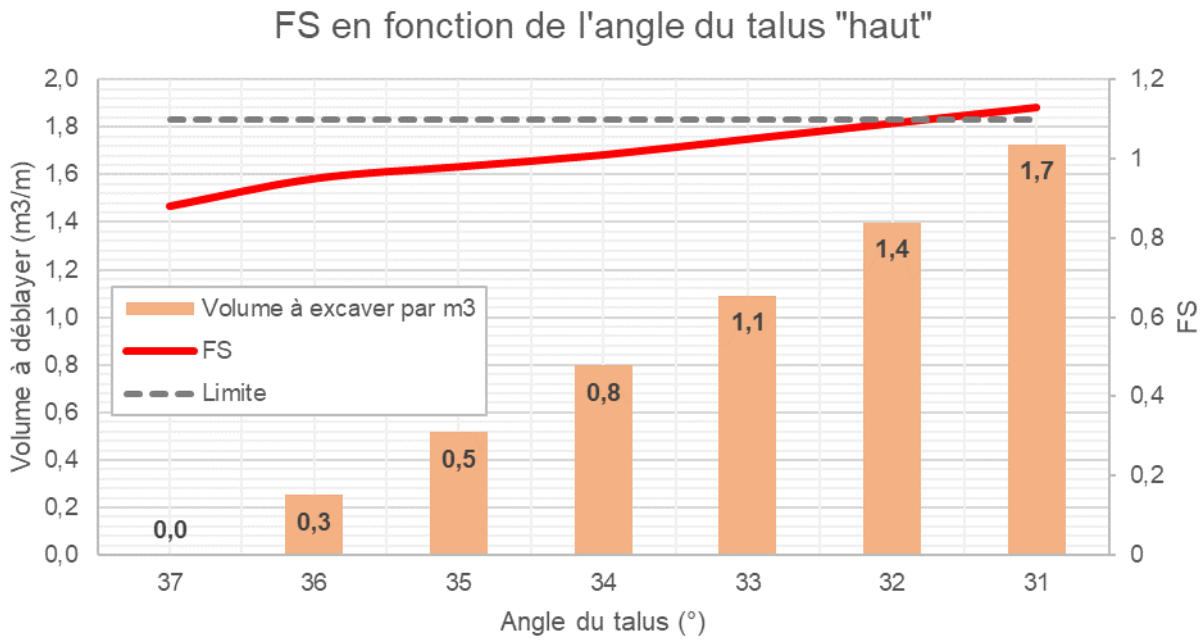


Figure 10-2 : FS en fonction de l'angle du talus

Note : Le graphique précédent est construit à partir du profil P11.

La solution privilégiée pour stabiliser la partie haute du talus est un reprofilage.

L'angle cible du talus est de l'ordre de 31°. Cette solution vise à limiter l'impact de la solution sur la végétation et d'intervenir ponctuellement de manière à traiter uniquement les talus raides sensibles au phénomène de glissement de peau. Cette solution permet également de maintenir le chemin à son emplacement actuel.

Toutefois, cette solution nécessite une intervention par la crête et entrainera une réduction de l'espace disponible en crête (de 1 m au droit du P11).

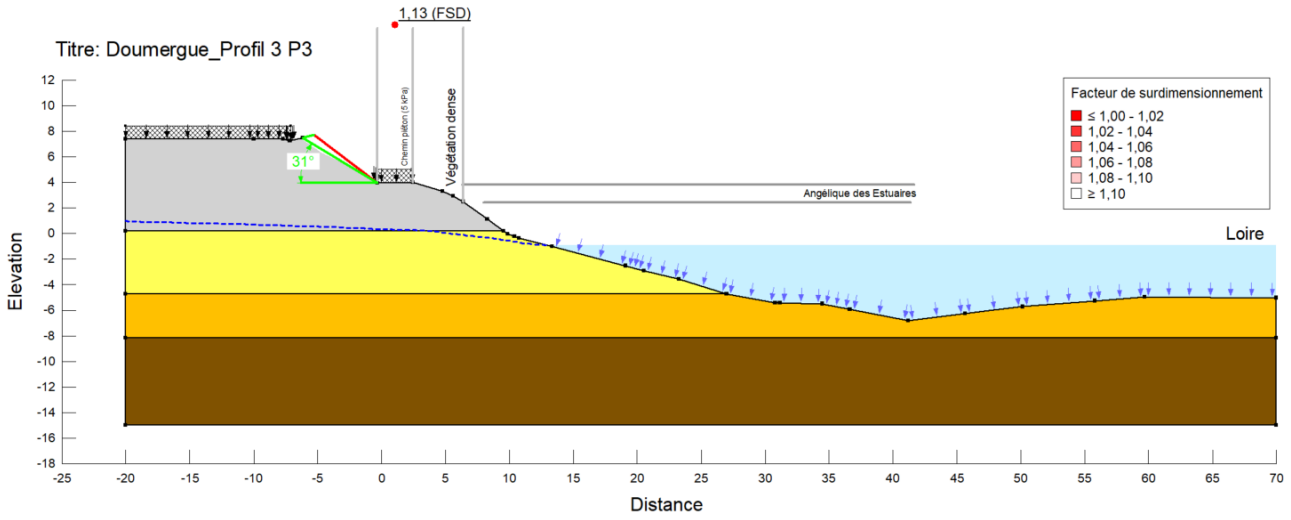


Figure 10-3 : Profil reprofilé pour confortement partie haute

Après analyse des pentes des talus, seul le profil P11 nécessite un reprofilage. Cette méthode nécessite d'intervenir sur plus ou moins 30 m et d'évacuer l'équivalent de 50 m^3 de remblai.

10.7 CONFORTEMENT ENVISAGE – PARTIE BASSE

Il est préconisé de mettre en œuvre une recharge en enrochements en partie basse. Cette recharge a pour objectif de stabiliser les glissements intermédiaires dans les alluvions sableuses.

Il s'agit de mettre en œuvre une recharge en enrochements (2,5H/1V) à partir du sentier fermé au public jusqu'à -2,00 m NGF. Cette solution reprend la solution proposée pour le profil P3BIS.

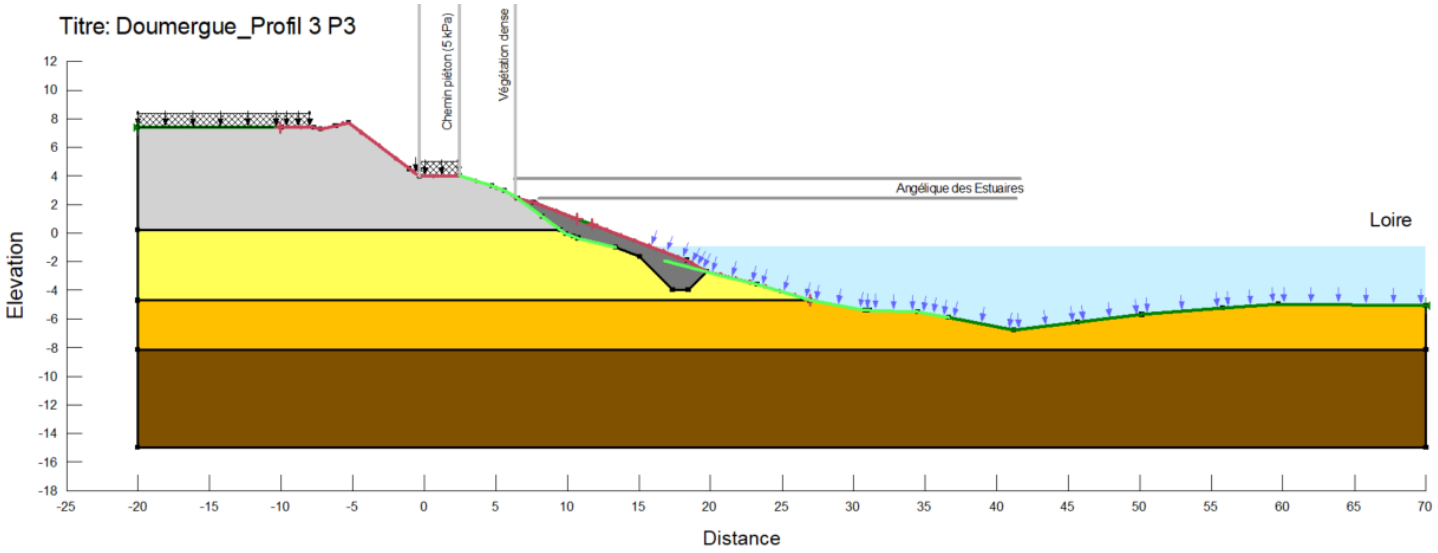


Figure 10-4 : Confortement profil P3 par recharge en enrochements

Le tableau suivant présente les résultats de la situation confortée.

ELU Fondamental	FS requis	Haut	Intermédiaire	Global
COMB 1 – Niveau Moyen	1,10	Reprofilage	1,27	1,28
COMB 2 – BMME		Reprofilage	1,12	1,14
COMB 3 – BEMV		Reprofilage	1,10	1,13
COMB 4 – PBMA		Reprofilage	1,10	1,11

Tableau 10-6 : Synthèse des facteurs de sécurité

11 PROFIL P3BIS

11.1 LOCALISATION ET PROFIL EN TRAVERS

La figure suivante correspond au profil en travers du profil P3BIS. Ce profil correspond à un tronçon qui a glissé par le passé (fermeture du sentier piéton au public).

Lors de la réunion du 15/11/2023 abordant les enjeux liés à la conservation ou non de ce chemin, Nantes Métropoles a souhaité étudier les deux situations.

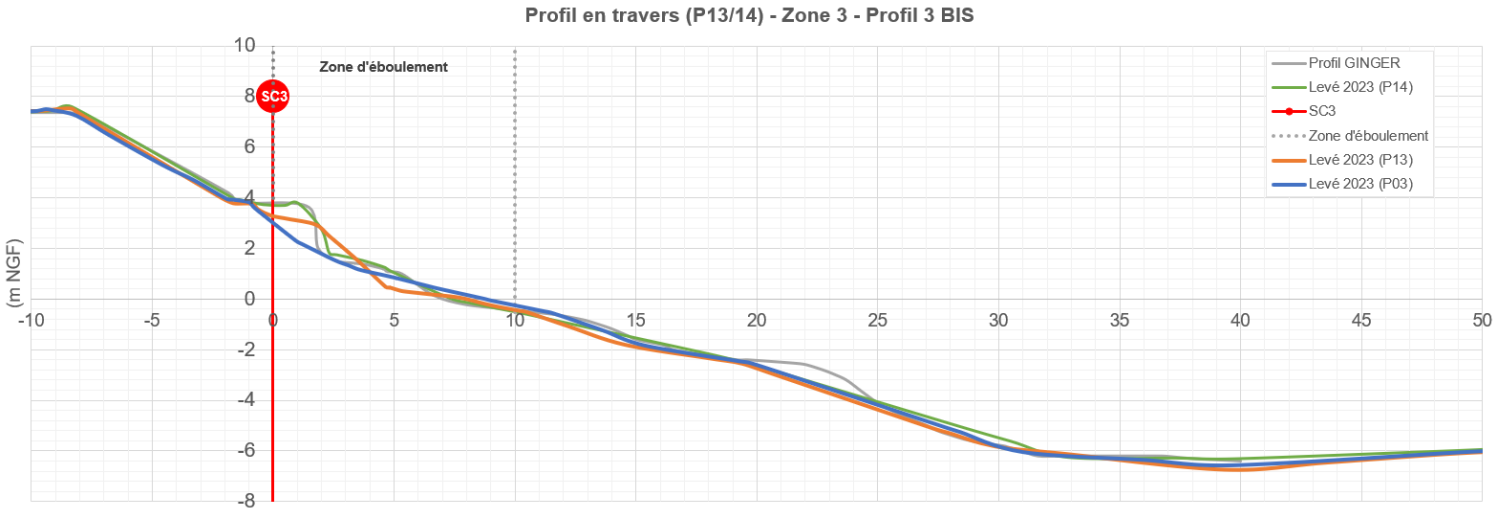
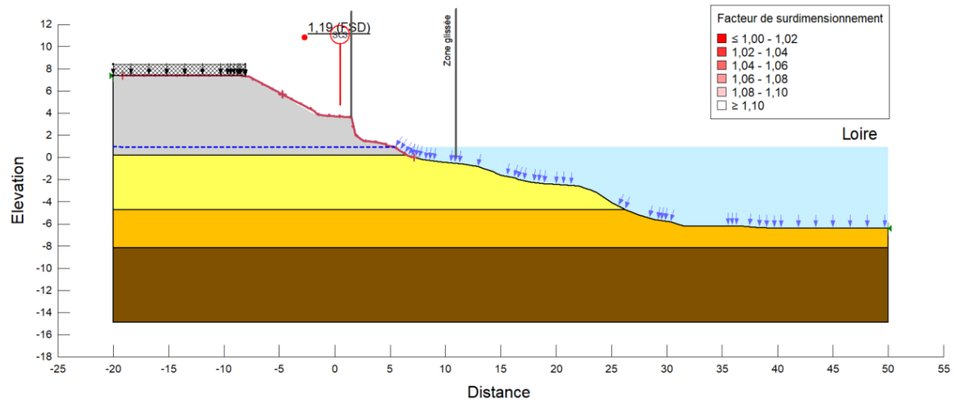
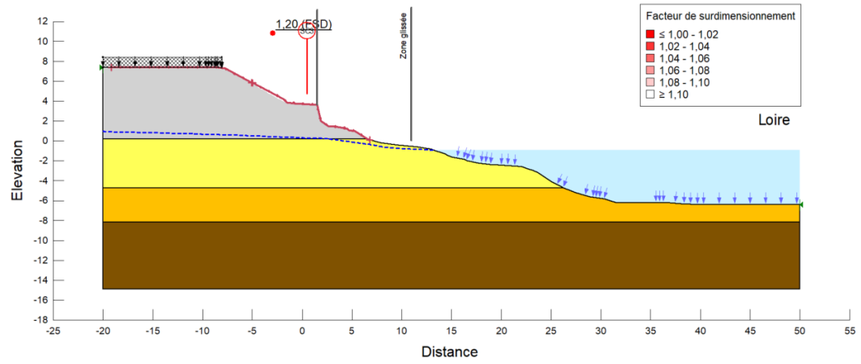
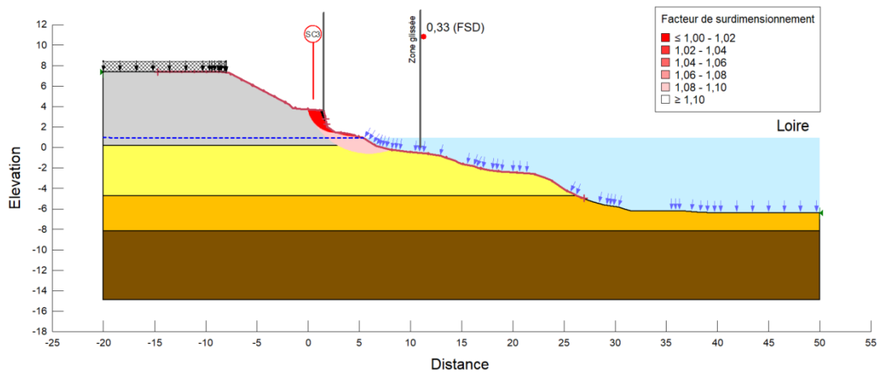
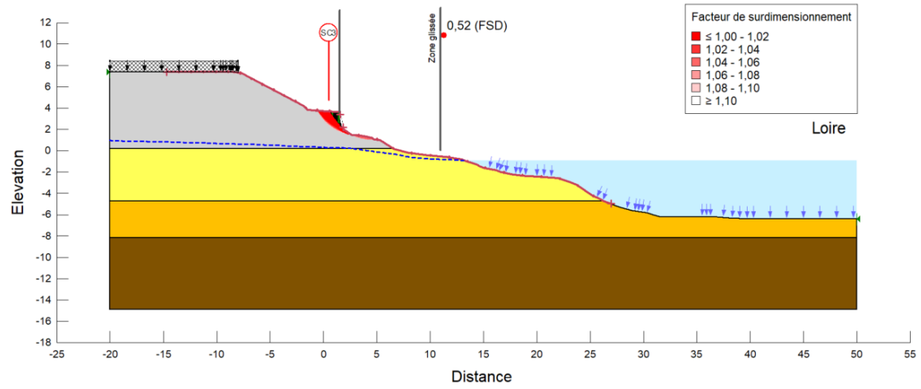
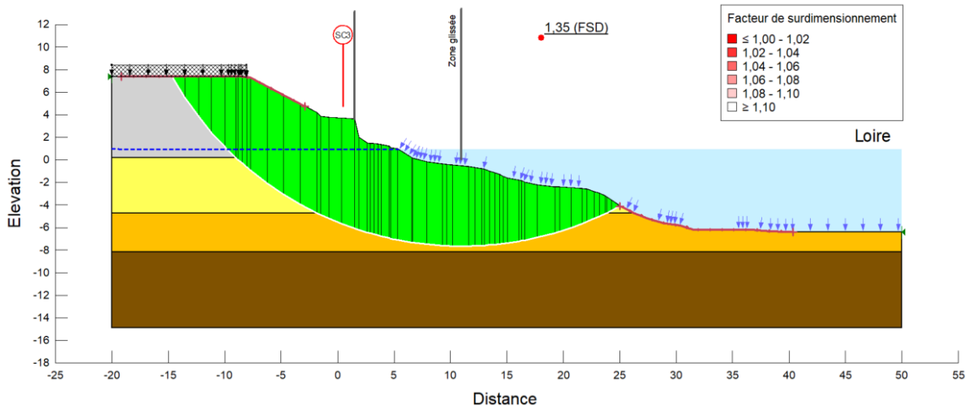
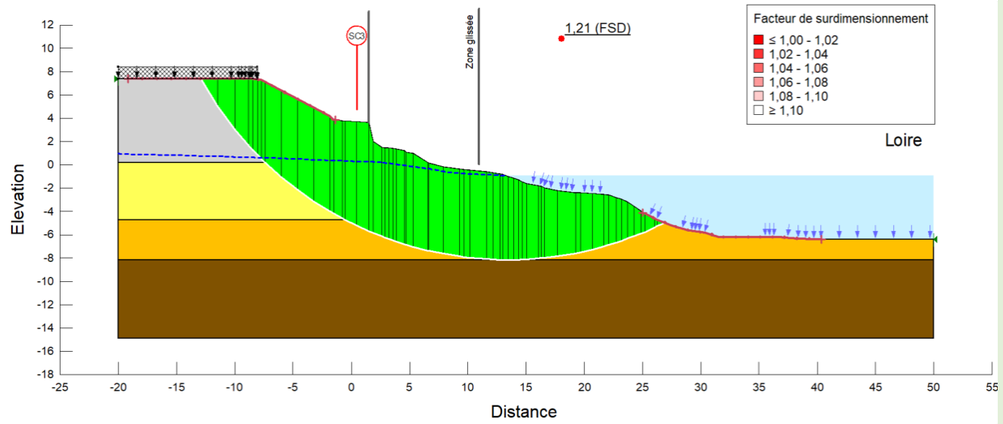


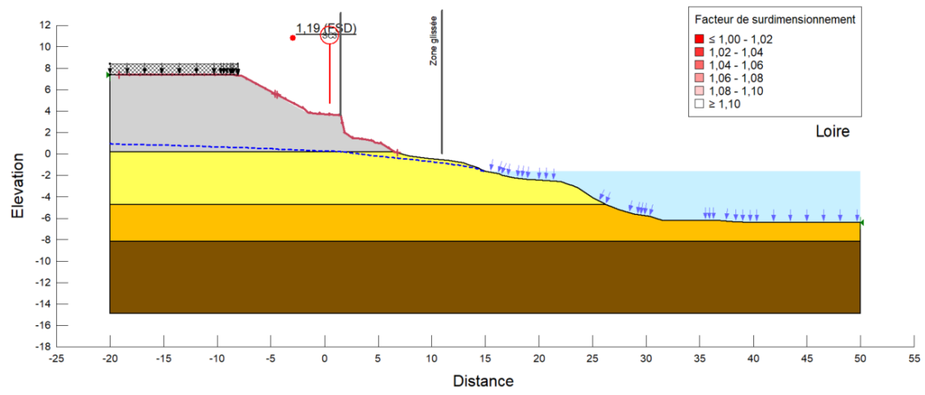
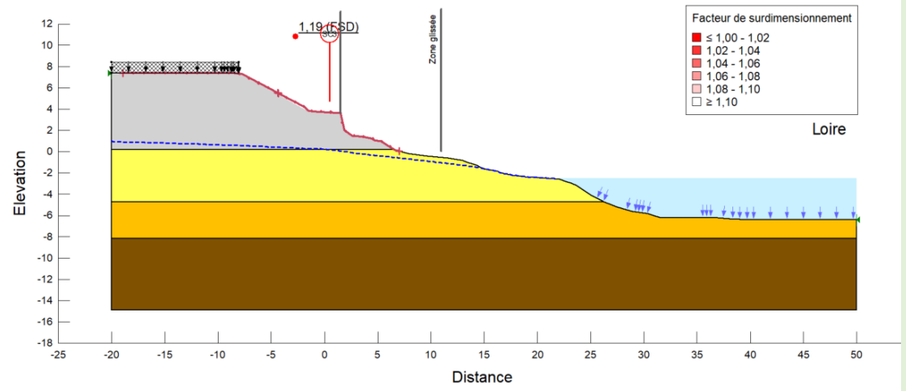
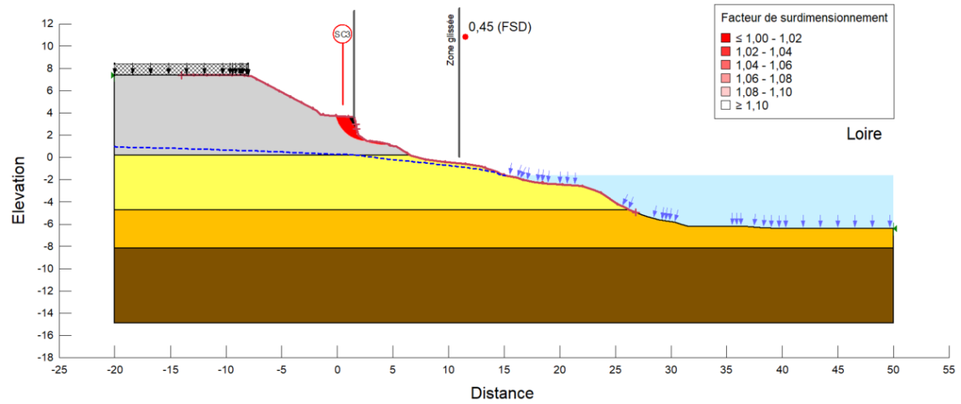
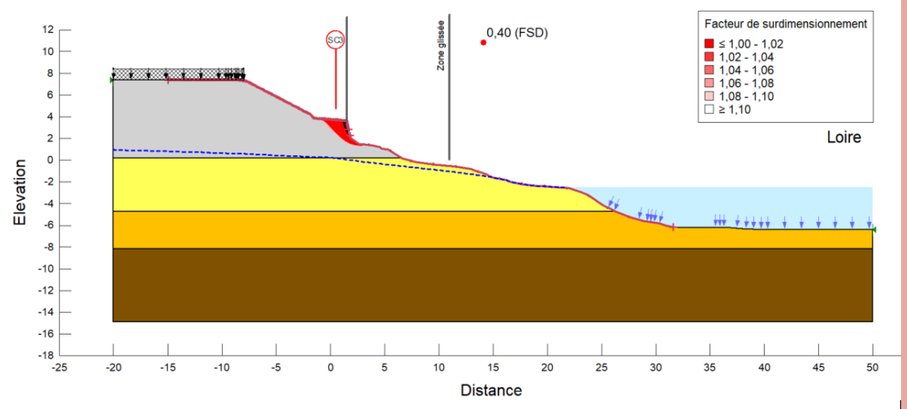
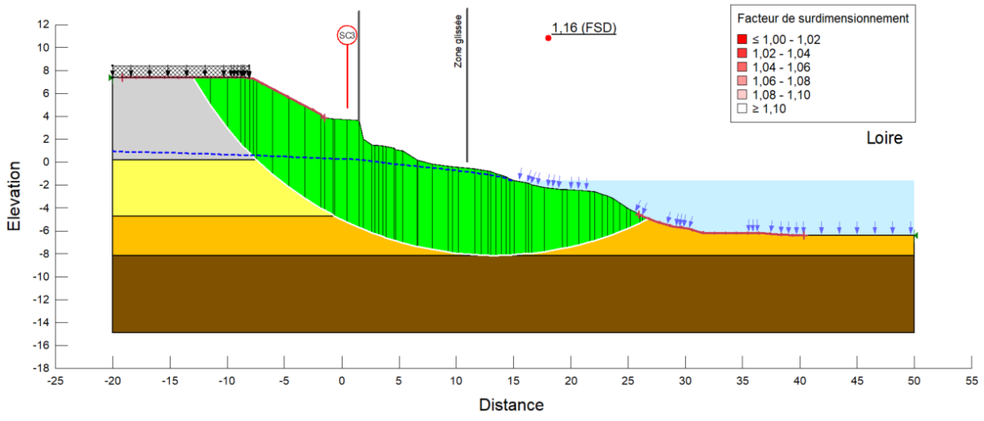
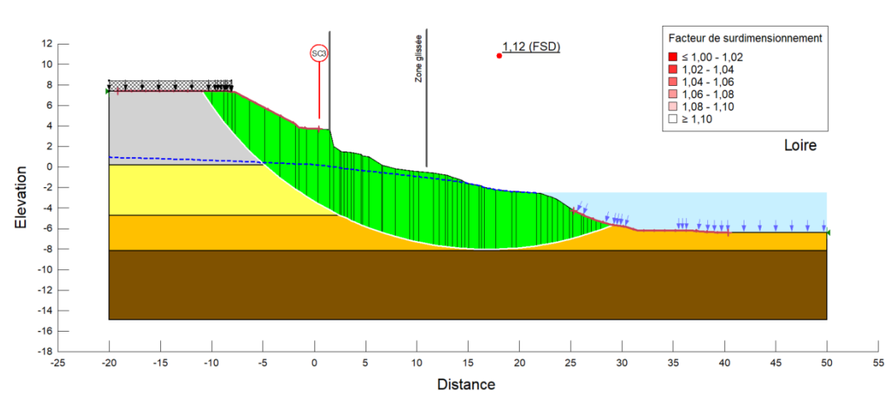
Figure 11-1 : Profil en travers du profil étudié

11.2 MODELE GEOTECHNIQUE

Le modèle géotechnique utilisé est similaire à celui du profil P3.

11.3 RESULTATS DES CALCULS DE STABILITE

	Niveau Moyen	Stabilité vérifiée	Basse Mer Moyenne de Morte Eau	Stabilité vérifiée
Haut		**FS = 1,19**		**FS = 1,20**
Intermédiaire		**FS =** 0,33		**FS = 0,52**
Global		**FS = 1,35**		**FS = 1,21**

	Basse Mer Moyenne de Vive Eau	Stabilité vérifiée	Plus Basse Marée Astronomique	Stabilité vérifiée
Haut		FS = 1,19		FS = 1,19
Intermédiaire		FS = 0,45		FS = 0,40
Global		FS = 1,16		FS = 1,12

11.4 SYNTHESE DE L'ETAT INITIAL

Le tableau suivant présente la synthèse des calculs de stabilité selon les différentes sollicitations.

ELU Fondamental	FS requis	Haut	Intermédiaire	Global
COMB 1 – Niveau Moyen	1,10	1,19	0,33	1,35
COMB 2 – BMME		1,20	0,52	1,21
COMB 3 – BEMV		1,19	0,45	1,16
COMB 4 – PBMA		1,20	0,40	1,12

Tableau 11-1 : Synthèse des facteurs de sécurité

Le profil P3BIS présente des facteurs partiels de sécurité supérieurs au facteur requis en partie haute et globale. La stabilité intermédiaire n'est pas acquise. Des glissements apparaissent à partir du chemin. Ce profil correspond à un profil dont la partie basse (au niveau des alluvions sableuses) a glissé par le passé. Un confortement est envisagé pour stabiliser les glissements intermédiaires, limiter le phénomène d'érosion externe, bénéficier d'une continuité esthétique sur le linéaire et rouvrir le chemin piéton.

11.5 CONFORTEMENT ENVISAGE

Il est ainsi proposé de mettre en œuvre une recharge en enrochements (2,5H/1V) à partir du sentier fermé au public. Ce confortement vise à recréer une largeur de chemin suffisante en vue de l'ouverture au public (entre 2,0 et 2,5 m).

Le confortement de cette zone pourra être réalisé par voie nautique (barge) permettant ainsi une préservation des espèces végétales. Toutefois, un débroussaillage de la zone est indispensable.

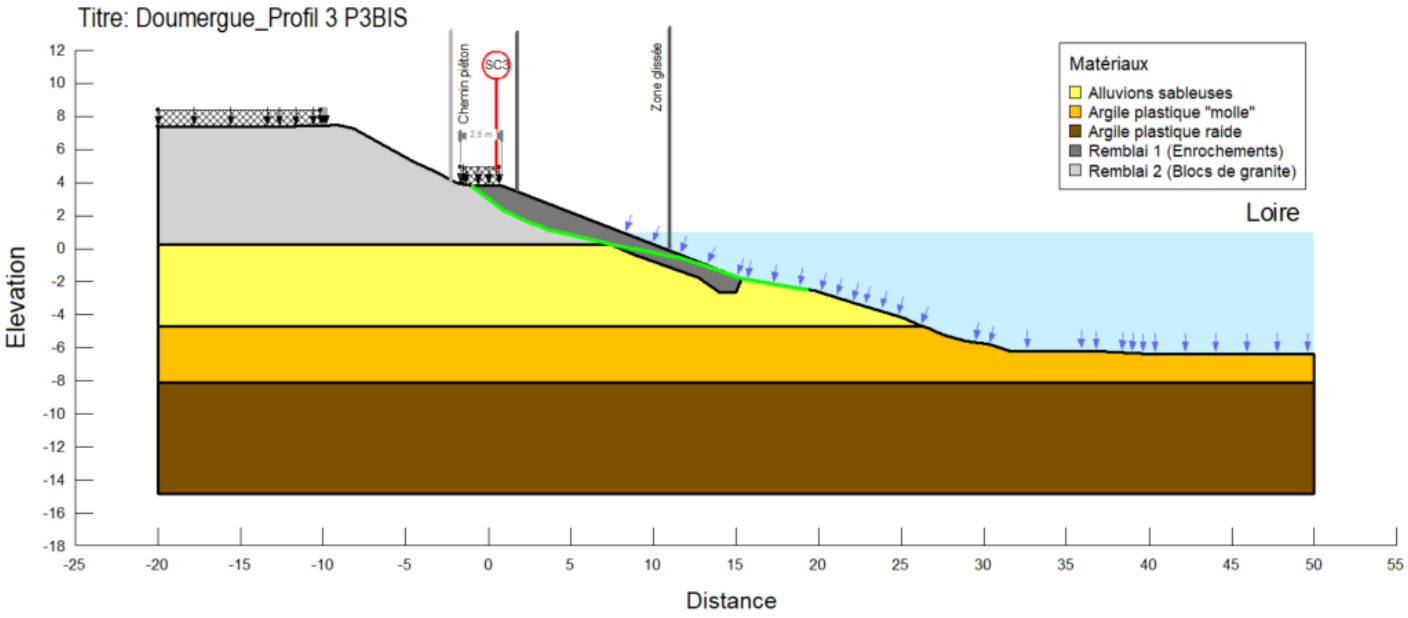


Figure 11-2 : Profil conforté - P3BIS (NM)

Le tableau suivant présente les facteurs de sécurité en situation confortée.

ELU Fondamental	FS requis	Haut	Intermédiaire	Global
COMB 1 – Niveau Moyen	1,10	1,25	1,28	1,35
COMB 2 – BMME		1,25	1,12	1,21
COMB 3 – BEMV		1,25	1,13	1,17
COMB 4 – PBMA		1,25	1,12	1,12

Tableau 11-2 : Synthèse des facteurs de sécurité

La stabilité de la berge confortée est vérifiée conformément à l'Approche 3 de l'EC7.

12 DIMENSIONNEMENT DU RIDEAU DE SOUTENEMENT (ZONE 1, 2 ET 3)

12.1 CADRE REGLEMENTAIRE

Afin de justifier la géométrie et le choix des palplanches pour un rideau auto-stable selon la NF P94-282, il convient de s'assurer que :

- La fiche de la palplanche soit suffisante pour que le système de soutènement soit auto-stable, selon une approche de Modèle d'Equilibre Limite ;
- La structure de la palplanche puisse être capable de reprendre les efforts de flexion et de cisaillement. Les efforts internes dans le rideau sont évalués à partir d'un modèle MISS.

Conformément à la norme en vigueur, il convient de vérifier l'écran de soutènement selon l'approche de calcul 2 des Eurocodes.

12.2 HYPOTHESES

Les hypothèses hydrauliques suivantes sont formulées :

- Cote de crête du rideau : -1,00 m NGF ;
- Butée en enrochements négligée car mise en œuvre en milieu maritime peu précise ;
- Profil d'étude : P2 ;

12.2.1 CARACTERISTIQUES GEOTECHNIQUES

Les caractéristiques des matériaux sont présentées dans le tableau suivant :

	Poids volumique	Cohésion effective (kPa)/ Angle de frottement effectif (°)	Obliquité de poussée	Obliquité de butée	Module pressiométrique (MPa)
01 – Remblai sablo-graveleux (avec blocs de granite)	18	0/40	0,67	-0,50	2,80
02 – Alluvions sableuses	17	0/30	0,67	-0,50	8,70
03 – Argile molle / plastique	17	5/25	0,67	-0,50	2,90

Tableau 12-1 : Propriétés géotechniques intégrées dans le modèle analytique

12.2.2 CARACTERISTIQUES DU RIDEAU DE PALPLANCHES

Une épaisseur sacrificielle de corrosion est considérée. Le rideau sera en contact direct de part et d'autre avec de l'eau de mer sous climat tempéré dans la zone d'immersion permanente ou dans la zone de marnage. La parte d'épaisseur est alors de 3,50 mm par côté selon la partie 5 de l'Eurocode 3. Cette hypothèse conservatrice pourra être discutée conjointement avec Nantes Métropoles.

Note : Dans la précédente étude l'agressivité du milieu avait été considérée comme « eau douce ordinaire dans la zone d'attaque élevée ».

La remontée du front de salinité est d'autant plus rapide et plus grande que le débit de la Loire est faible. « *Depuis les années 1990, une stabilisation voire un recul du front de salinité est observé mais la grande variabilité du contexte hydrologique empêche de statuer*[1] *».* Toutefois, les effets du changement climatique (augmentation des phénomènes extrêmes : sécheresse, augmentation du niveau maritime …) pourraient déplacer le front de salinité vers l'amont.

La nuance d'acier considérée est de S355.

La durée de vie du rideau est considérée de 100 ans.

12.3 DEROULEMENT DU CALCUL

12.3.1 METHODE MEL

Le calcul de la fiche du rideau est réalisé par la méthode MEL de la norme NF-P94-282 :

- En vérifiant que l'inégalité suivante est satisfaite : $f_b \geq 1{,}2\ f_0$

[1] Cahier indicateurs n°1 – GIP Loire, *« La salinité de l'eau »* - (décembre 2021)

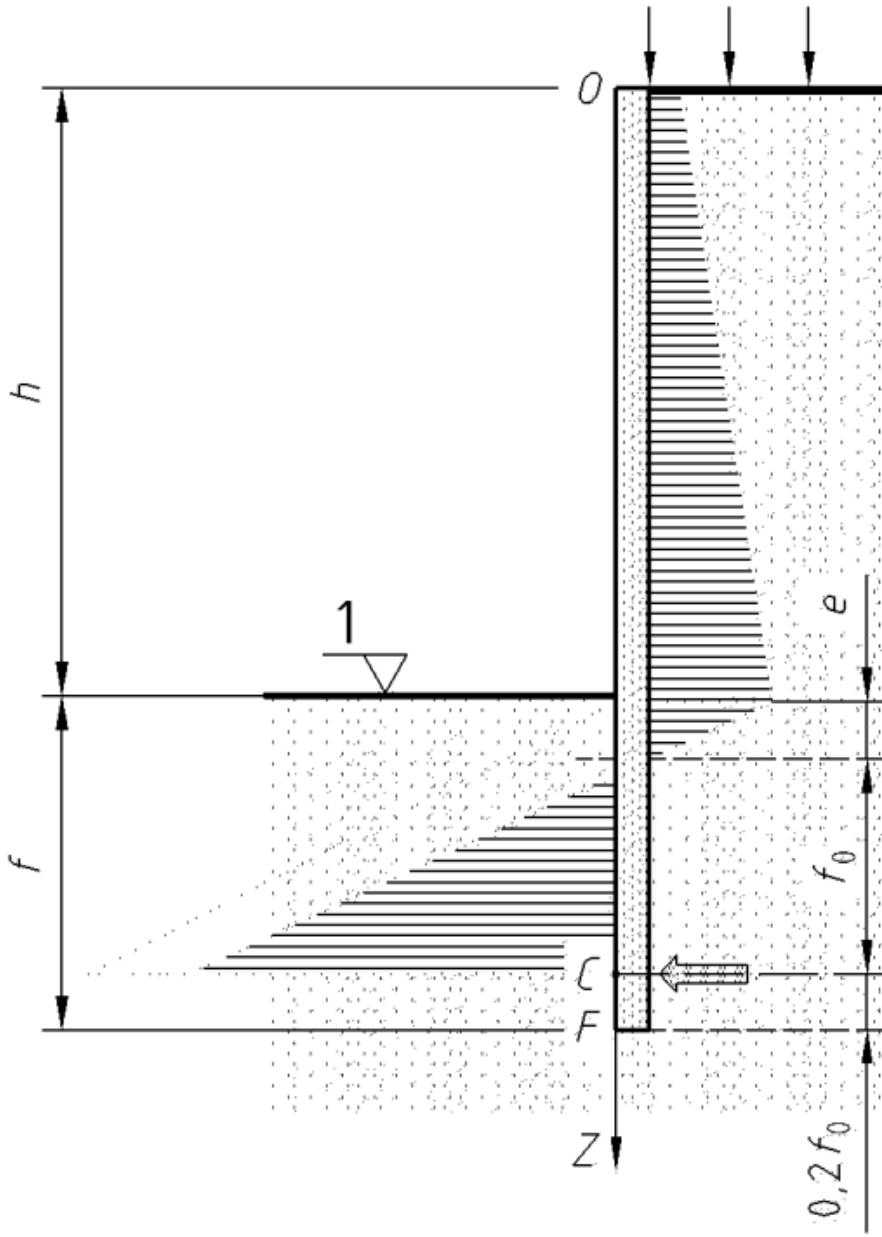


Figure 12-1 : calcul fiche rideau auto stable (NF P 94 282)

- En prenant un coefficient de sécurité global de 1,4 x 1,35 = 1,89 ; l'ensemble de l'ouvrage étant considéré définitif.

Cette vérification se base sur les articles §9.1.2 et §9.3.1 de la NF P 94-282 :

- §9.1.2 note 5 : Il est admis (voir l'article 8.2 (5)), quel que soit le modèle de calcul retenu, de déterminer la valeur de calcul de la butée mobilisée en appliquant un coefficient de sécurité global sur la seule butée du terrain ou sur le coefficient de butée au lieu de découpler les coefficients partiels sur les actions et sur les résistances.

- §9.3.1 Selon l'approche de calcul 2 c'est-à-dire en appliquant en général un facteur partiel de sécurité de 1,4 sur la butée associée à 1,35 sur les actions (ou un facteur de sécurité global de 1,4 x 1,35 = 1,89 sur la seule butée ou sur le coefficient de butée, voir l'article 9.1 (2) NOTE 5) avec la possibilité, pour les situations de projet transitoires lorsque la mobilisation locale de la butée limite est jugée sans conséquence, d'appliquer un facteur partiel de sécurité de 1,1 sur la butée associée à 1,35 sur les actions.
- La vérification des critères de conception de l'Eurocode 7.

12.3.2 METHODE MISS

La tenue mécanique des palplanches est vérifiée en prenant en compte la corrosion éventuelle. La justification de stabilité interne de la structure aux Etats Limites Ultimes et de Services (ELU et ELS) suit les étapes suivantes :

- Calcul des efforts et déplacements dans les palplanches à l'aide du logiciel K-Réa,
- Vérification de la résistance interne (STR) de la palplanches à l'ELU (Effort tranchant, moment fléchissant).

12.3.3 COMBINAISONS ETUDIEES

Les situations de calcul suivantes sont étudiées :

Situation	Description	Niveau Berge	Niveau Loire	Méthode	Coefficients de pondération		
					Actions (Poussée active , pression d'eau, poids propres…)	Effet des actions (Sollicitations écran)	Résistance (Butée mobilisable)
COMB 1 : Fondamentale (Durable)	Situation de reflux, avec une différence de niveau d'eau de 0,50 m entre la Loire et la berge.	-1,00 m NGF	-1,50 m NGF	MEL	1,35	1,00	1,40
				MISS	1,00	1,35	1,40
COMB 2 : Fondamentale (Durable)	Affouillement en pied de rideau de palplanches	-1,00 m NGF	-1,50 m NGF	MEL	1,35	1,00	1,40
				MISS	1,00	1,35	1,40

Tableau 13 1 : Situations de calcul

Le modèle est présenté ci-dessous et correspond au profil au droit de P2.

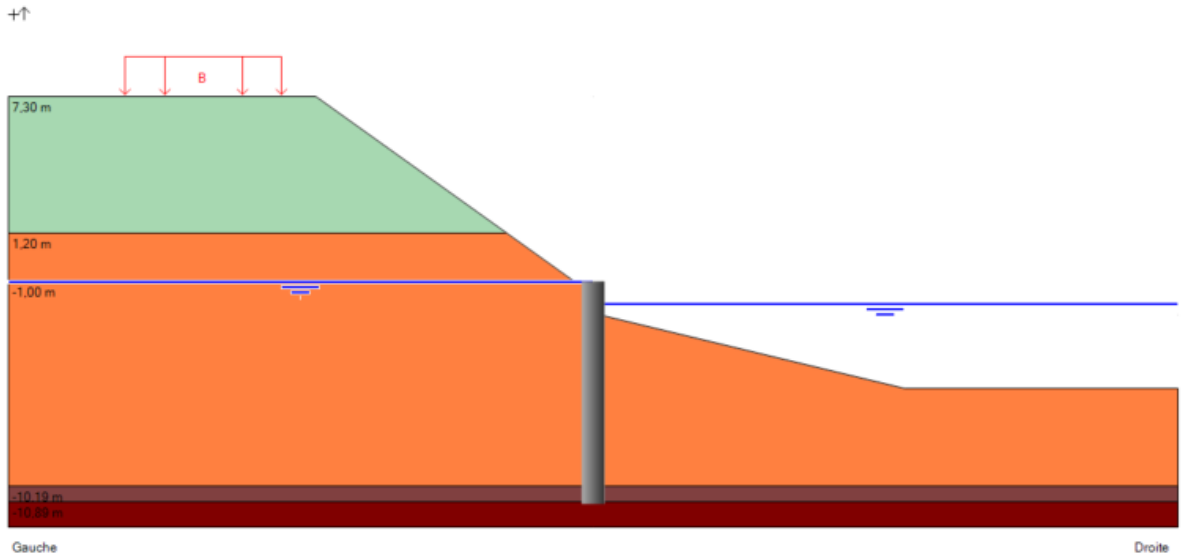


Figure 12-2 : Modèle K-Réa

12.4 CALCUL DE LA FICHE

La cote de fiche nécessaire pour garantir la stabilité du rideau est estimée à -11,00 m NGF. La situation de calcul étudiée apparait suffisamment conservatrice à ce stade de l'étude.

Profondeur de la base du rideau : - 11,00 m NGF

Longueur du rideau de palplanches : 10,00 m.

La mise en œuvre du rideau pourra être vérifiée après validation des propriétés mécaniques précises du sol (pression limite de la couche argileuse). Si la profondeur de fiche ne peut être atteinte alors il conviendra de mettre en œuvre des dispositifs de soutènement différents de type Combi Wall (combinaison de palplanches et de pieux).

Une purge en surface est nécessaire pour retirer l'ensemble des anciens enrochements.

12.5 VERIFICATION DE LA RESISTANCE INTERNE

Les efforts maximaux au sein du rideau de palplanches sont présentés ci-dessous.

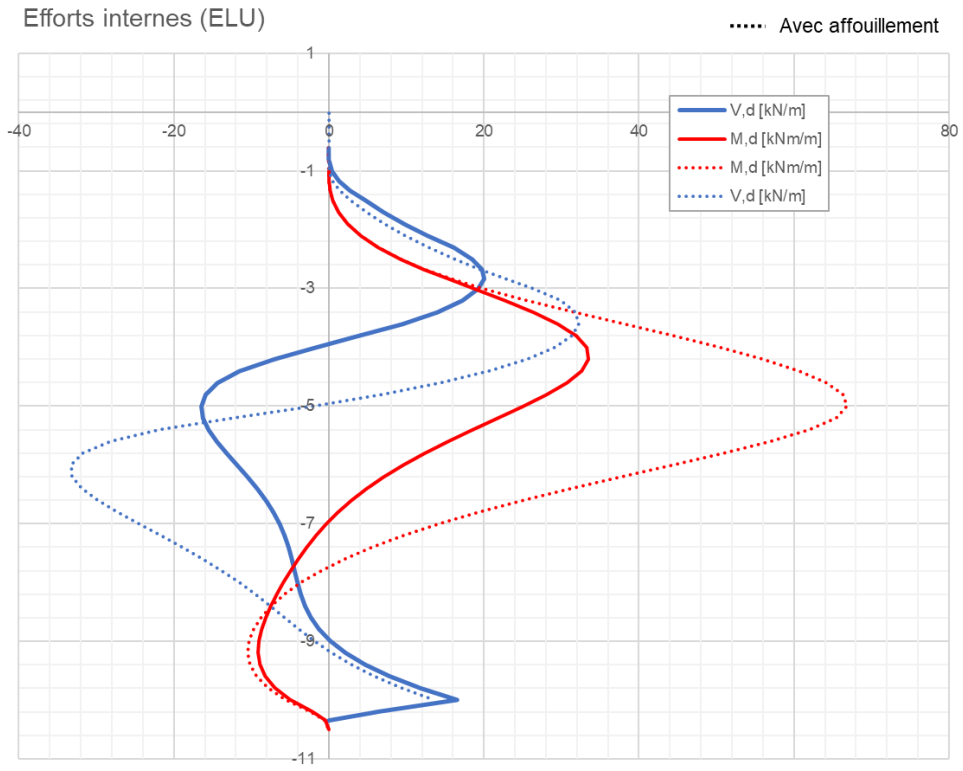


Figure 12-3 : Efforts internes dans le rideau de palplanches pour la situation étudiée

	COMB 1 – Durable Sans affouillement	COMB 2 – Durable Avec affouillement
Moment maximum (kN.m/m)	33	66
Effort tranchant maximum (kN/m)	20	33
Profilé réduit (corrosion)	PU 18	PU18 +1 / PU22
Taux de travail réduit (corrosion)	67 %	73 % / 79 %

Tableau 12-2 : Résultats du dimensionnement du rideau de palplanches

Note : L'épaisseur de corrosion est considérée de 7,00 mm au total.

Il est rappelé que la position du substratum rocheux n'est pas clairement identifiée. Le toit du substratum conditionne le choix du dispositif de soutènement.

L'ancrage par tirant nous semble peu adapté au milieu maritime (agressif) et devra être ancré dans la couche argileuse ou dans le substratum. Un écran de type Combi Wall nous semble adapté aux contraintes du projet.

Le modèle géotechnique au droit du futur rideau doit impérativement être fiabilisé avec des reconnaissances complémentaires prévues en phase G2 PRO.

Profil envisagé : **PU22**

13 DIMENSIONNEMENT DES ENROCHEMENTS DE PROTECTION

13.1 CARAPACE

Les enrochements sont dimensionnés en fonction de la vitesse d'écoulement de la Loire conformément au Guide des Enrochements. Il s'agit d'utiliser la méthode de la vitesse critique ou admissible. Le début du mouvement des matériaux se produit lorsque la vitesse critique ou admissible est dépassée.

Le critère de stabilité basé sur la vitesse est étudié à partir de la formule d'Isbach.

Domaine de validité : Les équations de Isbach et Khaldre sont valables pour des hauteurs d'eau relatives comprises entre 5 et 10 m. D'après le levé bathymétrique de 2010, le niveau du lit de la Loire est compris entre -6 et -7 m NGF. Le niveau moyen de la Loire est de +0,94 m NGF. Par conséquent, la hauteur d'eau relative est de l'ordre de 7 ou 8 m.

Hypothèses :

- Vitesse de courant : 2,5 m/s (d'après SCE pour un débit Q_{50} = 7 100 m^3/s)
- Type d'enrochements : Exposé (Coefficient d'Isbach : 0,70)
- Masse volumique des enrochements : 2500 kg/m3
- Densité relative déjaugée : 1,5
- Pente du talus : Entre 2,0 et 3,0 H/1V
- Angle de repos des enrochements : 40° (par convention)
- Facteur correctif : entre 1,15 et 1,39

Le résultat du dimensionnement des enrochements est présenté ci-dessous.

	Pente 2,0 H/1V	Pente 2,5 H/1V	Pente 3,0 H/1V	Pente très faible
Diamètre médian des blocs de la protection (mm)	422	372	348	309
Masse nominal M50 (kg)	188	128	106	74
Classe de référence envisagée (kg)	**300 – 1000** **M_{50} = 615 kg** **D_{50} = 696 mm**	**60 – 300** **M_{50} = 190 kg** **D_{50} = 471 mm**	**60 – 300** **M_{50} = 190 kg** **D_{50} = 471 mm**	**15 – 300** **M_{50} = 90 kg** **D_{50} = 367 mm**

Tableau 13-1 : Résultats du dimensionnement des enrochements selon la pente

Note : Pour rappel, les enrochements mis en œuvre sur le Quai André Rhuys sont de la gamme 50/120 kg d'après les archives.

Gamme retenue : **60 -300 kg.**

13.2 COUCHE DE TRANSITION

Pour rappel, les alluvions sableuses ont les propriétés suivantes : D_{max} = 20 mm ; D50 < 1 mm.

Conformément aux recommandations du Guide des Enrochements, les règles de filtres suivantes sont à respecter :

$$\frac{M_{50u(sous\ couche)}}{M_{50a(carapace)}} = \frac{1}{15} \text{ à } \frac{1}{10} \qquad \frac{D_{50a}}{D_{50u}} = 2{,}2 \text{ à } 2{,}5$$

Le tableau suivant présente les gammes d'enrochements à respecter pour la sous-couche 1.

Tableau 13-2 : Résultats sous-couche 1

	Pente 2,00H/1V	Pente 2,50H/1V	Pente 3,00H/1V
Critère 1 :	46,67 < M50 < 70,00	12,67 < M50 < 19,00	12,67 < M50 < 19,00
Critère 2 :	258 < D50< 294	188 < D50< 214	188 < D50< 214
Classe de référence envisagée (mm)	**Gamme personnalisée**	**5 – 40 kg** **M_{50} = 19 kg** **D_{50} = 194 mm**	**90 – 250 mm** **M_{50} = 19 kg** **D_{50} = 194 mm**

Un géotextile sera également disposé pour garantir le maintien des fines dans la berge. Le géotextile préconisé à ce stade présente les caractéristiques suivantes :

- Ouverture de filtration : 63 um ;
- Epaisseur : 7 mm.

13.3 EPAISSEUR DES COUCHES

L'usage consiste à construire une double couche d'enrochements naturels, avec une épaisseur équivalente à nk_tD50. Un coefficient kt vise à réduire l'épaisseur en tenant compte du placement des blocs entre eux au sein de la couche, il est pris :

- Kt 0,91 pour la carapace,
- Kt 0,84 pour la transition.

Gamme d'Enrochements	**60 – 300 kg**
Diamètre nominal médian (D50) (mm)	**471**
Nombre de couche(s) n	**2**
Epaisseur totale de la carapace (m)	**0,85**
Gamme de la transition	**5 – 40 kg**
Diamètre nominal médian (D50) (mm)	**194**
Nombre de couche(s)	**1,00**
Epaisseur d'une couche de transition (m)	**0,15**

14 DIMENSIONNEMENT DE L'ALLONGEMENT DE LA CALE D'ACCES

14.1 GENERALITES

Conformément à la norme NF P 94-282 relative au calcul géotechnique des écrans de soutènement, les calculs ont été réalisés suivant (Approche 2) :

- La méthode MEL (Méthode aux Etats Limites) pour les écrans en console pour la vérification de la butée ;
- La méthode MISS (Méthode d'Interaction Sol Structure) pour les autres cas.

La méthode MISS vise à déterminer les efforts et déformations au sein d'un écran de soutènement fiché dans le sol, aux différentes phases de travaux d'exploitation.

14.2 HYPOTHESES DE CALCUL

14.2.1 CARACTERISTIQUES GEOMETRIQUES DES OUVRAGES

D'après le dernier levé topographique, le pied de la cale a été identifié à -1,44 m NGF. **Cette donnée devra être validée par Nantes Métropoles car elle est très éloignée de la valeur utilisée dans l'AVP de SCE (+1,00 m NGF).**

Les hypothèses de calcul sont les suivantes :

- Cote en tête : 3,84 m NGF ;
- Cote en pied : -2,30 m NGF ;
- Longueur : 55 m ;
- Pente maximale : 12%.

Dans le cadre des travaux d'allongement de la cale d'accès, il est envisagé :

- La réalisation d'un soutènement (de la berge) en amont de la cale via un rideau de palplanches de hauteur variable selon la pente de la cale ;
- La réalisation d'un soutènement (de la cale) parallèle au soutènement amont ;
- La réalisation des deux rideaux transversaux en partie haute et basse ;
- La réalisation d'une dalle en béton armé certainement préfabriquée.

A ce stade, un modèle 2D a été généré conformément à la coupe suivante. La recharge en enrochements vise à assurer une continuité avec le reste du linéaire.

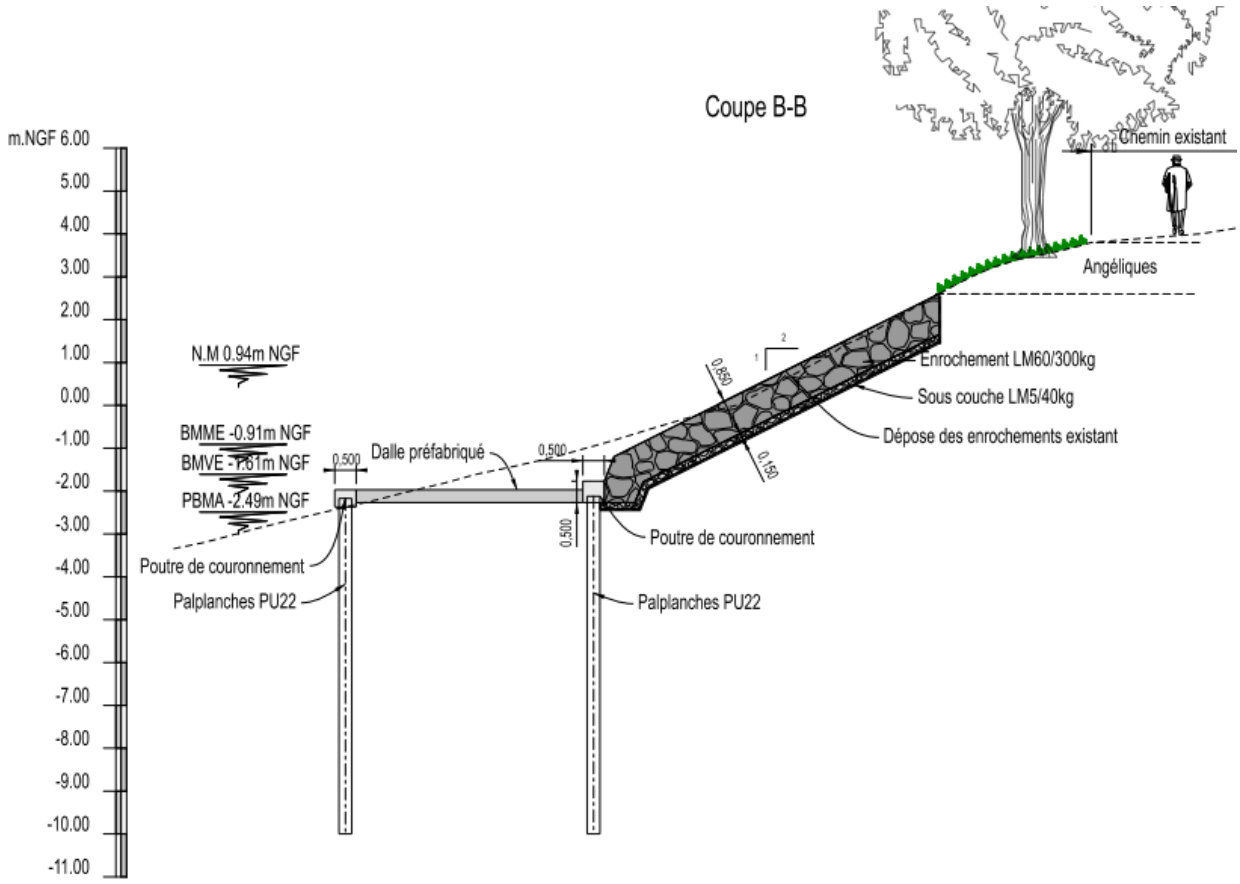


Tableau 14-1 : Coupe de la cale (23F121_AVP_010A)

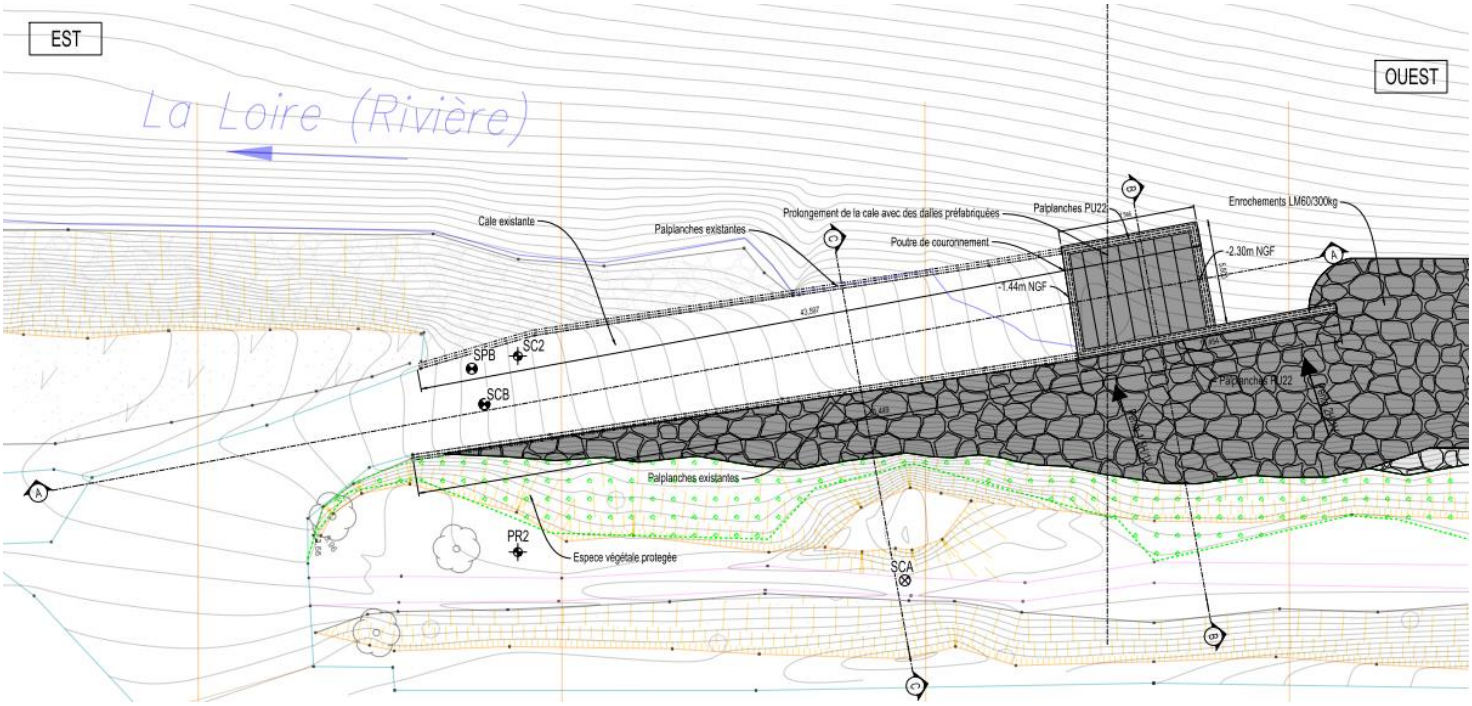


Figure 14-1 : Vue en plan de la cale (23F_121_AVP_005A)

14.2.2 CARACTERISTIQUES DES PALPLANCHES

Les caractéristiques des palplanches étudiées sont présentées dans le tableau suivant.

	Type de palplanches	Pied (m NGF)	Limite d'élasticité (MPa)
Long de la berge	PU22	-8,00 (jusqu'au micaschiste)	355
Long de la Loire		-8,00 (jusqu'au micaschiste)	

Tableau 14-2 : Caractéristiques des palplanches

Les deux rideaux transversaux seront similaires.

La perte d'épaisseur due à la corrosion est précisée dans le chapitre 12.2.2, 3,50 mm de chaque côté du rideau est alors considéré.

14.2.3 CARACTERISTIQUES GEOTECHNIQUES

La coupe géotechnique se base sur le sondage carotté SCA et le sondage destructif SPB.

	Poids volumique (kN/m^3)	Cohésion (kPa) / Angle de frottement (°)	Obliquité de poussée	Obliquité de butée	Module pressiométrique E_m (MPa)	Coefficient rhéologique
Remblais sablo-graveleux	18	0/40	0,67	-0,50	2,80	0,25
Alluvions sableuses	17	0/31	0,67	-0,50	8,70	0,33
Argile molle à plastique	17	5/25	0,67	-0,50	2,90	0,67
Micaschiste	17	20/30	0,67	-0,50	80,60	0,50

Tableau 14-3 : Caractéristiques géotechniques des différentes couches de sol

Note : Les couples de valeur utilisés pour l'obliquité sont définis par le document Eurocode 7 (Application aux écrans de soutènement) produit par le Cerema.

Les données pressiométriques sont issues du sondage destructif SPB.

14.2.4 SURCHARGE

Une surcharge de 10 kN/m² est appliquée en crête de la berge.

14.3 COMBINAISONS ETUDIEES

14.3.1 PHASAGE DES TRAVAUX

La pente du talus de la berge est de 2,5H/1V. Une différence de charge de 50 cm a été considérée entre le niveau maritime et le niveau dans la berge.

La raideur surfacique de la dalle (5,50 m de largeur) est considérée égale à 45454,55 kN/m²/m. Le module du béton est pris égal à 25 GPa.

En première approche, la solution de coulage en place de la dalle BA a été étudiée. Cette solution nécessite soit un assèchement de la zone de travail, soit un travail en zone immergée.

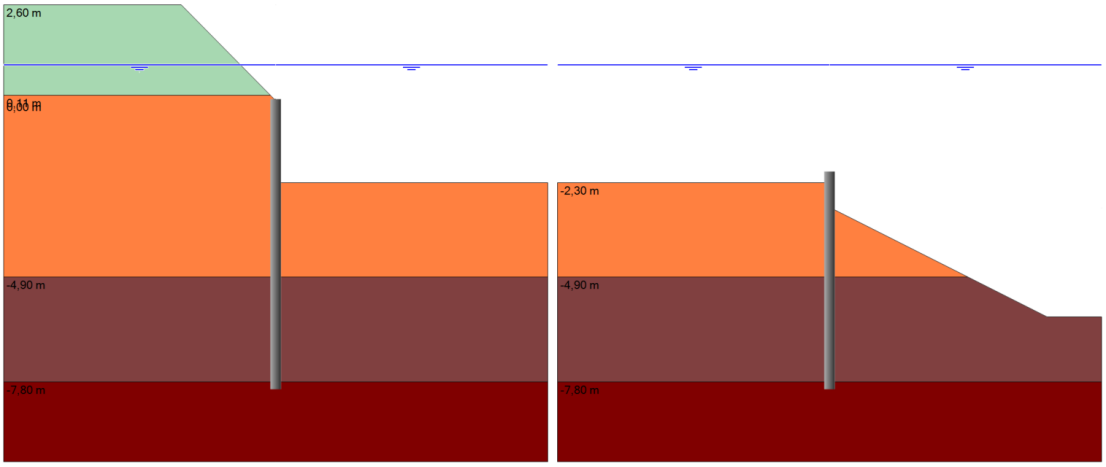
La méthode d'assèchement de la zone de travaux nécessite un batardage suffisamment haut pour s'affranchir des enjeux liés à la marée et d'ajouter un dispositif de butonnage garantissant la stabilité de l'ouvrage de soutènement. Par ailleurs, la mise en œuvre de béton immergée ne promet pas une surface de bétonnage propre. Ces deux solutions nous paraissent peu compatibles avec le milieu.

Par conséquent, la solution envisagée vise à s'affranchir des enjeux liés la mise en œuvre d'un batardeau. Elle consiste à mettre en œuvre :

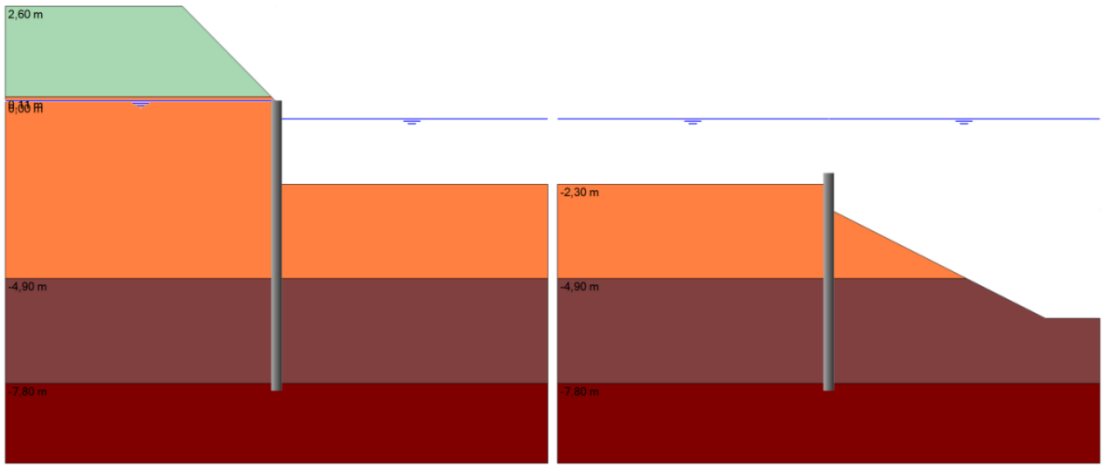
- Deux rideaux de palplanches périphériques dans la continuité des rideaux existants ;
- Deux rideaux de palplanches latéraux aux extrémités ;
- Des connecteurs soudés aux rideaux ;
- Des dalles préfabriquées clavetées sur les connecteurs précédents ;
- Des poutres de couronnement coulées.

Le phasage des travaux proposé est le suivant :

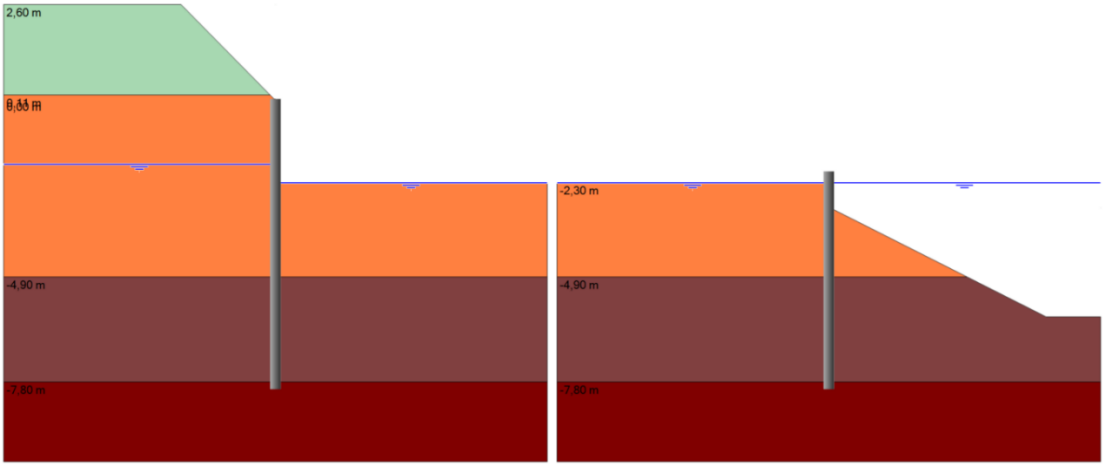
- Phase 01 (transitoire/MEL/MISS) : Réalisation des fonçages et/ou vibrofonçage des palplanches à une cote de tête variable. La profondeur de la fouille est maintenue égale à 2 m côté berge. Le rideau côté Loire est battu à 5,50 m du rideau côté berge. Le niveau d'eau est à NM.



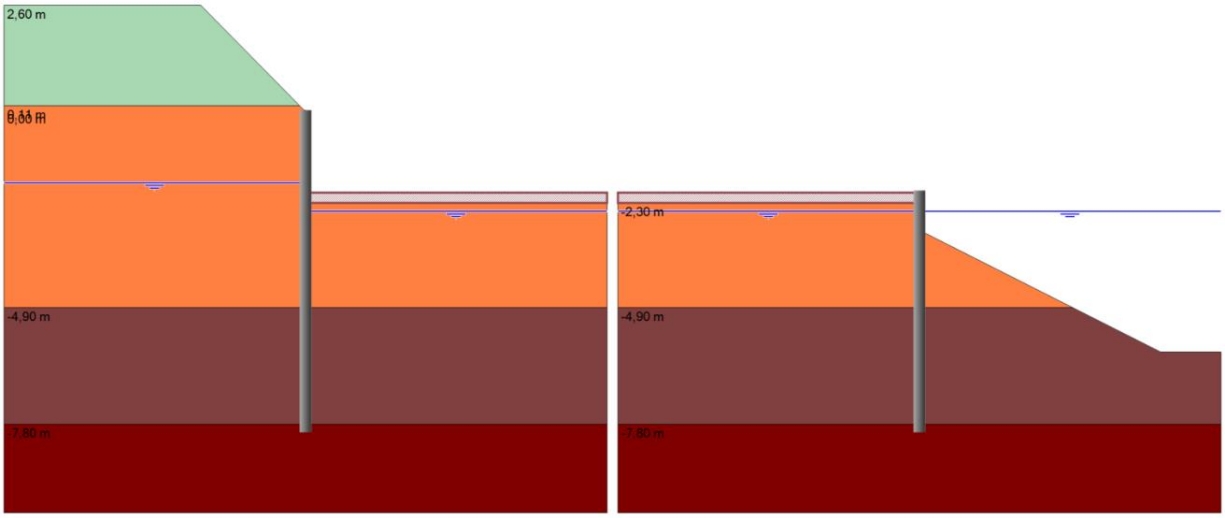
- Phase 02 (transitoire/MEL/MISS) : Abaissement du niveau de la Loire à -0,50 m NGF (niveau berge : 0,00 m NGF) ;



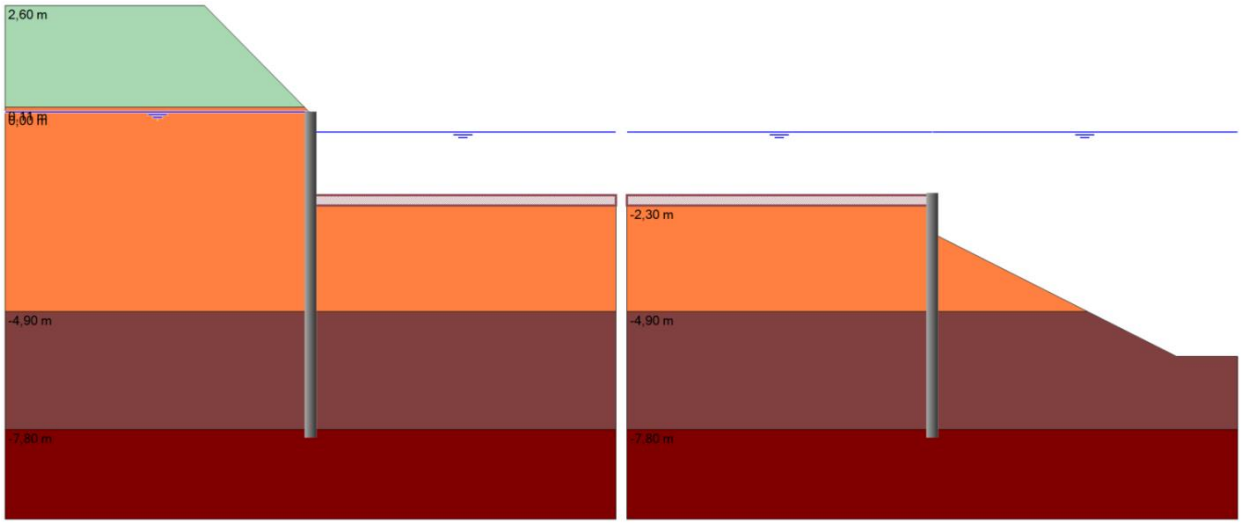
- Phase 03 (transitoire) : Abaissement du niveau de la Loire pour permettre la mise en place des éléments préfabriqués ;



- Phase 04 (transitoire/MISS) : Réalisation de la dalle – Recépage de la partie haute ;



- Phase 05 (durable/MISS) : Exploitation.



14.3.2 COMBINAISONS

Les situations de calcul sont présentées dans le tableau suivant.

Situation	Description	Niveau Berge	Niveau Loire	Méthode	Coefficients de pondération		
					Actions (Poussée active , pression d'eau, poids propres…)	Effet des actions (Sollicitations écran)	Résistance (Butée mobilisable)
COMB 1 : Fondamental (Transitoire)	Réalisation des fonçages et/ou vibrofonçage des palplanches à une cote de tête variable. (Niveau à NM)	+0,94 m NGF	+0,94 m NGF	MEL	1,35	1,00	1,10
				MISS	1,00	1,35	1,10
COMB 2 : Fondamental (Transitoire)	Abaissement du niveau de la Loire à -0,50 m NGF	-0,00 m NGF	-0,50 m NGF	MEL	1,35	1,00	1,10
				MISS	1,00	1,35	1,10
COMB 3 : Fondamental (Transitoire)	Abaissement du niveau de la Loire	-1,80 m NGF	-2,30 m NGF	MEL	1,35	1,00	1,10
				MISS	1,00	1,35	1,10
COMB 4 : Fondamental (Transitoire)	Réalisation de la dalle	-1,80 m NGF	-2,30 m NGF	MEL	-	-	-
				MISS	1,00	1,35	1,10
COMB 5 : Fondamental (Durable)	Situation durable d'exploitation avec différence de 50 cm entre le niveau de la berge et le niveau de la Loire	-0,00 m NGF	-0,50 m NGF	MEL	-	-	-
				MISS	1,00	1,35	1,40

Tableau 14-4 : Situations de calcul

14.3.3 VERIFICATION DE LA FICHE (MEL) EN PHASE TRAVAUX - ELU

Les 3 premières phases permettent de vérifier si les deux rideaux sont auto stables indépendamment permettant ainsi de garantir la stabilité de l'ouvrage en phase provisoire (travaux).

Les résultats sont présentés dans le tableau suivant. Les deux rideaux sont ancrés à -8,00 m NGF soit 20 cm dans le micaschiste. Le tableau suivant présente les coefficients de sécurité. La valeur cible est de 1,20 pour assurer 20% de fiche supplémentaire par rapport au point d'équilibre.

	Rideau amont (Berge)	Rideau aval (Loire)
Phase 01 (Transitoire)	2,26	8,04
Phase 02 (Transitoire)	1,52	8,04
Phase 03 (Transitoire)	1,62	8,04
Phase 04 (Transitoire)	(Modèle MISS - Défaut de butée)	(Modèle MISS - Défaut de butée)
Phase 05 (Durable)	(Modèle MISS - Défaut de butée)	(Modèle MISS - Défaut de butée)

Tableau 14-5 : Résultat fiche MEL

Par conséquent, la stabilité des écrans est assurée en phase provisoire (travaux).

14.3.4 VERIFICATION DU DEFAUT DE BUTEE (MISS) - ELU

La vérification de la butée est réalisée conformément à la norme NF P94-282. Le logiciel K-Réa fourni les valeurs de butée pour chacun des écrans. Les résultats sont présentés dans le tableau suivant.

	Butée mobilisée (calcul)	Butée mobilisable (calcul)	Stabilité vérifiée
Phase 1 (Transitoire)	E1 : 320,38 E2 : 94,19	E1 : 630,58 E2 : 347,49	OUI
Phase 2 (Transitoire)	E1 : 386,16 E2 : 94,19	E1 : 630,58 E2 : 347,49	OUI
Phase 3 (Transitoire)	E1 : 416,09 E2 : 94,19	E1 : 630,58 E2 : 347,49	OUI
Phase 4 (Transitoire)	E1 : 430,37 E2 : 97,28	E1 : 659,23 E2 : 347,49	OUI
Phase 5 (Durable)	E1 : 397,39 E2 : 95,38	E1 : 495,46 E2 : 273,03	OUI

Tableau 14-6 : Défaut de butée – MISS

Le défaut de butée a été vérifiée conformément à la norme en vigueur.

14.3.5 VERIFICATIONS DE LA RESISTANCE INTERNE DES PALPLANCHES

Les vérifications structurelles comprennent :

- Vérification de la reprise de l'effort tranchant après corrosion du rideau ;
- Vérification de la reprise du moment fléchissant après corrosion du rideau.

Les graphiques d'efforts internes dans le rideau sont présentés sur la figure suivante. Sur les figures suivantes, sont représentées les enveloppes des efforts internes (à partir du modèle MISS).

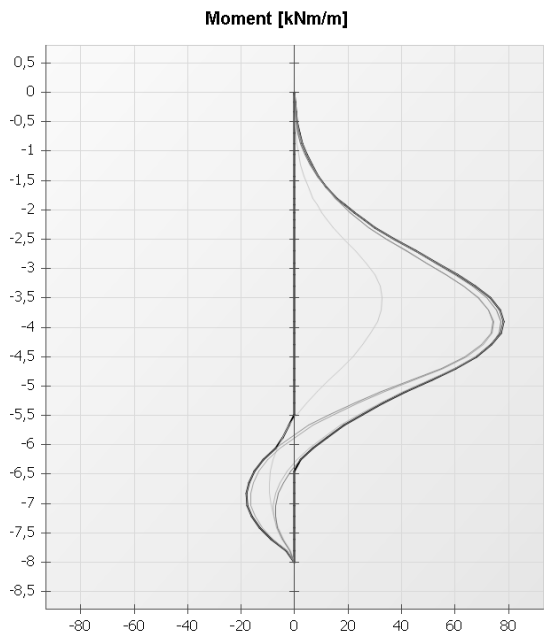
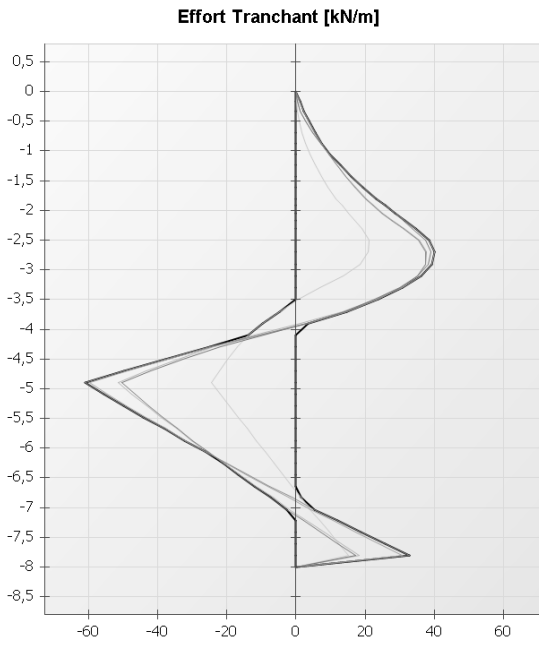
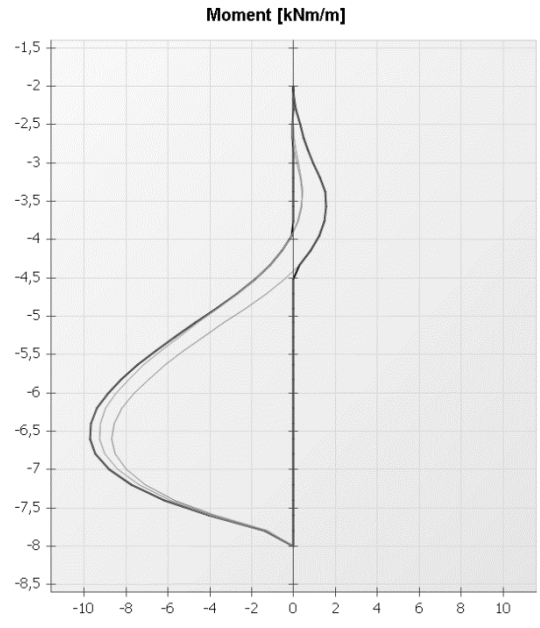
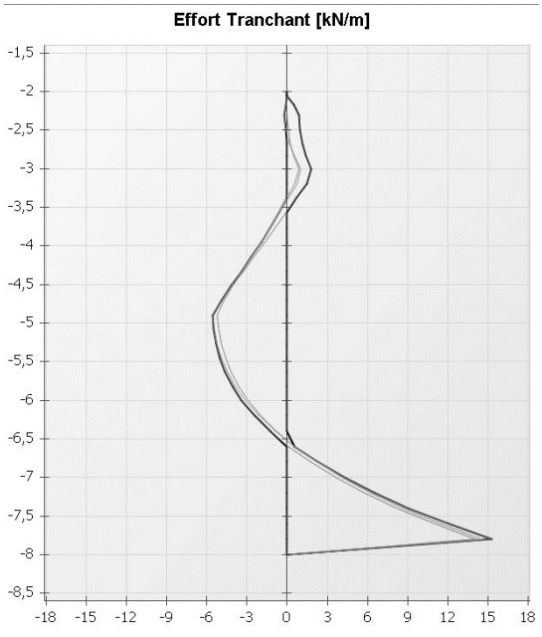
	Moment fléchissant	Effort tranchant
Ecran 01		
Ecran 02		

Tableau 14-7 : Efforts internes dans les deux écrans

Pour l'écran 1, les efforts de calcul sont les suivants :

- $M_{E,d,ELU}$ = 78,17 kN.m/m
- $V_{E,d,ELU}$ = 60,58 kN/m

Pour l'écran 2, les efforts de calcul sont les suivants :

- $M_{E,d,ELU}$ = 9,74 kN.m/m

- $V_{E,d,ELU}$ = 15,22 kN/m

Le graphique suivant présente le moment de flexion réduit selon la perte d'épaisseur considérée. Ainsi, le rideau PU22 a un taux de travail initial de 21% et un taux de travail réduit après corrosion de 94% à 100 ans.

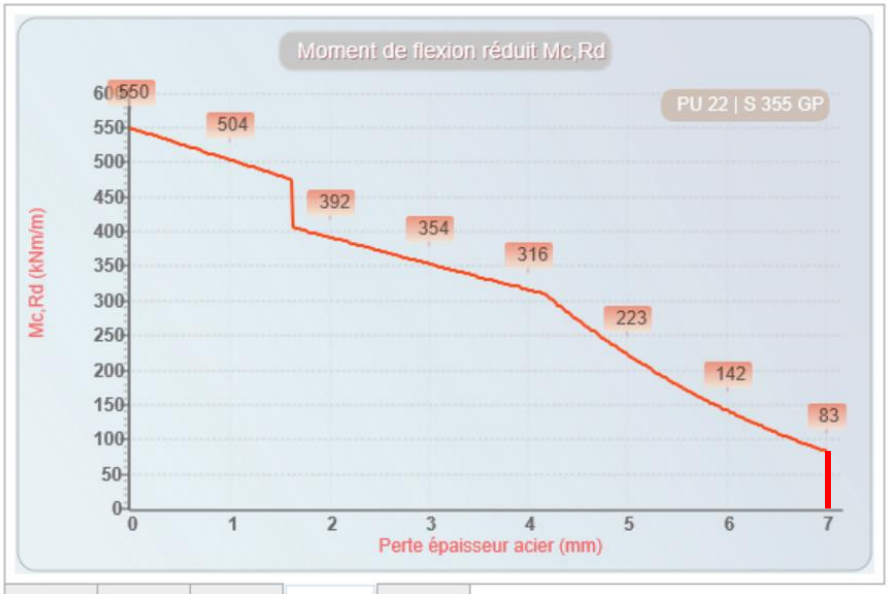


Figure 14-2 : Moment de flexion réduit selon la perte d'épaisseur considérée

14.3.6 CONSIDERATIONS POUR LE DALLE

A ce stade, le ferraillage de la dalle n'est pas étudié. Une surcharge d'exploitation sera appliquée sur la dalle (mise à l'eau).

Les calculs seront menés suivant l'Eurocode 2. La classe d'exposition est XS3 et l'ouverture des fissures doit être limitée à 0,2 mm. La classe structurale considérée est S3 et l'enrobage minimal est 40 mm.

15 RIDEAU DE PALPLANCHES EXISTANT

GINGER CEBTP a effectué une série d'investigation sur le rideau de palplanches existant. Les investigations consistaient en :

- Définition visuelle du type de palplanches et identification du nombre de tirants ;
- Mesures ultrasonores ;
- Mesures par essais d'impédance mécanique.

La coupe suivante présente la synthèse de l'identification du rideau (terre-rouge type IV).

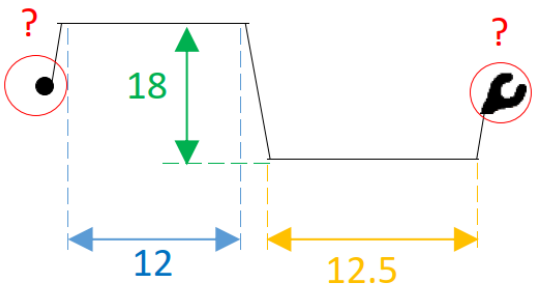


Figure 15-1 : Identification du rideau (GINGER, 2018)

D'après les mesures ultrasonores, l'épaisseur moyenne du rideau est de l'ordre de 16 mm.

Les mesures d'impédance mécanique n'ont pas permis de définir les longueurs du rideau (qui s'explique par des mauvaises conditions d'essais notamment par l'absence de soudure entre le revêtement supérieur et les palplanches). Ci-dessous, est présentée la coupe du rideau sur le quai Dumont D'Urville.

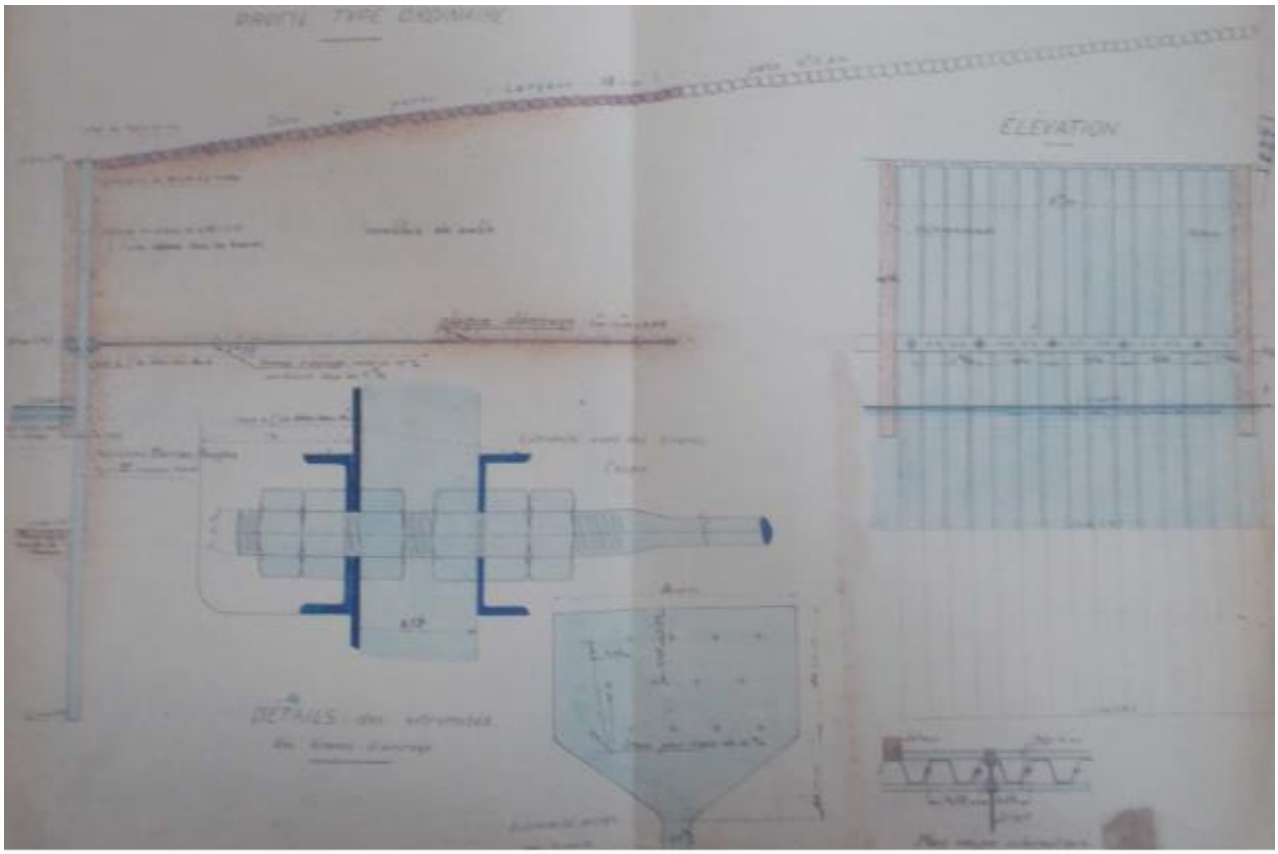


Figure 15-2 : Profil type quai Dumont D'Urville (1930)

En 1982, des travaux de confortement ont consisté à :

- Bloquer le rideau de palplanches par un massif d'enrochement ;
- Reprofiler à l'aide de matériaux pierreux la partie affaissée ;
- Mise en place d'un système de drainage.

En absence de cette donnée fondamentale (longueur de fiche) pour le calcul, nous n'avons pas pu vérifier la stabilité interne du rideau. Néanmoins aucun basculement ni même dégradation quelconque n'a été observé. Nous proposons de reconstituer la butée initiale en enrochements.

17 CONCLUSIONS

Les investigations conduites par GINGER en 2018 ont permis de mettre en exergue la lithologie du linéaire. Les lithologies suivantes ont été identifiées :

- Couche 1 : Remblai anthropique composé de blocs de granite dans une matrice sableuse, estimé C1Bx ;
- Couche 2 : Alluvions sableuses plus ou moins fins (squelette granulaire très homogène), classé D1 ;
- Couche3 : Argile molle plastique à ferme / Alternance de couche argilo-sableuse, classé A3-A4 ;
- Couche 4 : Substratum rocheux (micaschiste).

Des variations spatiales des couches ont été relevées et ont un effet plus ou moins préjudiciable sur la stabilité de la berge.

Notons que les solutions proposées visent à préserver les espèces végétales en intervenant sur les parties basses des berges par voie nautique. Toutefois, il convient de noter qu'un débroussaillage de certaines zones est indispensable.

Les solutions proposées visent à garantir un traitement complet des instabilités de la berge en préservant au maximum les zones végétalisées. Seul un secteur de la zone 3 (entre le PM220 et 240) nécessite une intervention en partie haute de la berge.

A ce stade et sous couvert d'une validation des hypothèses géotechniques, la solution préconisée prévoit d'une manière générale :

- Sur 205 m une solution de confortement mixte avec un rideau de palplanches en pied et une recharge en enrochements 60-300 kg ;
- Sur 190 m une solution unique avec une recharge en enrochements sur 190 m ;
- Sur 20 m un reprofilage du talus supérieur depuis la crête (PM220-240).

Il est rappelé qu'une fiabilisation des données géotechniques est indispensable pour fiabiliser les modèles géotechniques.

Un programme de reconnaissances complémentaires (G2 PRO) a été transmis à Nantes Métropoles (23F121_RA1_Programme de reconnaissances). Les principaux objectifs de ce programme sont les suivants :

- Identification du niveau du substratum au droit de l'implantation du rideau de soutènement ;
- Fiabilisation des propriétés géomécaniques des différentes couches lithologiques sur l'ensemble du linéaire.

Pour l'allongement de la cale il est envisagé :

- La mise en œuvre de deux rideaux de palplanches périphériques (PU22) ;
- Des dalles préfabriquées clavetées sur les rideaux de palplanches (30 cm).

Le tableau suivant présente une synthèse de la présente note.

Zone	Profil	Linéaire	Détail	Situation	Situation initiale – Facteur partiel de sécurité (Approche 3) – Haut	Intermédiaire	Globale	Au-dessus du chemin	Confortement envisagé	Données à fiabiliser
Zone 1	P1	125	Profil caractéristique du tronçon 1	NM	1,57	1,02	1,22	1,11	- rideau de palplanches à -1,00 m NGF, type PU22 (10 m) - recharge en enrochements jusqu'à la cote 2,6 m NGF	• Position du substratum rocheux • Caractéristiques géomécanique de la couche argileuse (pression limite) • Présence d'enrochement en tête
				BMME	1,75	0,93	1,14			
				BMVE	1,75	0,93	1,12			
				PBMA	1,75	0,94	1,14			
	P1BIS	10	Zone d'éboulement du tronçon 1	NM	1,08	0,9	1,09	1,11	- rideau de palplanches à -1,00 m NGF, type PU22 (10 m) - recharge en enrochements jusqu'à la cote 3,7 m NGF	• Position du substratum rocheux • Caractéristiques géomécanique de la couche argileuse (pression limite) • Présence d'enrochement en tête
				BMME	1,04	0,9	1,07			
				BMVE	1,24	0,88	1,07			
				PBMA	1,27	0,93	1,08			
	P1TER	55	Profil correspondant à une topographie moins critique	NM	1,31	0,88	1,08	0,8	- rideau de palplanches à -1,00 m NGF, type PU22 (10 m) - recharge en enrochements jusqu'à la cote 2,6 m NGF	• Position du substratum rocheux • Caractéristiques géomécanique de la couche argileuse (pression limite) • Présence d'enrochement en tête
				BMME	1,31	1,01	0,99			
				BMVE	1,3	1,02	0,98			
				PBMA	1,31	1,08	0,94			
Zone 2	P2	15	Profil correspondant à la zone d'éboulement du tronçon 2	NM	0,92	0,97	1,11	-	- rideau de palplanches à -1,00 m NGF, type PU22 (10 m) - recharge en enrochements jusqu'à la cote 5,7 m NGF	• Position du substratum rocheux • Caractéristiques géomécanique de la couche argileuse (pression limite) • Présence d'enrochement en tête
				BMME	0,94	0,93	0,98			
				BMVE	0,95	0,94	0,96			
				PBMA	0,96	0,94	0,95			
Zone 3	P3 CHEMIN	135	Profil caractéristique du tronçon 3 (avec chemin piéton ouvert)	NM	-	0,94	1,21	0,88	- recharge en enrochements jusqu'à la cote 2,6 m NGF - reprofilage depuis la crête (Angle de talus cible 31° soit 1,66 H/V) sur 20-30 m	• Caractéristiques géomécanique de la couche argileuse
				BMME	-	0,91	1,06			
				BMVE	-	0,95	1,02			
				PBMA	-	0,99	0,99			
	P3 SANS CHEMIN		Profil caractéristique du tronçon 3 (avec chemin piéton fermé)	NM	-	0,94	1,22			
				BMME	-	0,91	1,1			
				BMVE	-	0,96	1,07			
				PBMA	-	0,99	1,05			
	P3BIS	55	Profil glissé sur le tronçon 3	NM	-	1,11	0,33	1,19	- recharge en enrochements jusqu'à la cote 3,7 m NGF	• Fiabilisation de la position et de la qualité de la couche argileuse
				BMME	-	1,15	0,52	1,2		

				BMVE	-	1,14	0,45	1,19		
				PBMA	-	1,11	0,40	1,2		

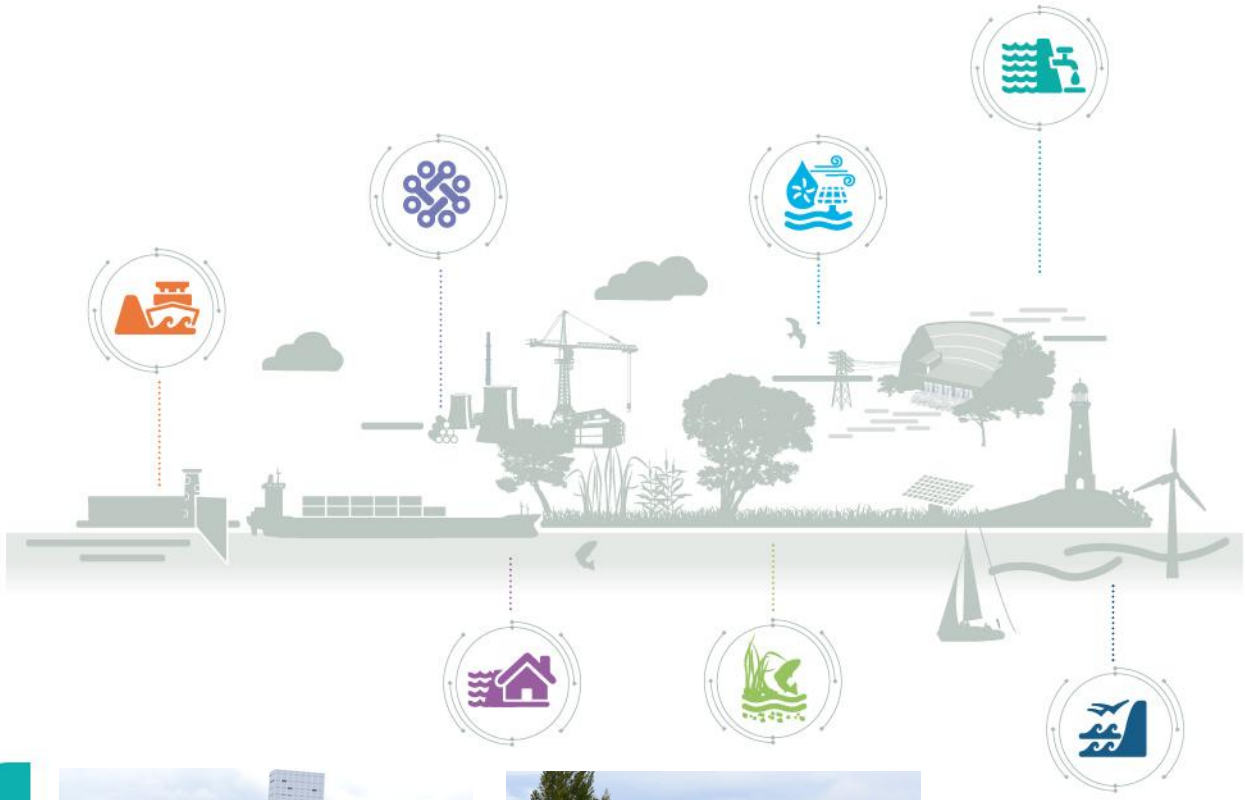
Rapport

N° : 23F-121-RA-3
Révision n° : B
Date : 11/12/2025

Votre contact :
Patrick ROUQUET
rouquet@isl.fr

NANTES METROPOLE

ACCORD CADRE - MAITRISE D'OEUVRE DE RESTAURATION DU QUAI DOUMERGUE A NANTES







// Note de cadrage réglementaire

ISL Ingénierie SAS – ANGERS
25 rue Lenepveu
49100 – Angers
France
Tel : +33.2.41.36.01.77
Fax : +33.1.40.34.63.36

www.isl.fr

Visa

Document verrouillé du 11/12/2025.

Révision	Date	Auteur	Chef de Projet	Superviseur	Commentaire
A	08/12/2023	PRO	TNO	ATA	
B	11/12/2025	PRO	TNO	TNO	Intégration des compléments d'inventaire / validation des travaux sur les tronçons de priorité 1

ATA : TARDIEU Antoinette

PRO : ROUQUET Patrick

TNO : NOBLET Thomas

Rapport ISL
23F-121-RA-3
Revision B
Accord cadre - Maîtrise d'oeuvre de restaurati
http://www.isl.fr/r.php?c=244627
Ingénierie

SOMMAIRE

1 PREAMBULE 12

2 IDENTIFICATION DU MAITRE D'OUVRAGE 13

3 LOCALISATION DE L'OUVRAGE 13

4 DIAGNOSTIC DU QUAI ET TRAVAUX A REALISER 19

4.1 ANALYSE DES PRINCIPALES CONCLUSIONS DE L'AVP DE 2018 [4] 19
4.1.1 Cadre de l'étude réalisée 19
4.1.2 Principales hypothèses de travail 20
4.1.3 Rappel des conclusions du diagnostic d'EGIS (2016) 20
4.1.4 Mise à jour diagnostic des berges (SCE, 2018) 21
4.1.5 Synthèse des 2 études Géotechniques 22
4.1.5.1 Campagnes géotechniques réalisées 22
4.1.5.2 Conclusion de l'étude G1 FONDASOL 2017 23
4.1.5.3 G2-AVP : GINGER 23
4.1.5.4 Synthèse et critique des études précédentes 24
4.1.6 Nature et procédure des Travaux envisagés en 2018 24
4.1.6.1 Reprise du quai Doumergue 24
4.1.6.2 Reprise de la cale 27
4.1.7 Phasage des travaux 27
4.1.8 Montant des travaux 27
4.2 ETAT DES LIEUX 29
4.2.1 Zonage et enjeux 29
4.2.1.1 Zone 1 31
4.2.1.2 Zone 2 37
4.2.1.3 Zone 3 39
4.2.1.4 Zone 4 43
4.2.1.5 Zone 5 45
4.2.2 Synthèse des différents zonages et enjeux associés 47

5 PROGRAMME DE TRAVAUX RETENU 49
5.1 PRIORISATION DES TRAVAUX 49
5.2 PROGRAMME DE TRAVAUX RETENU PAR ZONE 52
6 ANALYSE SYNTHETIQUE DES CONTRAINTES ENVIRONNEMENTALES DU SITE 55
6.1 SITES D'INTERET ECOLOGIQUE, PROTEGES OU REGLEMENTES 55
6.1.1 Réseau NATURA 2000 55
6.1.2 Zones d'intérêt écologique 58
6.1.3 Zones humides 60
6.1.4 Arrêté de protection de biotope (APPB) 61
6.1.5 Aires protégées 62
6.1.6 Parc naturel national 62
6.1.7 Réserve de biosphère 62
6.1.8 Parc naturel régional 62
6.1.9 Site classé, inscrit au titre du code de l'environnement 63
6.1.10 Espaces naturels sensibles (ENS) 64
6.1.2 Synthèse des sites écologiques 65
6.1.3 Schéma Régional de Cohérence Ecologique (SRCE) 66
6.1.4 Bois classé au titre du code de l'urbanisme 69
6.2 DIAGNOSTIC ECOLOGIQUE 69
6.2.1 Diagnostics écologiques antérieurs 69
6.2.2 Prospections 2023 du bureau d'études Hydroconcept 70
6.2.2.1 Bibliographie 71
6.2.2.2 Inventaires 74
7 PROCEDURES APPLICABLES AU PROJET 96
7.1 CODE DE L'ENVIRONNEMENT 96
7.1.1 Procédures au titre de la Loi sur l'eau 96
7.1.2 Evaluation environnementale au titre du R122-2 du CE 102
7.1.3 Porté à connaissance au titre du R181-46 102
7.1.4 Site NATURA 2000 103

7.1.5 Dérogation aux espèces protégées 104
7.2 CODE DE L'URBANISME 104
7.3 SITES CLASSES OU INSCRITS AUX MONUMENTS HISTORIQUES 104
7.4 CODE FORESTIER 104
7.5 AUTORISATION DPF 104
7.6 CONCLUSIONS 105

TABLE DES ANNEXES

ANNEXE 1 DIAGNOSTIC ECOLOGIQUE - HYDROCONCEPT 2023 1

TABLE DES FIGURES

Figure 3-1 : Localisation de la zone de projet (Echelle 1/50000ème et 1/12500ème) 14
Figure 3-2 : Vue aérienne du quai Doumergue (Echelle : 1/2500ème) 15
Figure 3-3 : Accès à la zone des travaux terrestre (rouge) et fluvial (bleu) 16
Figure 3-4 : Accès à la cale depuis le boulevard Doumergue 17
Figure 3-5 : Vues des différentes zones du quai Doumergue 18
Figure 4-1 : Implantation des travaux (AVP-SCE) 20
Figure 4-2 : Coupes types confortées, AVP SCE 2018 26
Figure 4-3 : Vue en plan des 5 zones 30
Figure 4-4 : Profil en travers de P1 [6] 32
Figure 4-5 : Profil en travers et vue en plan du linéaire (P1) 32
Figure 4-6 : Photographies du tronçon P1 33
Figure 4-7 : Profil en travers de P1BIS [6] 34
Figure 4-8 : Vue en plan du profil P1BIS 34
Figure 4-9 : Photographies du tronçon P1BIS 35
Figure 4-10 : Profil en travers de P1TER [6] 36
Figure 4-11 : Vue en plan du profil P1TER 36
Figure 4-12 : Photographies du tronçon P1TER 37
Figure 4-13 : Profil en travers P2 [6] 38
Figure 4-14 : Profil en travers et vue en plan au droit de la zone 2 38
Figure 4-15 : Photographies du tronçon P2 39
Figure 4-16 : Profil en travers de P3 [6] 40
Figure 4-17 : Vue en plan au droit de la zone 3 40

Figure 4-18 : Photographies du tronçon P3 41
Figure 4-19 : Profil en travers de P3BIS [6] 42
Figure 4-20 : Vue en plan P3 BIS 42
Figure 4-21 : Photographies du tronçon P3BIS 43
Figure 4-22 : Vue en plan de la zone 4 44
Figure 4-23 : Photographies de la zone 4 45
Figure 4-24 : Vue en plan de la zone 5 46
Figure 4-25 : Photographies de la zone 5 47
Figure 5-1 : Carte de synthèse des niveaux de priorité 49
Figure 5-2 : Carte de la priorisation privilégiée 50
Figure 6-1 : Site Natura 2000 Directive « Habitats » au droit du projet (*Source : SIGLoire*) 56
Figure 6-2 : Site Natura 2000 Directive « Oiseaux » au droit du projet (*Source : SIGLoire*) 58
Figure 6-3 : ZNIEFF de type I et II au niveau ou à proximité du projet (*Source : data.paysdelaloire.fr*) 59
Figure 6-4 : Localisation des zones humides RAMSAR (*Source : SIGLoire*) 60
Figure 6-5 : Localisation des zones humides en pays de Loire (*Source : data.paysdelaloire.fr*) 61
Figure 6-6 : Localisation de l'aire APPB la plus proche (*Source : ISGLoire.fr)* 61
Figure 6-7 : Aire protégée ou SCAP au droit du projet (*Source : SIGLoire.fr*) 62
Figure 6-8 : Limites du PNR de Brière (*Source : SIGLoire*) 63
Figure 6-9 : Localisation des sites classés (rouge) et inscrites (bleu) (*Source : SIGLoire*) 63
Figure 6-10 : Localisation des surfaces ENS à proximité (*Source : data.paysdelaloire.fr*) 64
Figure 6-11 : Zones de préemption des Espaces Naturels Sensibles (ENS) en Loire-Atlantique 64
Figure 6-12 : Réserves Naturelles Nationales (RNN) en Pays de la Loire (*Source : data.paysdelaloire.fr*) 65
Figure 6-13 : Infrastructures linéaires Écologiques (SRCE) (*Source : data.paysdelaloire.fr*) 67
Figure 6-14 : Corridors vallées assurant des connexions entre des réservoirs de biodiversité (*Source : data.paysdelaloire.fr)* 68
Figure 6-15 : Corridors Cours d'eau assurant des connexions entre des réservoirs de biodiversité (*Source : data.paysdelaloire.fr*) 68
Figure 6-16 : Corridors territoires assurant des connexions entre des réservoirs de biodiversité (*Source : data.paysdelaloire.fr*) 69
Figure 6-17 : Extrait du rapport d'étude Bilan de l'intégration « Angélique et Scirpe » dans les travaux Berges Nord entre les Ponts Haudaudine et Aristide Briand (Suivi 2022, Ouest AM') 74
Figure 6-18 : Cartographie des stations de scirpe triquètre et densités d'individus au mètre linéaire. 82
Figure 6-19 : Localisation des stations d'Angélique des estuaires avec indication du stade de développement 84
Figure 6-20 : Localisation de l'emprise pour la cartographie des arbres et arbustes sur le quai Doumergue à Nantes 85

Figure 6-21 : Découpage des 4 cartes présentant la répartition des arbres et arbustes par quadrat de 10 m sur le quai Doumergue à Nantes 87
Figure 6-22 : Cartographie de la répartition des arbres et arbustes sur le quai Doumergue à Nantes (1) 87
Figure 6-23 : Cartographie de la répartition des arbres et arbustes sur le quai Doumergue à Nantes (2) 88
Figure 6-24 : Cartographie de la répartition des arbres et arbustes sur le quai Doumergue à Nantes (3) 88
Figure 6-25 : Cartographie de la répartition des arbres et arbustes sur le quai Doumergue à Nantes (4) 89
Figure 6-26 : Cartographie des observations de reptiles inventoriés sur site 90

TABLE DES TABLEAUX

Tableau 1-1 : Liste des documents disponibles pour le projet 12
Tableau 4-1 : Programme de travaux (AVP-SCE) 19
Tableau 4-2 : Principales hypothèses de l'Avant-Projet SCE 2018 [4] 20
Tableau 4-3 : Conclusion du diagnostic de 2016 [3] 21
Tableau 4-4 : Programme d'action priorisé proposé 21
Tableau 4-5 : Conclusion du diagnostic de 2016 [3] 22
Tableau 4-6 : Résultats calcul de stabilité, G1 FONDASOL 2016 23
Tableau 4-7 : Résultats calcul de stabilité, G2 AVP GINGER 2018 24
Tableau 4-8 : Synthèse des montants des travaux en fonction des différentes variantes 28
Tableau 4-9 : Détail des différents profils et zonages 31
Tableau -4-10 : Enjeux identifiés (P1) 31
Tableau 4-11 : Enjeux identifiés (P1BIS) 33
Tableau 4-12 : Enjeux identifiés (P1TER) 35
Tableau 4-13 : Enjeux identifiés (P2) 37
Tableau 4-14 : Enjeux identifiés (P3) 39
Tableau 4-15 : Enjeux identifiés (P3BIS) 41
Tableau 4-16 : Enjeux identifiés (Zone 4) 44
Tableau 4-17 : Enjeux identifiés (Zone 5) 46
Tableau 4-18 : Synthèse des enjeux identifiés par diagnostic visuel 48
Tableau 5-1 : Détail de la nouvelle priorisation 51
Tableau 5-2 : Détail du programme des travaux retenus 54
Tableau 6-1 : Zones réglementés et protégés à proximité de la zone d'étude 66
Tableau 7-1 : Titres des rubriques concernées par le projet 96

1 PREAMBULE

ISL Ingénierie a été mandaté par Nantes Métropole pour une mission de Maîtrise d'œuvre sur le quai Doumergue Nantes.

Les berges du quai Doumergue relèvent du domaine public et sont sous la gestion de Nantes Métropole. Cette agglomération intervient pour assurer les actions d'entretien courant, d'aménagements urbains et de travaux de confortement. Toutefois, il est rappelé que Voies Navigables de France est propriétaire des parcelles concernées par le présent projet. Une convention d'occupation du territoire a été émise entre ces deux acteurs.

L'avant-projet réalisé par ISL a eu pour objectif de mettre à jour de l'étude d'Avant-Projet réalisée en 2018 par SCE.

Les objectifs sont les suivants :

- Reprise des calculs de stabilité en fonction de l'évolution de la géométrie de la berge depuis 2019 ;
- D'analyser les résultats des investigations effectuées sur le rideau de palplanches (zone 5) ;
- D'actualiser le montant des travaux depuis 2019.

Le tableau suivant présente l'ensemble des données d'entrée utilisées pour l'élaboration de l'AVP.

Num	Titre	Date
[1]	Données bathymétriques, VNF, SMF_Plan_Détaillé_Loire_VNF_Section1_2009-2010	2010
[2]	G2 PRO, Aménagement des berges nord de l'île de Nantes	Avril 2015
[3]	Diagnostic, dossier d'ouvrage, EGIS	Septembre 2016
[4]	Rapport AVP, Projet de confortement des berges Nord -île de Nantes, SCE-version 3	Décembre 2018
[5]	Investigation sur un rideau de palplanches, GINGER	Mars 2023
[6]	Relevé topographique terrestre et bathymétrique, GEOFIT	20/10/2023
[7]	Photographies du site, Nantes Métropole	-
[8]	Relevé des espèces protégées, Hydroncept	Décembre 2023

Tableau 1-1 : Liste des documents disponibles pour le projet

La présente note a pour objet de présenter les travaux retenus par Nantes Métropoles à l'issue de l'Avant-Projet et de définir le cadre réglementaire qui s'applique à la mise en œuvre de ces travaux.

2 IDENTIFICATION DU MAITRE D'OUVRAGE

Nantes Métropole

Adresse :

5, rue de Saverne

44 923 Nantes Cedex 9

3 LOCALISATION DE L'OUVRAGE

Le quai Doumergue se situe sur la commune de Nantes (44000 – Département de Loire Atlantique, région de Pays de Loire).

Il se situe en bord de Loire, au niveau du bras de la Madeleine de l'île de Nantes. La section concernée est comprise entre le pont Aristide Birand en amont et le Pont du général Audibert en aval.

La zone de travaux est accessible par voie fluviale en naviguant sur la Loire ou par voie terrestre en empruntant le boulevard Gaston Doumergue. L'accès au bord de la Loire se fait aisément par une descente sur berge goudronnée et une cale présente au droit de la berge à restaurer

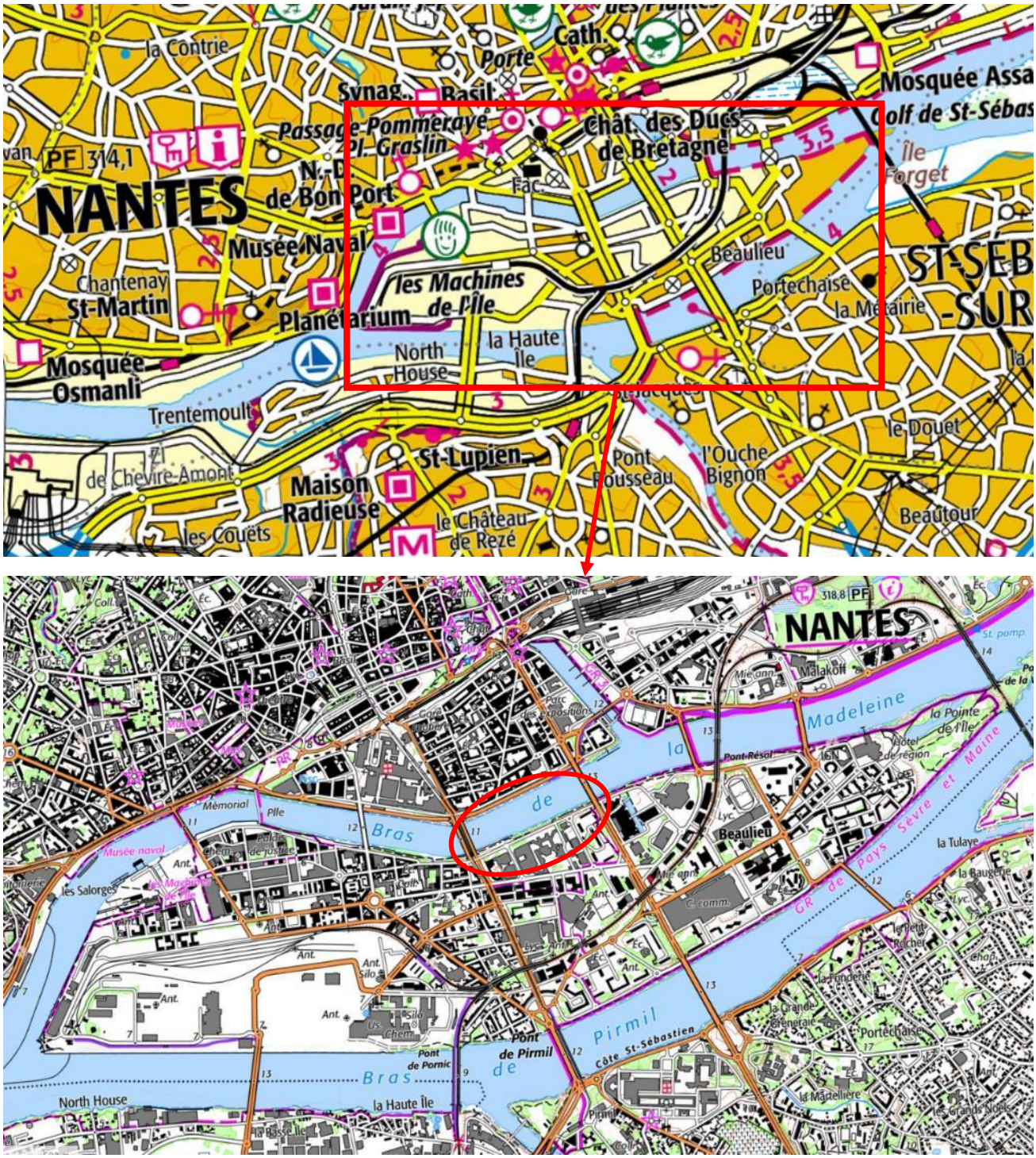


Figure 3-1 : Localisation de la zone de projet (Echelle 1/50000ème et 1/12500ème)



Figure 3-2 : Vue aérienne du quai Doumergue (Echelle : 1/2500ème)

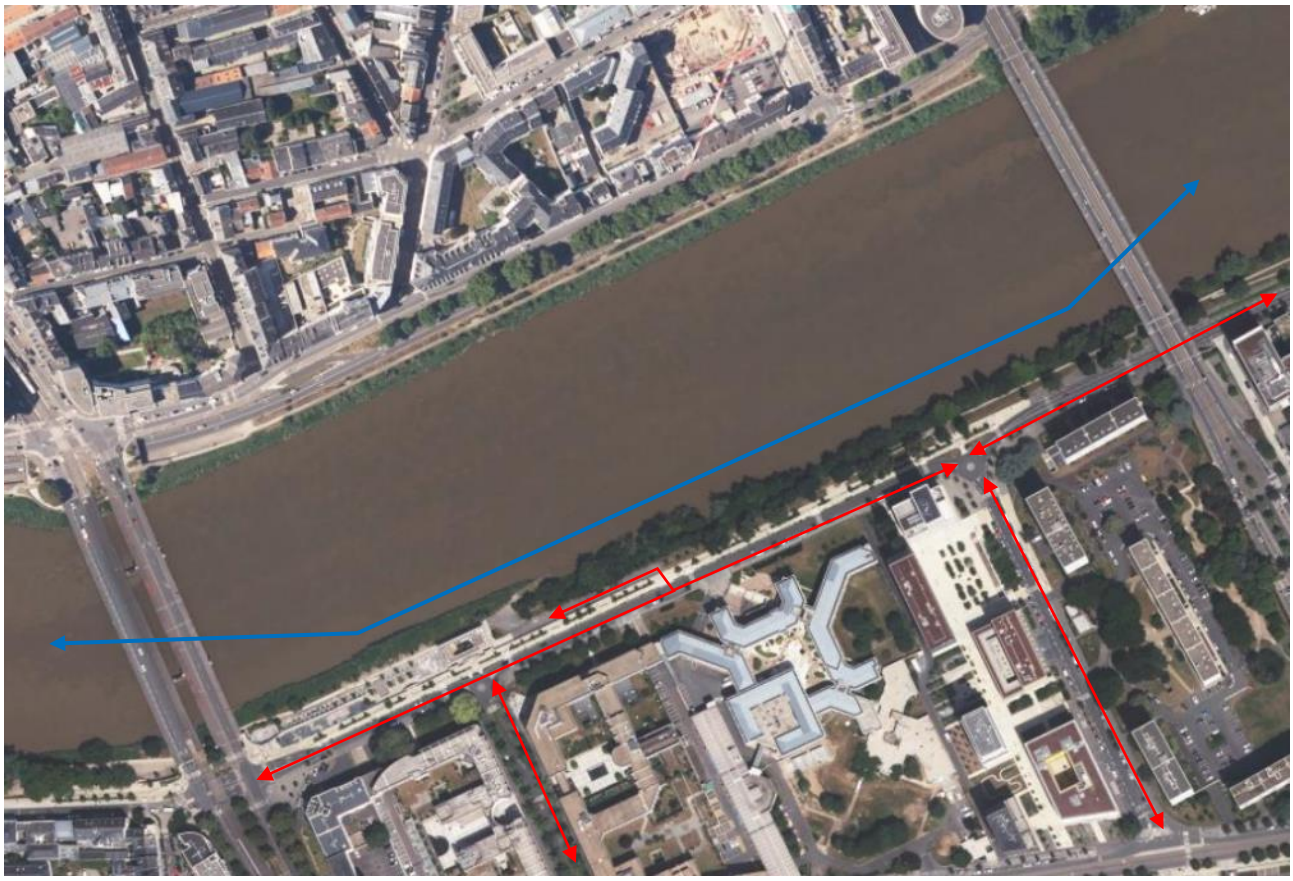


Figure 3-3 : Accès à la zone des travaux terrestre (rouge) et fluvial (bleu)

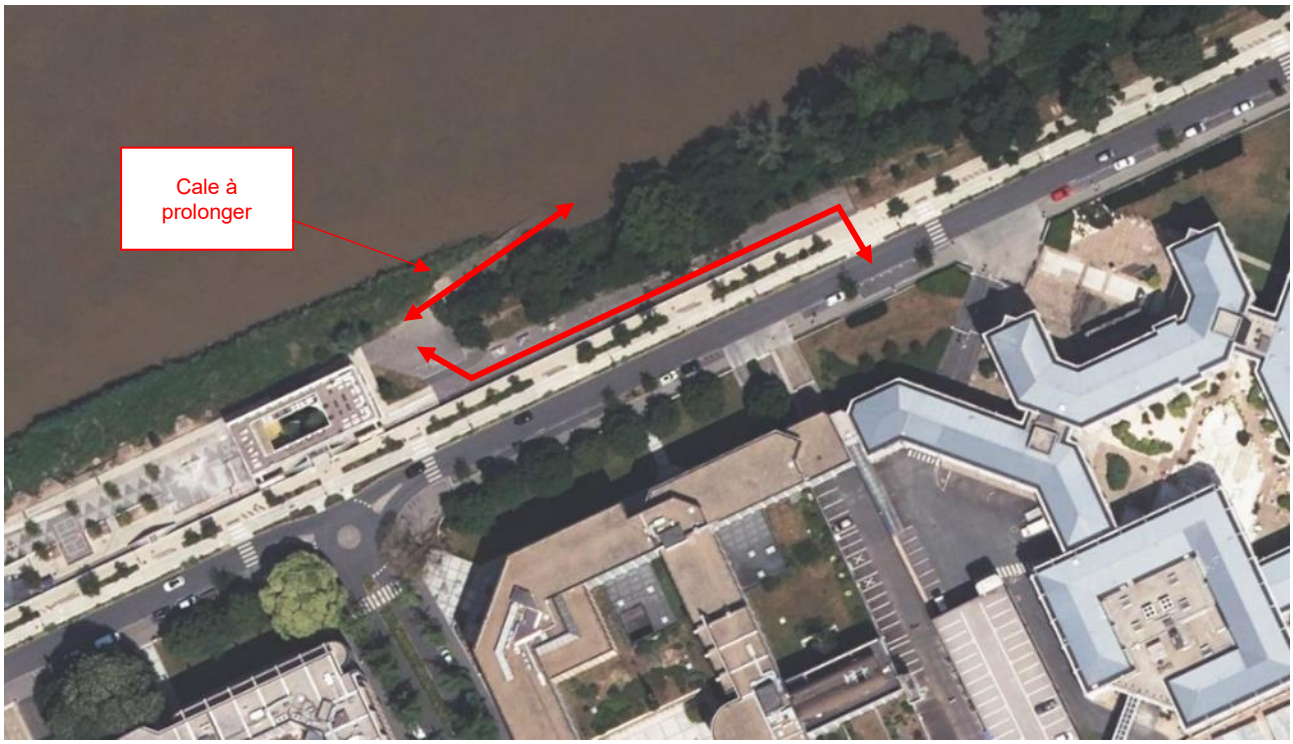


Figure 3-4 : Accès à la cale depuis le boulevard Doumergue

	
Vue de la rive depuis le pont Aristide Briand	**Végétation de bord de Loire / secteur amont**



Végétation et aménagement / secteur aval



Vue de la berge depuis le pont G^{al} Audibert



Descente sur berge pour accéder à la cale



Cale d'accès à la Loire



Vue des enrochements / secteur amont



Vue des enrochements / sceteur aval

Figure 3-5 : Vues des différentes zones du quai Doumergue

4 DIAGNOSTIC DU QUAI ET TRAVAUX A REALISER

Les données ci-après sont issues du rapport d'avant-projet.

4.1 ANALYSE DES PRINCIPALES CONCLUSIONS DE L'AVP DE 2018 [4]

4.1.1 CADRE DE L'ETUDE REALISEE

La SAMOA avait mandaté le bureau d'étude SCE pour la réalisation des études relatives au confortement des berges sur la rive gauche du bras de la Madeleine en partie nord de l'île de Nantes.

L'Avant-Projet réalisé en 2018 par SCE comprend l'étude des berges comprises entre le pont A. Briand en amont et le quai Hoche à l'aval.

Le tableau suivant présente le programme de travaux envisagé à l'AVP.

Linéaire concerné	Localisation	Principaux désordres	Travaux envisagés
≈ 400 m	Aval du pont Aristide Briand	Désorganisation de déstabilisation du talus Végétation invasive	- Traitement de la végétation instable. - Reprofilage de la pente de talus après démontage des enrochements en place. - Réalisation d'une butée de pied et remise en place des enrochements.
≈ 70 m	Au droit du quai Hoche	Ancienne cale de mise à l'eau actuellement en ruine	- Traitement de la végétation instable. - Reprofilage de la pente de talus après démontage des enrochements en place. - Réalisation d'une butée de pied et remise en place des enrochements.
-	Au droit du bd Gaston Doumergue	Pas de désordre particulier	- Elargissement de la cale pour permettre notamment le croisement des véhicules

Tableau 4-1 : Programme de travaux (AVP-SCE)



Figure 4-1 : Implantation des travaux (AVP-SCE)

4.1.2 PRINCIPALES HYPOTHESES DE TRAVAIL

Ces hypothèses sont présentées dans le tableau ci-dessous.

	Hypothèses
Contraintes fluvio-maritimes	• 0 m NGF = 3,16 CM 96 • Vitesse d'écoulement entre 1 et 2 m/s • Hauteur de marnage comprise entre 5 et 6 m
Enjeux écologiques	• Forte sensibilité de la zone à l'Angélique des Estuaires • Forte sensibilité de la zone au Scirpe Triquètre
Contraintes en phase chantier	• Minimisation des nuisances en phase chantier à prévoir du fait de la forte urbanisation de la zone • Circulation routière à maintenir • Chantier « propre » selon la charte développée par Nantes Métropole

Tableau 4-2 : Principales hypothèses de l'Avant-Projet SCE 2018 [4]

4.1.3 RAPPEL DES CONCLUSIONS DU DIAGNOSTIC D'EGIS (2016)

Le tableau ci-dessous synthétise les conclusions du diagnostic de 2016.

	Observations
Boulevard Gaston Doumergue	• Recul important de la berge par désolidarisation des enrochements existants

	Observations
	• Absence de l'ancienne risberme
Conclusion	• Protection en enrochements insuffisante pour stabiliser le talus • Traitement des réseaux d'eaux pluviales pour éviter l'érosion de talus

Tableau 4-3 : Conclusion du diagnostic de 2016 [3]

Le tableau suivant rappelle les interventions envisagées, ainsi que la priorisation.

	Observations
Priorité 1	• Traitement de la végétation sur les berges, • Reprofilage des pentes • Réalisation d'une butée de pied
Priorité 2	• Rechargement en enrochements sur 100 ml
Priorité 3	• Rechargement ponctuel sur la partie haute des talus (végétalisée) • Traitement de la tête de buse à proximité du pont Audibert.

Tableau 4-4 : Programme d'action priorisé proposé

4.1.4 MISE A JOUR DIAGNOSTIC DES BERGES (SCE, 2018)

Deux visites ont été réalisées par SCE :

- 1/02/2018
- 6/03/2018

Le tableau ci-dessous synthétise les conclusions du diagnostic de 2018.

	Observations
Boulevard Gaston Doumergue	• Zone 1 de glissement sur 10 ml

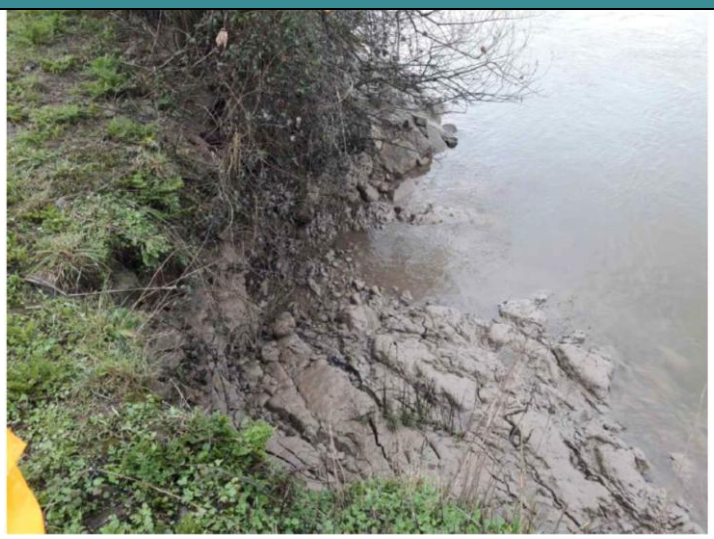
	Observations
	 • Zone 3 glissement très récent (fin février/ début mars 2018) du chemin d'accès piéton, 100 ml 
Conclusion	• Absence de filtre sous les enrochements de protection, • Désolidarisation des enrochements, • Granulométrie de 400 à 600 mm.

Tableau 4-5 : Conclusion du diagnostic de 2016 [3]

4.1.5 SYNTHESE DES 2 ETUDES GEOTECHNIQUES

4.1.5.1 CAMPAGNES GEOTECHNIQUES REALISEES

Les études géotechniques suivantes ont été réalisées :

- Diagnostic Berges Nord de l'île de Nantes, Etude géotechnique **G1_PGC, Fondasol**, Septembre 2017 ;

- Aménagement des berges Quai Hoche, Boulvard Barthou / Compte rendu de suivi piézométrique en continu d'octobre à décembre 2017, Fondasol, Javier 2018 ;
- Confortement des berges de Nord – Ile de Nantes, Mission **G2AVP** [ONA2.I.0074 indice 3, **GINGER CEBTP**, Novembre 2018]

4.1.5.2 CONCLUSION DE L'ETUDE G1 FONDASOL 2017

Les caractéristiques de cette étude sont :

- 3 profils différents dont 2 sur le quai Doumergue (PM~20 et PM~380) et (avec trois configurations géotechniques ;
- 2 méthodes de calcul : traditionnelle (sans pondération) et selon l'Eurocode 7.

Les résultats sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Résultats des calculs de stabilité	ZONE 1	ZONE 2
Méthode traditionnelle (stabilité générale)	1,25	1,21
Méthode avec coefficients partiels (stabilité générale)	0,89	0,87

Tableau 4-6 : Résultats calcul de stabilité, G1 FONDASOL 2016

Les principales conclusions de l'étude sont :

- la stabilité n'est pas acquise sur les deux profils étudiés au sens de l'Eurocode 7 ;
- les talus ne sont pas en équilibre précaire ;
- confortement nécessaire sur les deux profils.

Pour rappel, les coefficients de sécurité visés dépendent de l'approche de calcul (traditionnelle ou 3) et de la typologie de la combinaison (fondamentale ou accidentelle).

Approche 3 : FS > 1,10 pour des ouvrages peu sensibles au déformations (mais sans différenciation de la situation) ;

Approche traditionnelle :

- Fondamentale : FS : 1,35 x 1,10 x 1,0 = 1,49 :
- Accidentelle : FS : 1,00 x 1,10 x 1,0 = 1,10.

La norme en vigueur préconise l'utilisation de l'approche de calcul 3. Cette approche est plus pertinente dans le cas de l'analyse de la stabilité des berges du fait de l'application de coefficients partiels de sécurité (« M ») sur les paramètres de résistance au cisaillement du sol. Il s'agit notamment de réduire la cohésion et la tangente de l'angle de frottement effectif par 1,25.

Dans le cadre des études présentées en Annexe 1, l'approche 3 est utilisée.

4.1.5.3 G2-AVP : GINGER

La mission G2 AVP réalisé par GINGER en septembre 2018 a permis de compléter l'étude G1.

Sur le secteur du quai Doumergue trois profils ont été réalisés :

- Profil P1 au droit de SC1, PM 90, (zone en cours de glissement) ;
- Profil P2 au droit de SC2, PM 190, (zone en cours de glissement) ;

- Profil P3 au droit de SC3, PM 270 (zone en cours de glissement).

Les résultats des calculs de stabilité sont présentés dans le tableau ci-dessous :

Le tableau suivant présente les **coefficients de sécurité obtenus** selon la méthode traditionnelle (recherche d'un **coefficient supérieur à 1.5** pour garantie la stabilité).

Modèles hydrogéologiques	Boulevard Doumergue			Quai Hoche	
	Profil N°1	Profil N°2	Profil N°3	Profil N°4	Profil N°5
Situation N°1	0.64	0.73	0.13	0.36	0.28
Situation N°2	1.37	1.25	0.44	0.97	0.46
Commentaires	L'ensemble des coefficients de sécurité sont inférieurs 1.5				

Tableau 4-7 : Résultats calcul de stabilité, G2 AVP GINGER 2018

D'après la G2-AVP, la sécurité n'est pas acquise sur les trois profils P1 à P3.

4.1.5.4 SYNTHESE ET CRITIQUE DES ETUDES PRECEDENTES

Les études précédentes s'intéressent à 3 profils de berges. Après analyse des différentes typologies, il semble que les études de stabilité pourraient se concentrer sur davantage de profil. Affiner le nombre de profils selon la typologie de la berge permettra d'optimiser les solutions de confortement et de traiter exclusivement les désordres propres au profil.

Les hypothèses géotechniques formulées par GINGER ont été analysées et détaillées dans l'Annexe 1 intitulée G2AVP. Quelques modifications ont été réalisées après l'analyse des résultats des essais, la visualisation des photographies des carottes et par retour d'expérience. Il est rappelé que le cadre règlementaire par l'application des coefficients partiels de sécurité vise à couvrir les incertitudes sur la formulation des hypothèses géotechniques.

Le cadre règlementaire utilisé par GINGER dans la G2AVP correspond tout à fait à la norme en vigueur. L'approche 3 définie dans l'Eurocode 7 constitue un cadre de dimensionnement adapté à la stabilité des pentes. Cette approche de calcul se rapproche de la méthodologie de calcul propre aux ouvrages hydrauliques en remblai (CFBR).

La stabilité des berges est particulièrement sensible au niveau piézométrique dans les couches de sol. Jusqu'à présent, les études de stabilité ont été réalisées pour des niveaux piézométriques constants, ce qui parait peu représentatif de l'état piézométrique des sols lors de l'abaissement du niveau de la Loire. La perméabilité des alluvions sableuses est particulièrement forte entrainant un abaissement du niveau dans la berge quasiment instantanée.

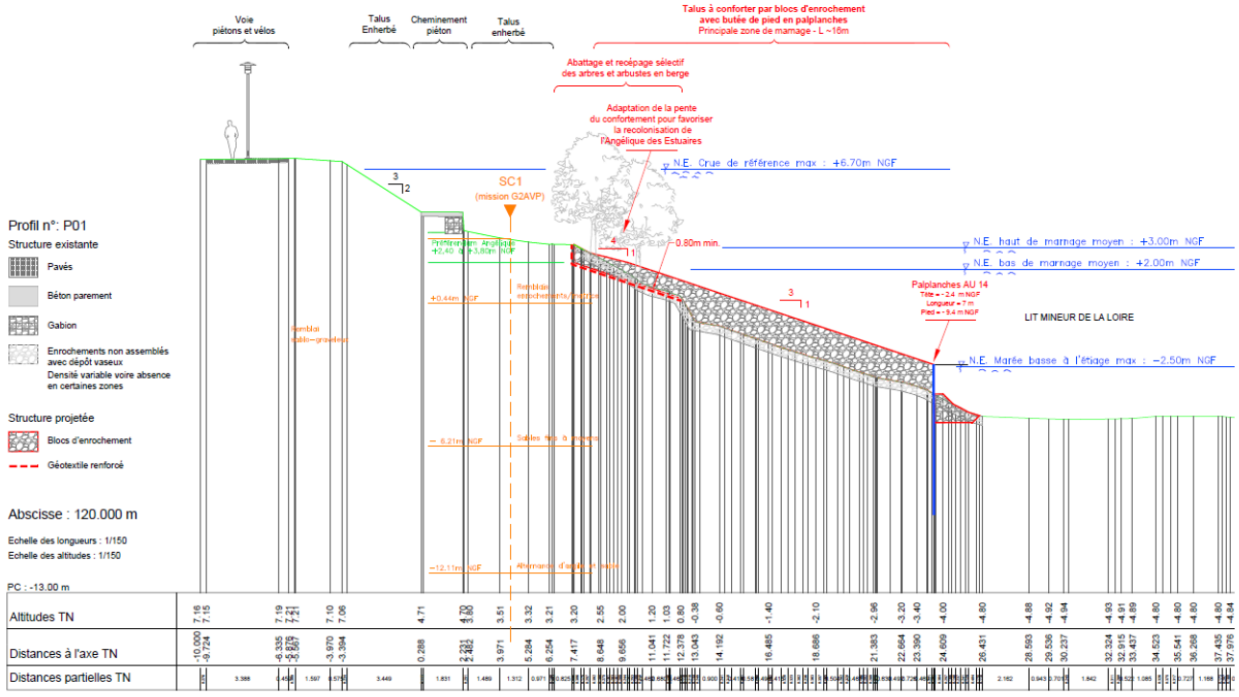
4.1.6 NATURE ET PROCEDURE DES TRAVAUX ENVISAGES EN 2018

4.1.6.1 REPRISE DU QUAI DOUMERGUE

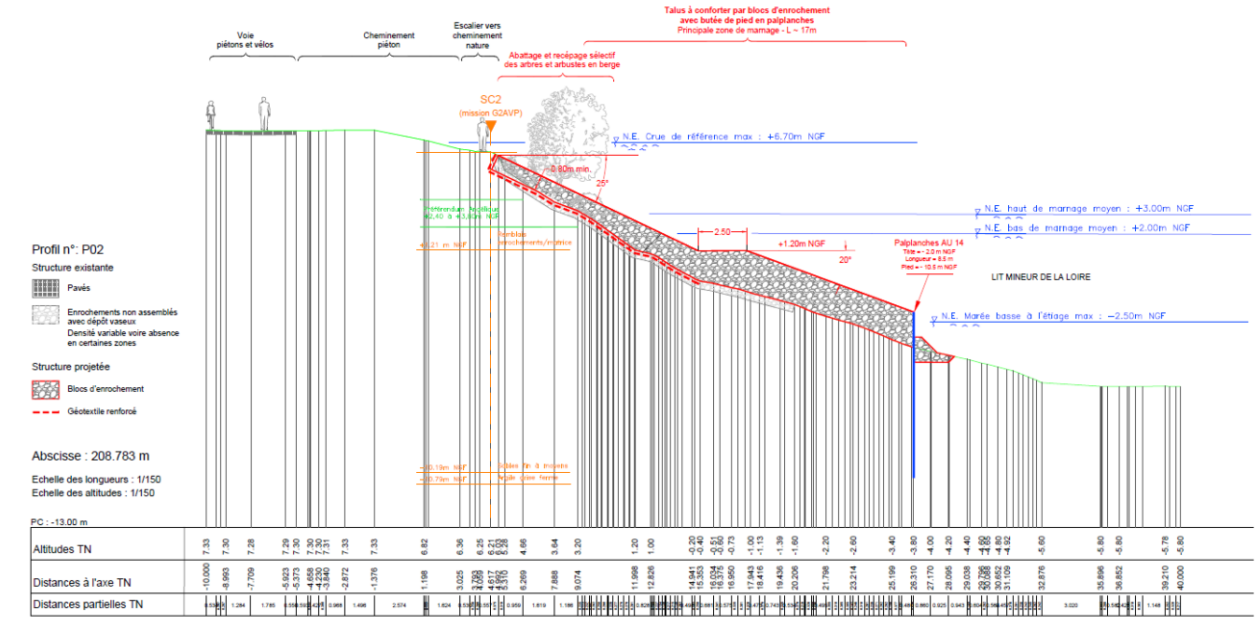
Les travaux préconisés dans l'AVP sont les suivants :

- Confortement sur l'ensemble du linéaire (380 ml) avec un rideau de palplanches de type AU14 (7 m de profondeur), tête à -1,5 m NGF : surface totale 3900 m² ;
- Recharge en enrochements avec une pente de 3H/1V jusqu'à la cote 3 m NGF (P1), 6 m NGF (P2) et 3,80 m NGF (P3), masse totale : 18 000 t ;
- Enrochement de 400/600 mm, diamètre nominal 0,2 m
- Géotextile renforcé sur la partie haute (depuis 0 m NGF) de la berge : 3000 m².
- Déblai de décapage : 1 700 m^3.

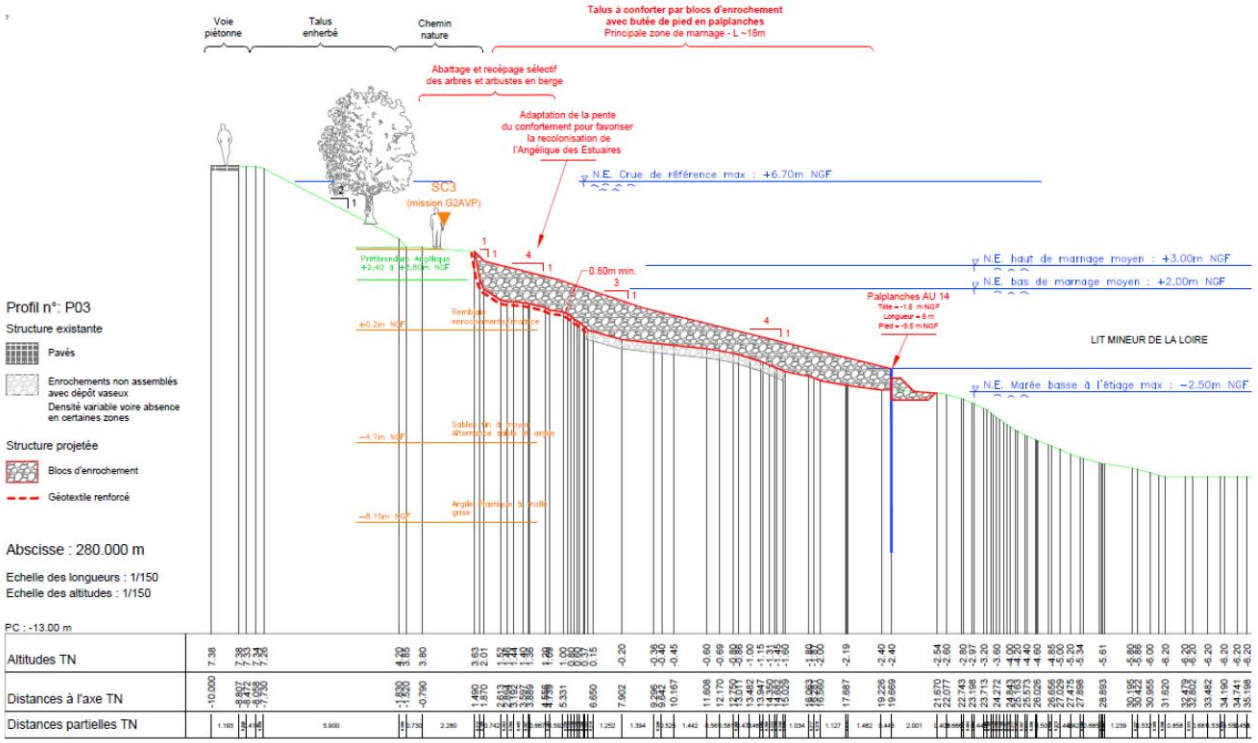
Les figures ci-dessous rappellent les trois coupes types des profils confortés.



Profil P1 de confortement (195 ml)



Profil P2 de confortement (35 ml)



Profil P3 de confortement (150 ml)

Figure 4-2 : Coupes types confortées, AVP SCE 2018

L'ensemble des travaux est envisagé par voie maritime avec un ponton flottant avec deux ateliers :

- 1 atelier de battage de palplanches ;
- 1 atelier de mise en œuvre des enrochements.

L'opération de déboisement est effectuée par moyens nautiques et le recépage des palplanches par une équipe de plongeurs.

Le quai de chargement n'avait pas été défini.

4.1.6.2 REPRISE DE LA CALE

Deux solutions sont étudiées :

- L'élargissement de 2 m de la cale vers le Sud.
- L'allongement de la cale jusqu'à la cote 0 m NGF.

Dans les deux cas, un rideau périmétral de palplanches est envisagé en PU32 jusqu'à la cote – 10 m NGF.

La réalisation des dalles est envisagée sous la protection de batardeaux.

4.1.7 PHASAGE DES TRAVAUX

Le délai général de l'opération pour les travaux est estimé entre 17 et 19 mois (y compris la reprise du Quai Hoche).

Le phasage proposé était le suivant :

- Année 1 : confortement sur la partie amont du quai Doumergue (70 ml) ;
- Année 2 : poursuite du confortement (250 ml) ;
- Année 3 : finalisation du quai Doumergue (60 ml) + reprise de la cale de mise à l'eau + reprise du quai Hoche.

Les principales cadences prises en compte sont les suivantes :

- 8 ml / jour pour le rideau de palplanches,
- 75 t / jour pour la mise en œuvre des enrochements.

4.1.8 MONTANT DES TRAVAUX

Les tableaux suivants synthétisent les différents montants proposés dans l'AVP de 2018

	Confortement de berge	Elargissement de la cale	TOTAL (€ HT)
TRAVAUX DE BASE	3 550 000 €	280 000 €	3 830 000 €

	Confortement de berge	Elargissement de la cale + allongement de 5 m à la cote 0,5 m NGF	TOTAL (€ HT)
VARIANTE 1	3 550 000 €	460 000 €	4 010 000 €

	Confortement de berge	Elargissement de la cale + allongement de 10 m à la cote 0,0 m NGF	TOTAL (€ HT)
VARIANTE 2	3 550 000 €	540 000 €	4 090 000 €

Tableau 4-8 : Synthèse des montants des travaux en fonction des différentes variantes

A noter que ces prix comprennent la réalisation des travaux sur 3 années distinctes

4.2 ETAT DES LIEUX

4.2.1 ZONAGE ET ENJEUX

Ce chapitre vise à comprendre l'état actuel de la zone, à appréhender les différentes typologies de berges et à établir un ordre de priorité en fonction des désordres observés. Initialement, 3 zones distinctes ont été identifiées dans le cadre de l'AVP de 2018.

Méthodologie appliquée :

En première approche, le zonage est défini à partir des profils topographiques et d'une inspection visuelle. Sur chaque zone, les éléments suivants sont identifiés :

- Densité en espèces protégées (individus et habitats) ;
- Glissement intervenu par le passé ;
- Définition des usages et des enjeux.

L'analyse des enjeux et usages n'a pas permis de définir une classification le long de la berge. Tous les tronçons sont considérés au même niveau de vulnérabilité. **Seul l'aléa (stabilité de la berge) et le risque associé sont différents.**

Cette analyse est, dans le cadre du chapitre 5, croisée avec les résultats des analyses de stabilité de la berge.

Dans le cadre du présent AVP, 5 zones ont été définies d'amont en aval :

- Zone 1 : Tronçon entre le pont A. Briand et la plus grande zone de glissement actuelle ;
- Zone 2 : Zone de glissement en cours ;
- Zone 3 : Tronçon entre la cale et la zone glissement ;
- Zone 4 : Cale d'accès ;
- Zone 5 : Rideau de palplanches existant dans la continuité du quai Hoche.

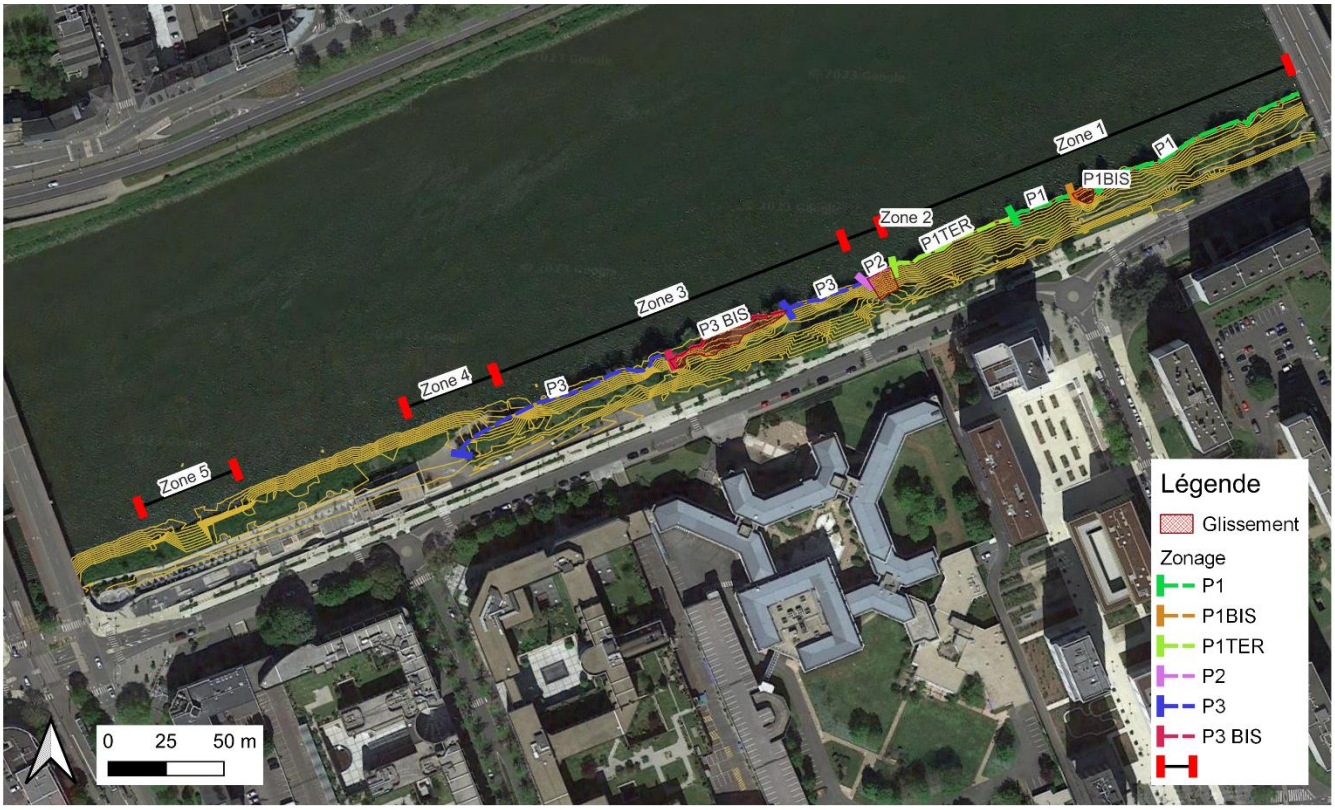


Figure 4-3 : Vue en plan des 5 zones

Au-delà de ces cinq zones, des typologies particulières sont relevées et localisées. Le tableau suivant présente les différents profils types.

	Référence du profil (ISL)	PM	Longueur (m)	Détail	Profil en travers correspondant (relevé GEOFIT 2023)
Zone 1 : Chemin piéton sur gabions	**P1**	0-135	125 m	Profil représentatif de la zone 1	[P01 ; P06]
	P1 BIS	97-107	10 m	Profil de la zone d'éboulement sur la zone 1	[P05]
	P1 TER	135-190	55 m	Tronçon moins sensible au glissement	[P07, P09]
Zone 2 : Fort glissement	**P2**	190-204	14 m	Tronçon sujet fortement au glissement	[P10]
	P3	204-340	81 m	Profil représentatif de la zone 3	[P11 ; P18]

	Référence du profil (ISL)	PM	Longueur (m)	Détail	Profil en travers correspondant (relevé GEOFIT 2023)
Zone 3 : Cheminement piéton fermé	**P3 BIS**	239-294	55 m	Profil de la zone d'éboulement sur la zone 3	[P13 ; P14]
Zone 4 : Cale d'accès	**P4**	-	-	Profil de la présente cale d'accès	|P18 ;P19]
Zone 5 : Palplanches existantes	**P5**	480-530	50 m	Profil du rideau de palplanches existants (Quai Dumont d'Urville)	[P25 ;P26]

Tableau 4-9 : Détail des différents profils et zonages

Note : Les ponts métriques (PM) sont définis de l'amont vers l'aval.

4.2.1.1 ZONE 1

La zone 1 correspond au tronçon du cheminement piéton sur les dalles en béton reposant sur des gabions. Dans cette zone, 3 sous-tronçons ont été identifiés. La carte suivante présente les différents sous-tronçons.

On distingue :

- P1 : Typologie représentative de l'ensemble du linéaire ;
- P1 BIS : Profil représentatif de la zone au droit de l'éboulement ;
- P1 TER : Profil dont la topographie est plus favorable.

Profil 1

Le profil correspond à la géométrie caractéristique du tronçon 1 qui s'établit entre le pont Aristide Briand et le tronçon 2. Il est remarquable par le cheminement piéton sur une dalle béton/gabion. Il s'étend entre le PM0 et le PM135.

Le tableau suivant présente les enjeux identifiés à l'issue de l'inspection visuelle.

	Espèces protégées	Usages / Exploitation	Stabilité (Glissement et érosion)
P1	Présence d'Angélique des estuaires et de Scirpe	Chemin piéton sur dalles/gabions	Erosion et déstructuration de la protection de la berge

Tableau -4-10 : Enjeux identifiés (P1)

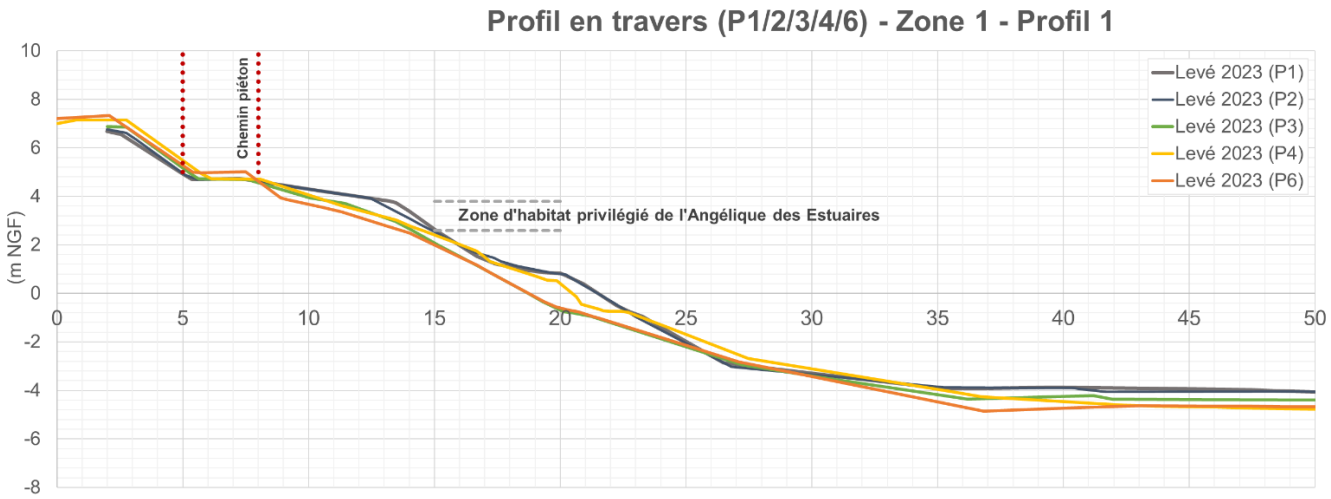


Figure 4-4 : Profil en travers de P1 [6]

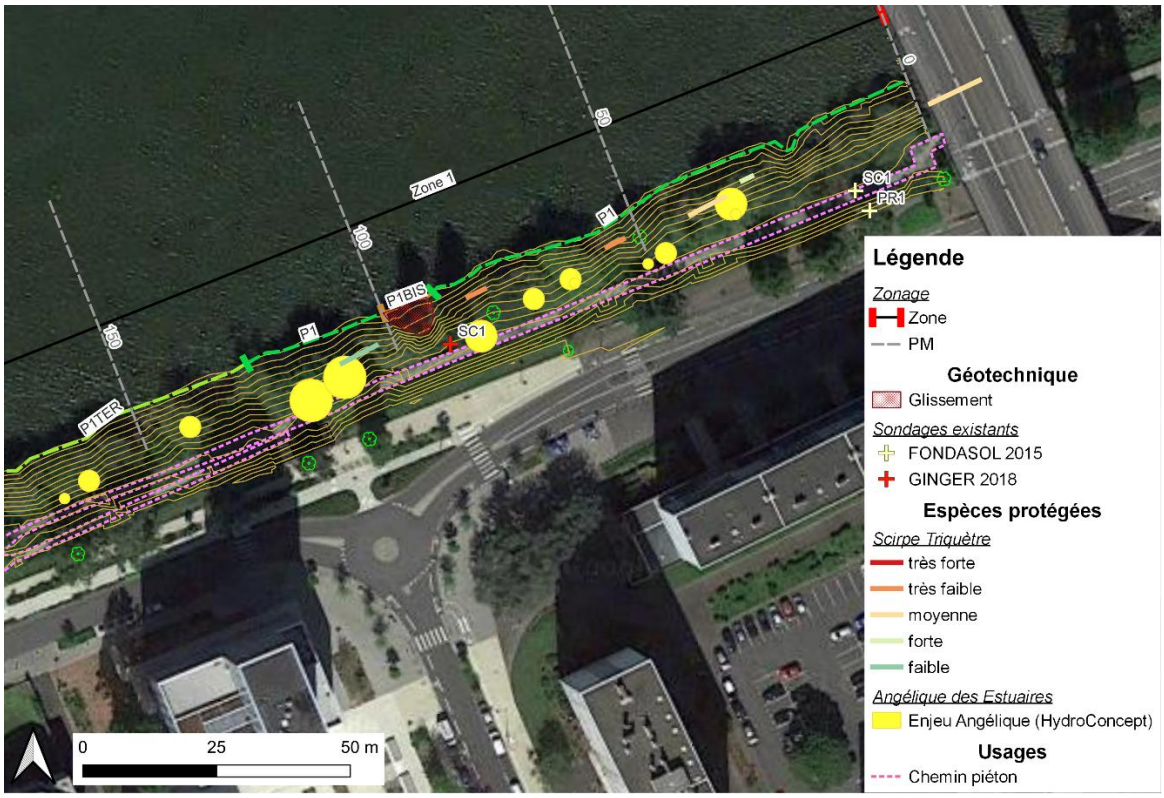


Figure 4-5 : Profil en travers et vue en plan du linéaire (P1)

Sur les profils topographiques caractéristique du P1, les éléments suivants sont distingués :

- Un talus en haut de la berge dont la pente est estimée à H/V ;
- Un chemin sur dalles/gabions de 3 m de large ;
- Un talus dont la pente varie entre XXH/1V et XXH/1V qui s'étend jusqu'au lit de la Loire à XX m NGF.

Les photographies suivantes présentent le linéaire. Un ouvrage d'évacuation des eaux pluviales est identifié à PM25.



Buse d'évacuation des eaux pluviales (NM, 2022)- PM 25 [7]



Chemin piéton en crête sur dalle/gabion (ISL, 2023)



Enrochements (NM, 2018) [7]

Figure 4-6 : Photographies du tronçon P1

Profil 1 BIS

Le profil P1BIS correspond à une zone de glissement en cours sur la zone 1. Cette zone avait été identifiée comme prioritaire dans le cadre de l'AVP conduit par SCE en 2018.

Le glissement est intervenu en partie basse. Aujourd'hui, la berge n'est plus protégée vis-à-vis du risque d'érosion externe car la protection initiale en enrochements est désolidarisée.

Ce tronçon s'étend sur 10 m entre les PM100 et 110.

Le tableau suivant présente les enjeux identifiés à l'issue de l'inspection visuelle.

	Espèces protégées	Usages / Exploitation	Stabilité (Glissement et érosion)
P1BIS	Habitat potentiel d'Angélique des estuaires dans la zone glissée [11]	Chemin piéton sur dalles/gabions	Glissement en partie intermédiaire de la berge survenu

Tableau 4-11 : Enjeux identifiés (P1BIS)

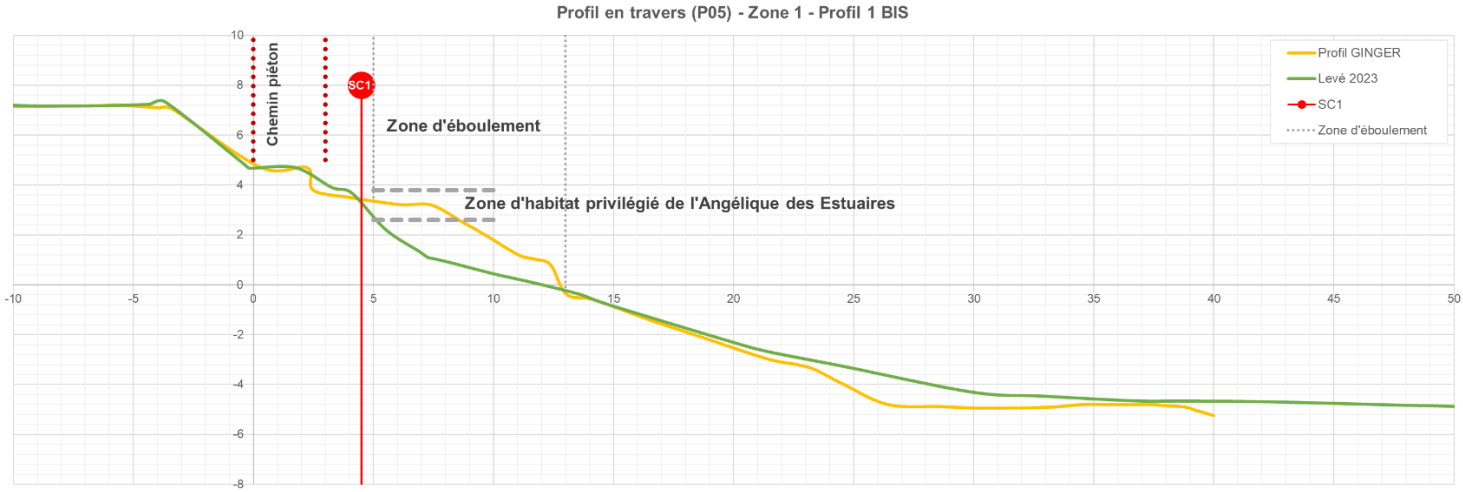


Figure 4-7 : Profil en travers de P1BIS [6]

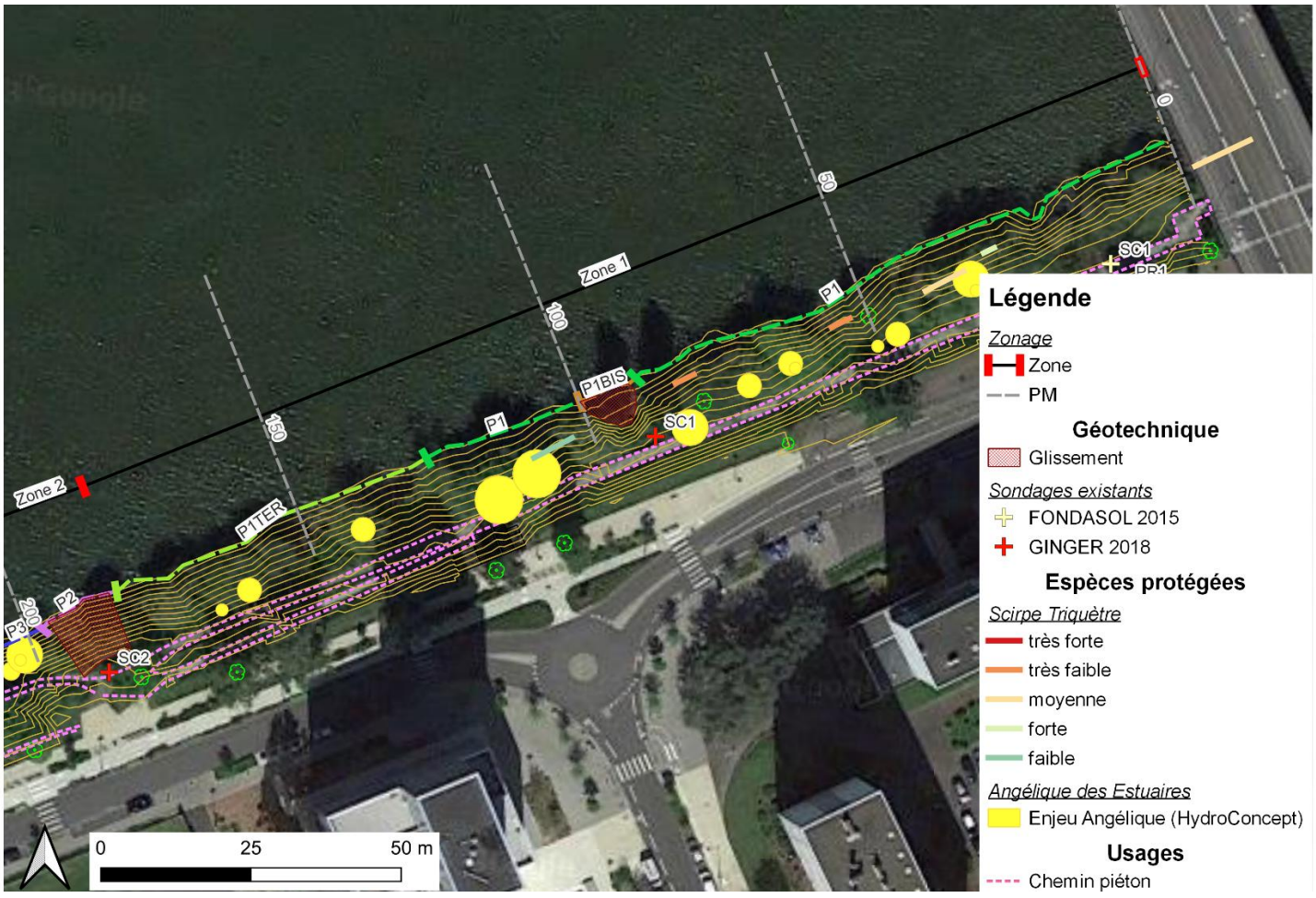


Figure 4-8 : Vue en plan du profil P1BIS

Les photographies suivantes présentent le linéaire.



Glissement depuis le chemin (ISL, 2023)



Glissement observé par voie nautique (NM, 2022) [7]

Figure 4-9 : Photographies du tronçon P1BIS

Profil 1 TER

Le profil P1TER est caractérisé par un double chemin en partie haute.

Il s'étend du PM135 au PM190 soit sur 55 mètres.

Le tableau suivant présente les enjeux identifiés à l'issue de l'inspection visuelle.

	Espèces protégées	Usages / Exploitation	Stabilité (Glissement et érosion)
P1TER	Présence d'Angélique des estuaires	Deux chemins piétons en crête	Erosion et déstructuration de la protection de la berge mais aucun phénomène de glissement identifié

Tableau 4-12 : Enjeux identifiés (P1TER)

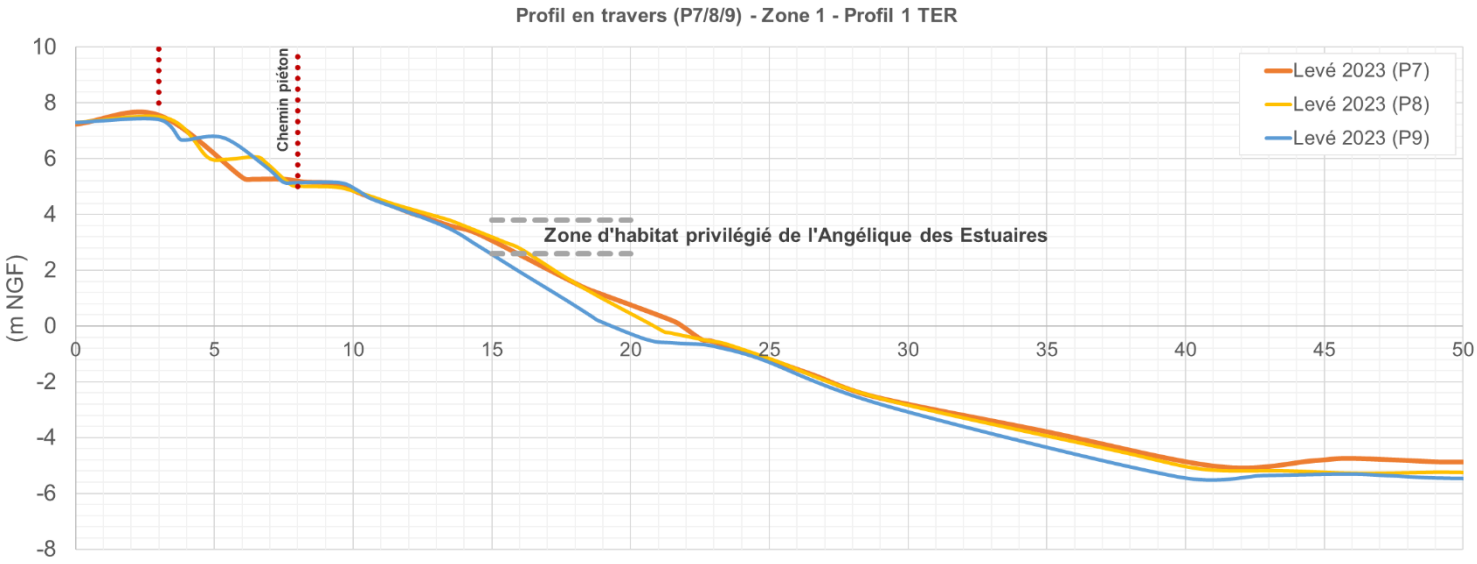


Figure 4-10 : Profil en travers de P1TER [6]

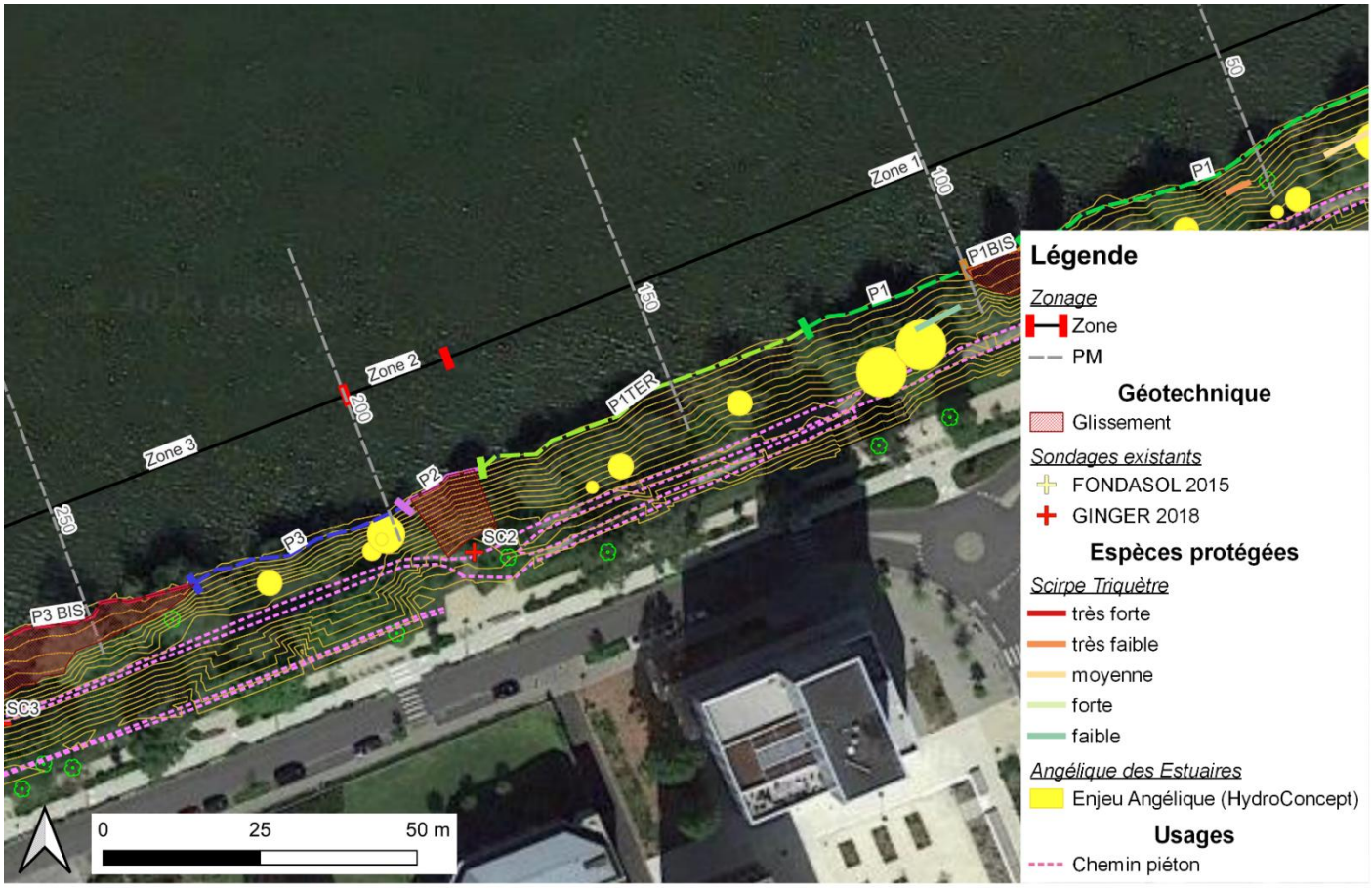


Figure 4-11 : Vue en plan du profil P1TER

Les photographies suivantes présentent le linéaire.



Chemin pavé (ISL, 2023)



Vue des deux chemins en partie haute (ISL, 2023)

Figure 4-12 : Photographies du tronçon P1TER

4.2.1.2 ZONE 2

La zone 2 correspond à la zone avec le glissement le plus conséquent de la berge. Il est actuellement balisé.

Ce tronçon constitue le point de départ des deux cheminements piétons.

Il s'étend sur 10 m entre le PM190 et le PM200.

Le tableau suivant présente les enjeux identifiés à l'issue de l'inspection visuelle.

	Espèces protégées	Usages / Exploitation	Stabilité (Glissement et érosion)
P2	Habitat potentiel d'Angélique des estuaires	Chemin piéton en crête à proximité immédiate du bord de la berge	Glissement général qui a eu lieu en 2020

Tableau 4-13 : Enjeux identifiés (P2)

Le profil en travers de la zone est présenté sur la figure suivante.

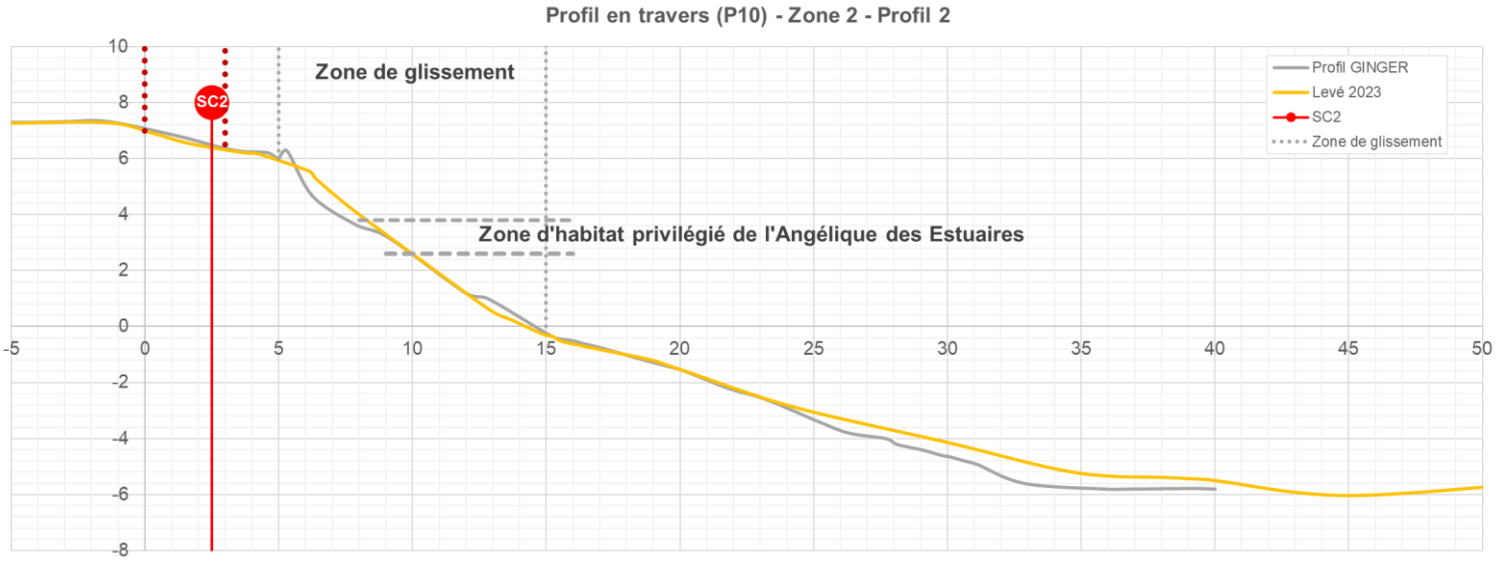


Figure 4-13 : Profil en travers P2 [6]

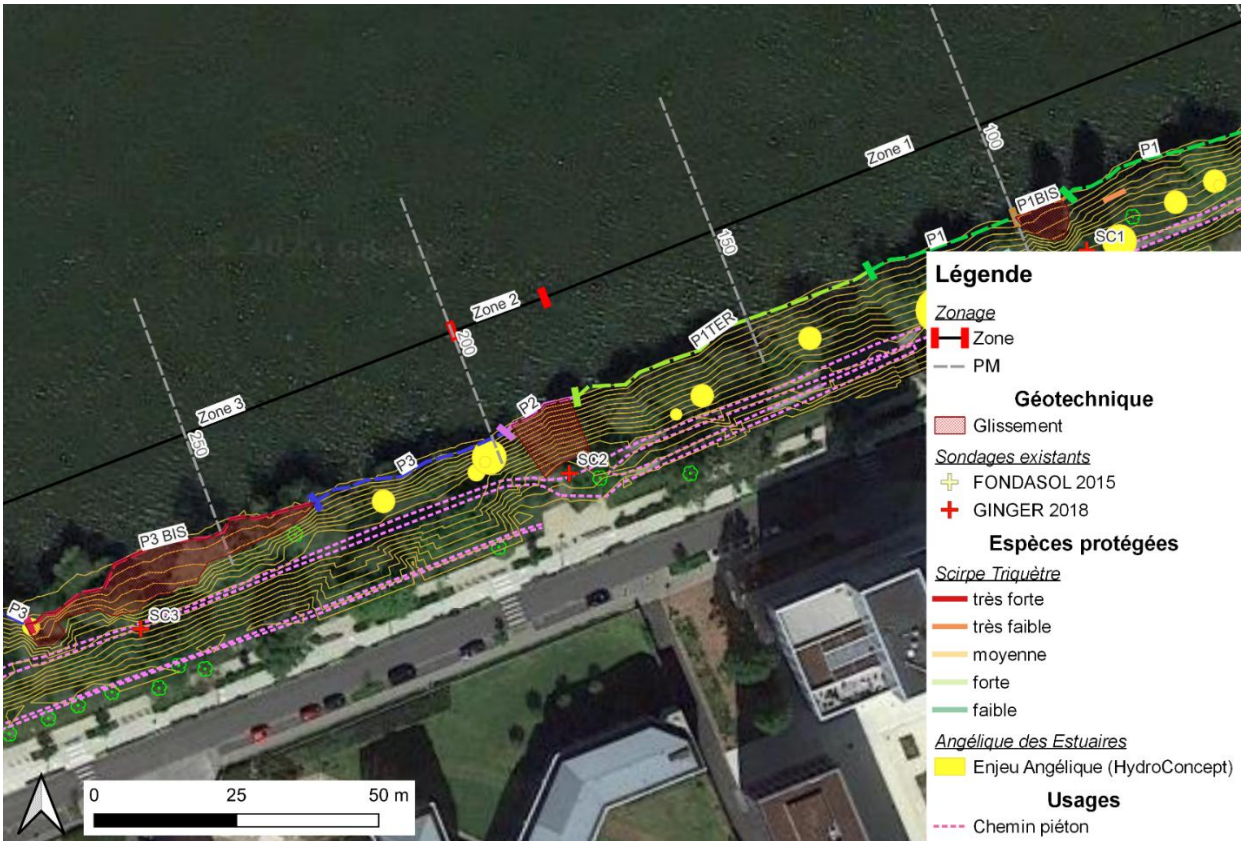


Figure 4-14 : Profil en travers et vue en plan au droit de la zone 2

Note : Une incertitude est identifiée sur le levé topographique au droit de la zone glissée.



Zone glissée observée par voie nautique (NM, 2022) [7]



Zone glissée obervée depuis la partie haute (ISL, 2023)

Figure 4-15 : Photographies du tronçon P2

4.2.1.3 ZONE 3

La zone 3 correspond au tronçon séparant la cale d'accès et la zone 2. Il est caractérisé par la présence d'un cheminement piéton fermé au public en partie basse.

On distingue :

- P3 : Typologie représentative de l'ensemble du linéaire ;
- P3 BIS : Profil représentatif de la zone au droit de l'éboulement.

Profil 3

Le profil 3 se caractérise de la berge vers la Loire par :

- Un chemin piéton en crête ;
- Un talus à pente variable sur la partie supérieure (variable entre 1,3 et 2,0H/1V) ;
- Un chemin sur le TN fermé au public ;
- Une protection en enrochements.

Ce linéaire s'étend sur 135 m entre les PM 200 et 390 (sauf entre le PM235 et 290 correspondants à P3BIS).

Le tableau suivant présente les enjeux identifiés à l'issue de l'inspection visuelle.

	Espèces protégées	Usages / Exploitation	Stabilité (Glissement et érosion)
P3	Présence d'Angélique des estuaires	Chemin piéton en crête à proximité immédiate du bord de la berge	Erosion et déstructuration de la protection de la berge mais aucun phénomène de glissement identifié

Tableau 4-14 : Enjeux identifiés (P3)

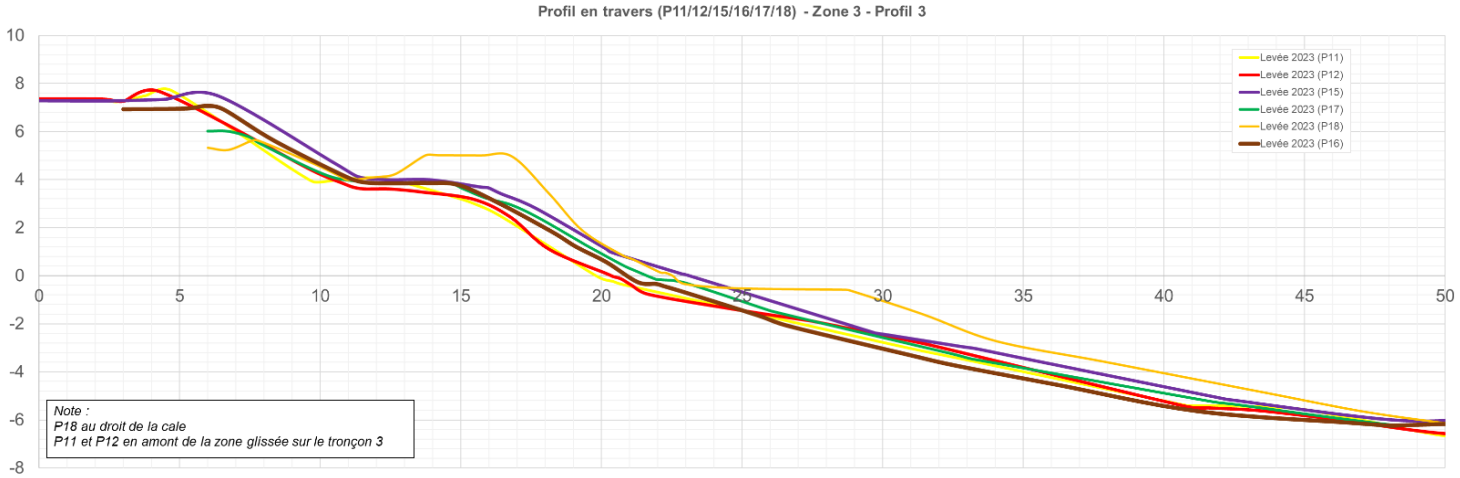


Figure 4-16 : Profil en travers de P3 [6]

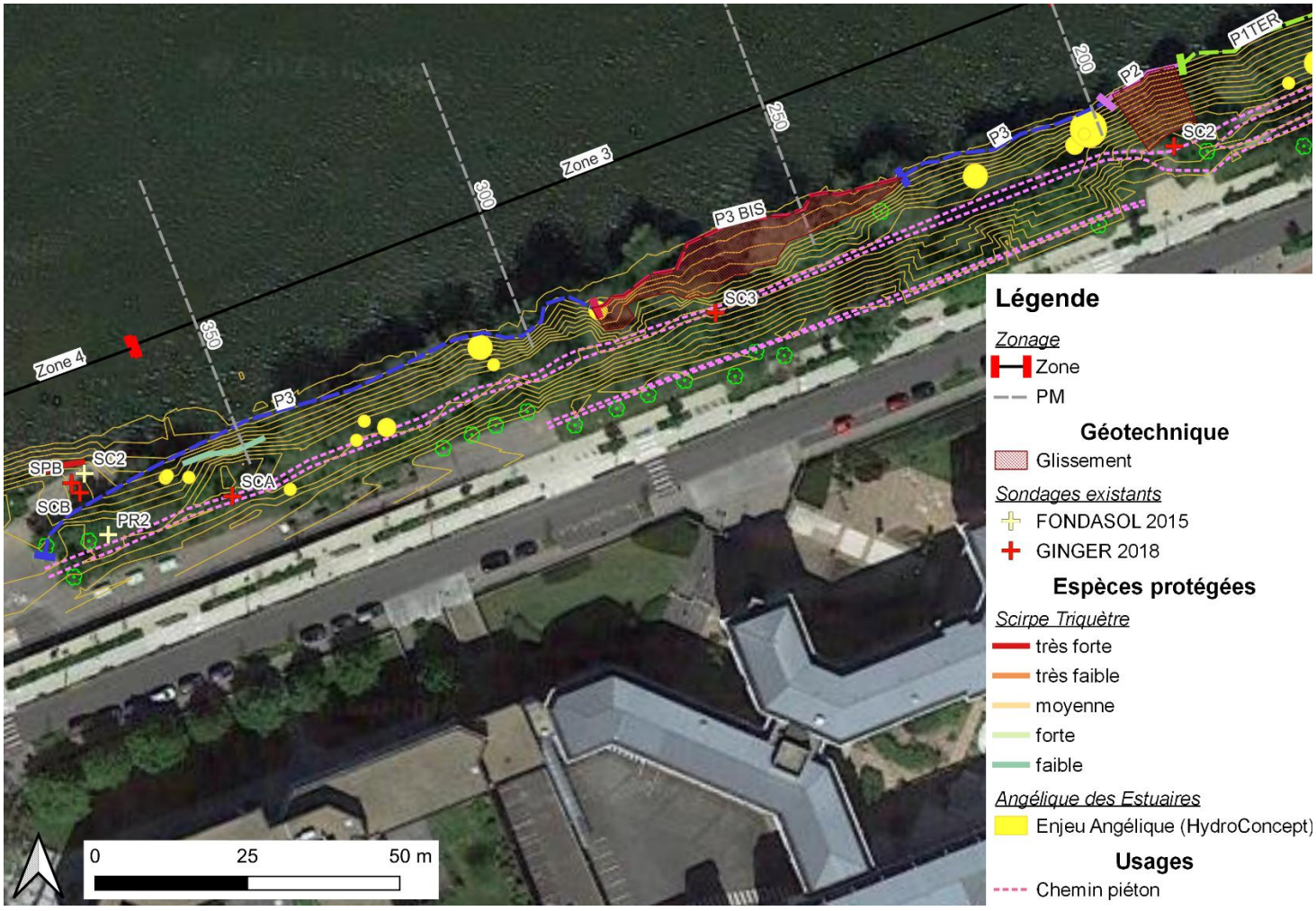
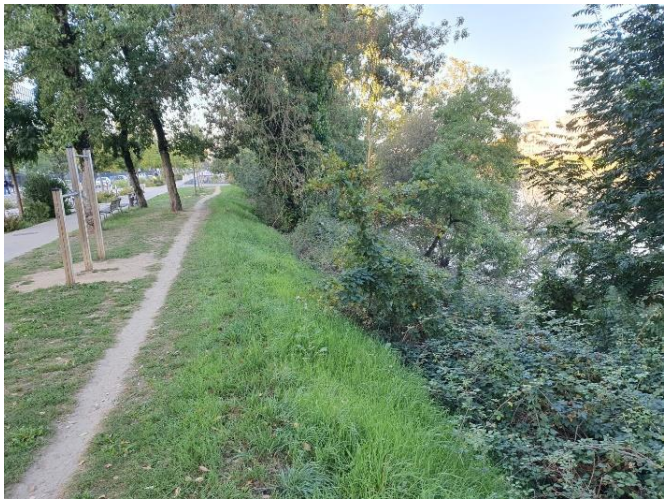


Figure 4-17 : Vue en plan au droit de la zone 3

Les photographies suivantes visent à illustrer le linéaire 3.



Partie haute du tronçon 3 (ISL, 2023)



Chemin fermé au public sur tronçon 3 (ISL,2023)

Figure 4-18 : Photographies du tronçon P3

Profil 3 BIS

Le profil P3BIS correspond à la zone affectée par le glissement actuel.

Le chemin piéton en partie basse a été fermé car il a été sectionné sur environ 55 m.

Ce tronçon commence au PM235 et se termine au PM290.

Le tableau suivant présente les enjeux identifiés à l'issue de l'inspection visuelle.

	Espèces protégées	Usages / Exploitation	Stabilité (Glissement et érosion)
P3BIS	Habitat potentiel d'Angélique des estuaires	Chemin piéton fermé au public mais dont l'usage est à conserver	Glissement de la berge depuis le chemin piéton en 2020

Tableau 4-15 : Enjeux identifiés (P3BIS)

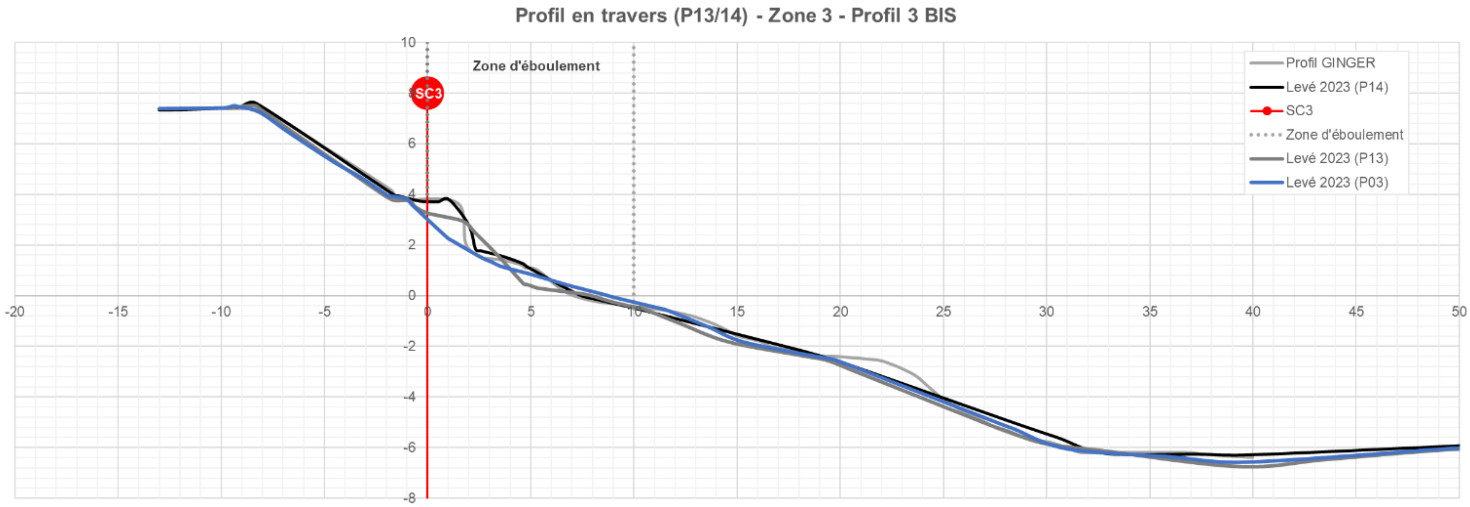


Figure 4-19 : Profil en travers de P3BIS [6]

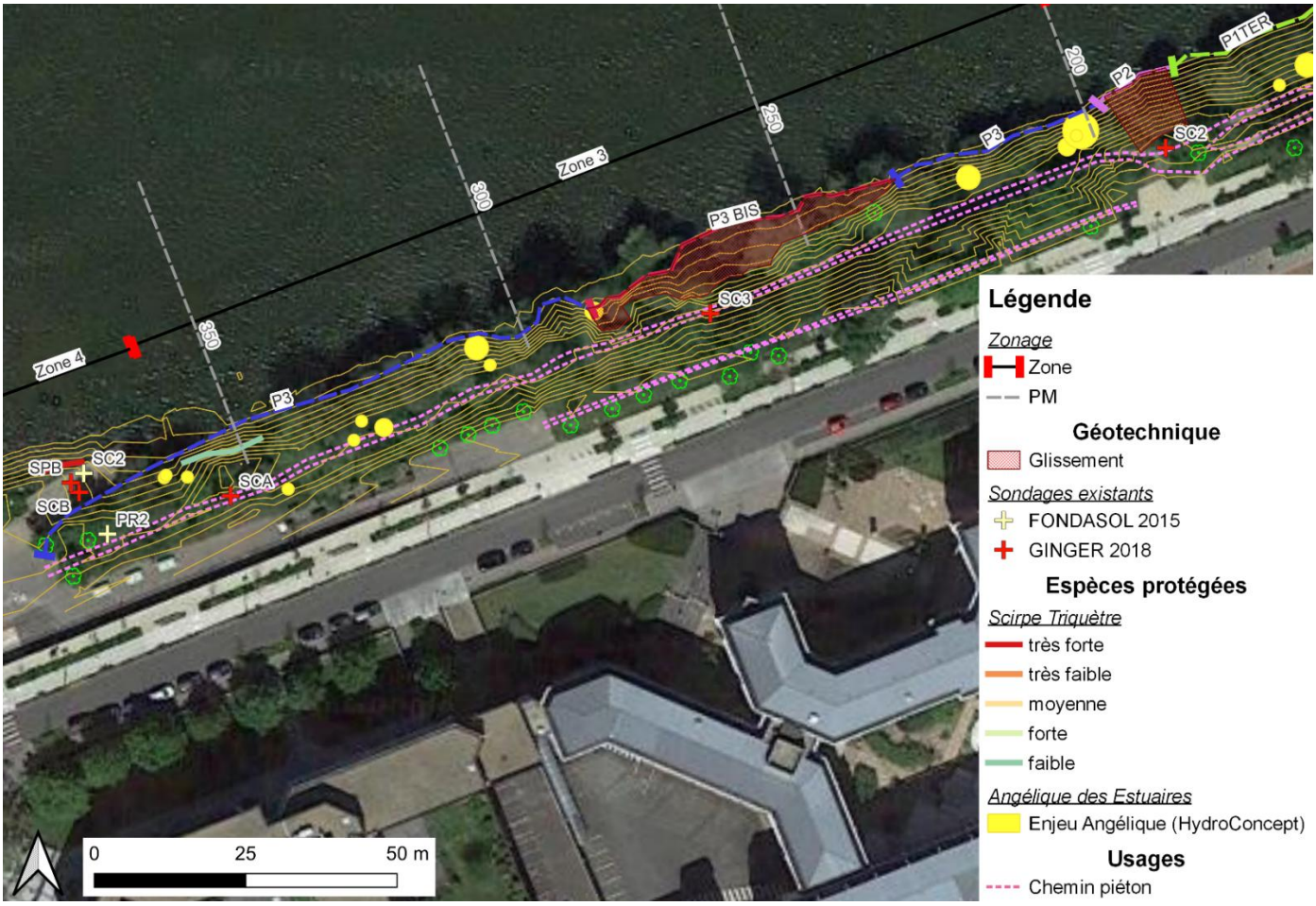


Figure 4-20 : Vue en plan P3 BIS

Les photographies suivantes présentent le linéaire. De nombreux arbres inclinés sont identifiés.



Zone glissée observée par voie nautique (NM, 2022) [7]



Zone glissée obervée depuis le chemin (NM,2018) [4]



Zone glissée depuis la crête (ISL,2023)

Figure 4-21 : Photographies du tronçon P3BIS

4.2.1.4 ZONE 4

La zone 4 correspond à l'actuelle cale d'accès. Cette cale est constituée d'une dalle en béton. D'après le levé topographique, le point bas de la cale a été relevé à -1,44 m NGF.

Ce point est très différent de l'AVP de 2018 où la fin de la cale avait été relevée jusqu'à la cote +1 m NGF.

L'entreprise GEOFIT, en charge des levés topographiques et bathymétriques, a indiqué le 10/01, ne pas pouvoir garantir la cote du point bas de la cale (à -1,44 m NGF).

Des enrochements sont présents de part et d'autre de la structure. Compte tenu de la dynamique estuarienne de la Loire, la cale est sujette à l'envasement. GEOFIT indique qu'à partir du levé topographique et des points drones sur la cale*, le Modèle Numérique de Terrain (extrapolé) montre un envasement d'environ 60 cm au maximum au niveau du dernier point cale (sud-est).*

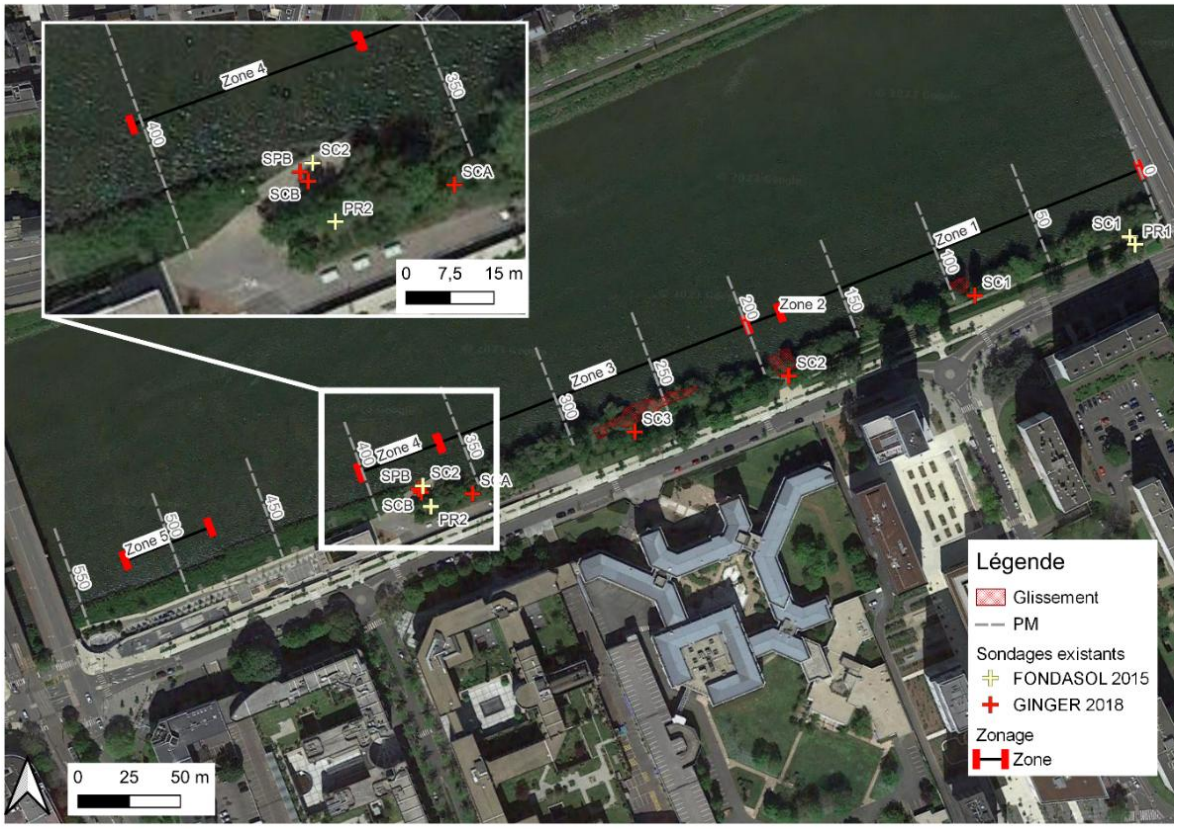


Figure 4-22 : Vue en plan de la zone 4

Le tableau suivant présente les enjeux identifiés à l'issue de l'inspection visuelle.

	Espèces protégées	Usages / Exploitation	Stabilité (Glissement et érosion)
Zone 4	Présence d'Angélique des estuaires et de Scirpe Triquètre	Mise à l'eau	-

Tableau 4-16 : Enjeux identifiés (Zone 4)

Les photographies suivantes présentent l'état de la cale existante.



Vue de la cale vers l'aval (ISL, 2023)



Vue de la cale vers l'amont (ISL, 2023)

Figure 4-23 : Photographies de la zone 4

4.2.1.5 ZONE 5

La zone 5 correspond à un linéaire qui a été conforté par le passé par un rideau de palplanches. Aujourd'hui, le rideau présente un défaut de butée au pied aval et s'étend sur 50 m entre les PM480 et le PM530.

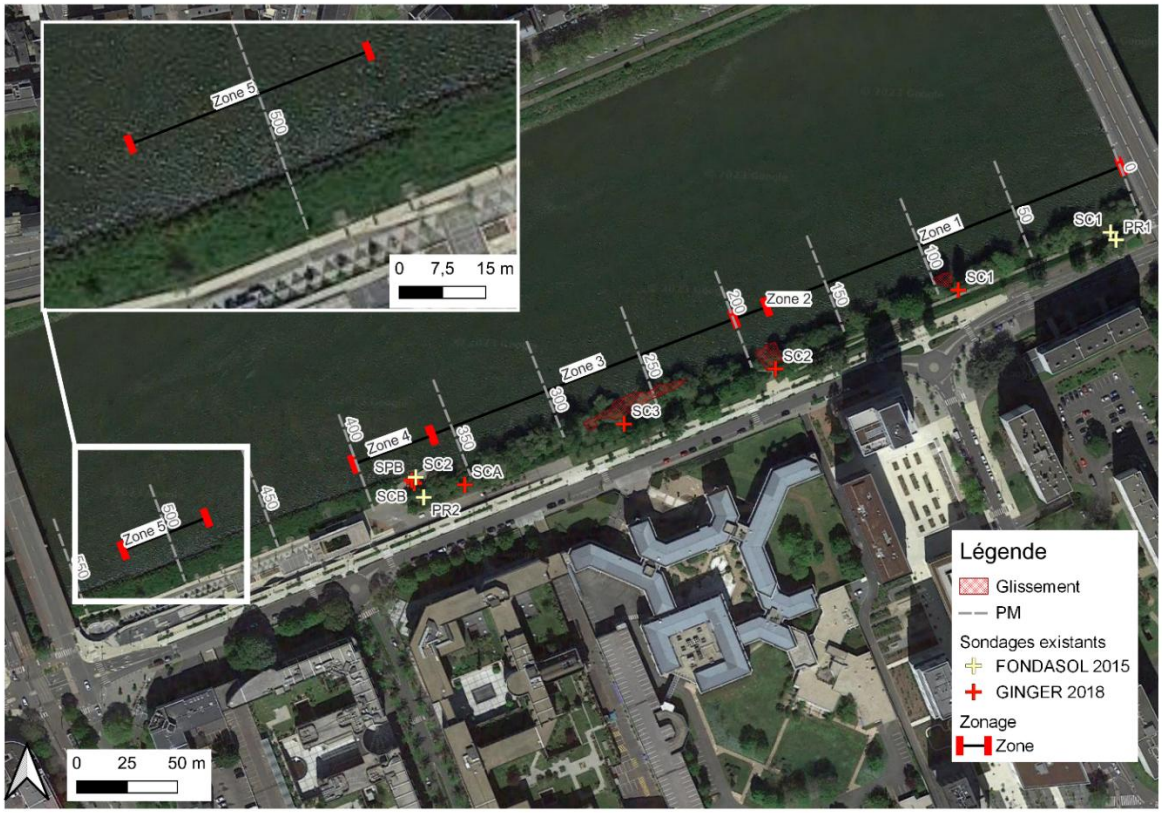


Figure 4-24 : Vue en plan de la zone 5

Le tableau suivant présente les enjeux identifiés à l'issue de l'inspection visuelle.

	Espèces protégées	Usages / Exploitation	Stabilité (Glissement et érosion)
Zone 5	Présence de Scirpe Triquètre	Chemin piéton en crête en retrait de la tête du rideau de palplanches	Défaut de butée

Tableau 4-17 : Enjeux identifiés (Zone 5)

Les photographies suivantes présentent le linéaire du tronçon 5.



Vue du rideau par voie nautique (2022, NM)[7]



Vue du rideau par le pont Audibert (ISL,2023) [7]

Figure 4-25 : Photographies de la zone 5

4.2.2 SYNTHESE DES DIFFERENTS ZONAGES ET ENJEUX ASSOCIES

Le tableau suivant présente la synthèse des enjeux liés aux espèces protégées, à l'exploitation et à la stabilité des berges.

	Espèces protégées	Usages / Exploitations	Stabilité (Glissement et érosion)	
			Observations structurelles	Résultat de l'analyse de stabilité – état initial
P1	Présence d'Angélique des estuaires et de Scirpe	• Chemin piéton intermédiaire • Chemin piéton en crête	• Erosion et déstructuration des enrochements de protection • Pas de glissement identifié	• Stabilité non acquise : talus intermédiaire
P1BIS	Habitat potentiel d'Angélique des estuaires dans la zone glissée	• Chemin piéton intermédiaire • Chemin piéton en crête	• Erosion et déstructuration des enrochements de protection • Glissement depuis le chemin piéton intermédiaire de la berge	• Stabilité non acquise : talus haut, intermédiaire et global
P1TER	Présence d'Angélique des estuaires	• Chemin piéton intermédiaire • Rampe de remontée • Chemin piéton en crête	• Erosion et déstructuration des enrochements de protection • Pas de glissement identifié • Erosion et déstructuration de la protection de la berge mais aucun phénomène de glissement identifié	• Stabilité non acquise : intermédiaire et global
P2	Habitat potentiel d'Angélique des estuaires	• Chemin piéton en crête	• Erosion et déstructuration des enrochements de protection • Glissement sur l'intégralité de la berge survenu en 2020	• Stabilité non acquise : haut, intermédiaire et global

	Espèces protégées	Usages / Exploitations	Stabilité (Glissement et érosion)	
			Observations structurelles	Résultat de l'analyse de stabilité – état initial
P3	Présence d'Angélique des estuaires et de Scirpe	• Chemin piéton intermédiaire fermé • Chemin piéton en crête	• Erosion et déstructuration des enrochements de protection • Pas de glissement identifié	• Stabilité non acquise : haut, intermédiaire et global
P3BIS	Habitat potentiel d'Angélique des estuaires	• Chemin piéton fermé au public • Chemin piéton en crête	• Erosion et déstructuration des enrochements de protection • Glissement de la berge depuis le chemin piéton intermédiaire en 2018	• Stabilité non acquise : global
Zone 4	Présence d'Angélique des estuaires et de Scirpe Triquètre	• Mise à l'eau / Prolongement de la cale	-	
Zone 5	Présence de Scirpe Triquètre	• Chemin piéton et piste cyclable	• Défaut de butée	

Tableau 4-18 : Synthèse des enjeux identifiés par diagnostic visuel

Note : La stabilité des berges a été appréciée dans le cadre des études présentées en Annexe 1. Deux niveaux de risque ont été définis à partir des résultats des études de stabilité. Le niveau de risque 1 caractérise les tronçons dont le FS est largement inférieur au facteur exigé. (FS << 1). Le niveau de risque 2 traite des tronçons dont le FS est proche de 1.

L'analyse de la stabilité permet d'affirmer que l'ensemble des tronçons du quai Doumergue ne satisfait pas les exigences réglementaires de l'Eurocode 7.

La présence d'espèces protégées n'est pas uniformément répartie sur le linéaire. Aucune espèce n'a été identifiée sur les tronçons qui ont glissé par le passé. Il est rappelé que la destruction d'un habitat d'une espèce protégée ou des individus induit la mise en place de mesures de compensation.

5 PROGRAMME DE TRAVAUX RETENU

5.1 PRIORISATION DES TRAVAUX

Il a été proposé trois grades d'intervention afin d'aider NM à définir les secteurs à fort enjeux en termes de sécurité :

- Zone à risque fort : priorité 1, confortement des zones P1TER P1BIS, P2,et P3BIS ;
- Zone à risque moyen : priorité 2, confortement des zones P1 et P3;
- Zone à risque faible : priorité 3 réalisation de la cale d'accès (Zone 4) et rechargement en enrochements (Zone 5).

La figure suivante présente une carte de synthèse des différentes priorités d'intervention.

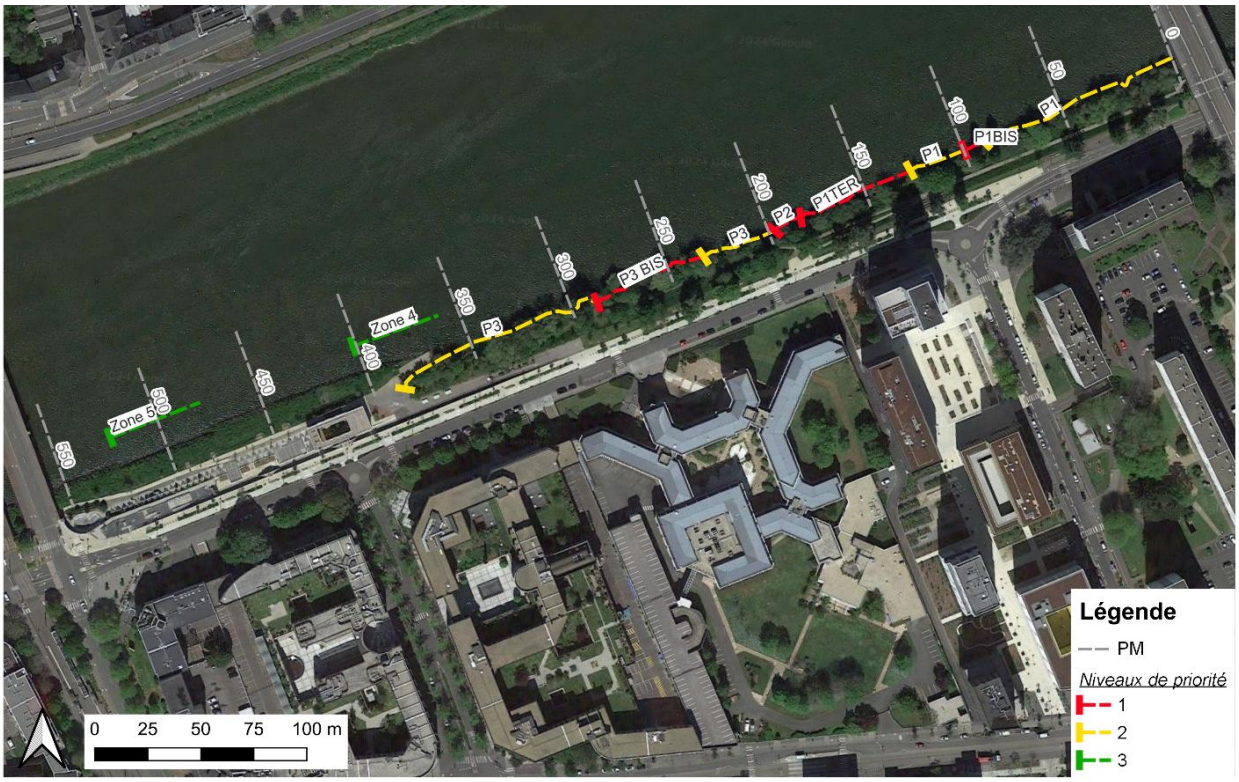


Figure 5-1 : Carte de synthèse des niveaux de priorité

À la suite des échanges avec Nantes Métropole, la priorisation a été ajustée pour mutualiser les interventions sur des tronçons continus.

En conséquence, la figure suivante présente les 3 phases de priorisation privilégiées.

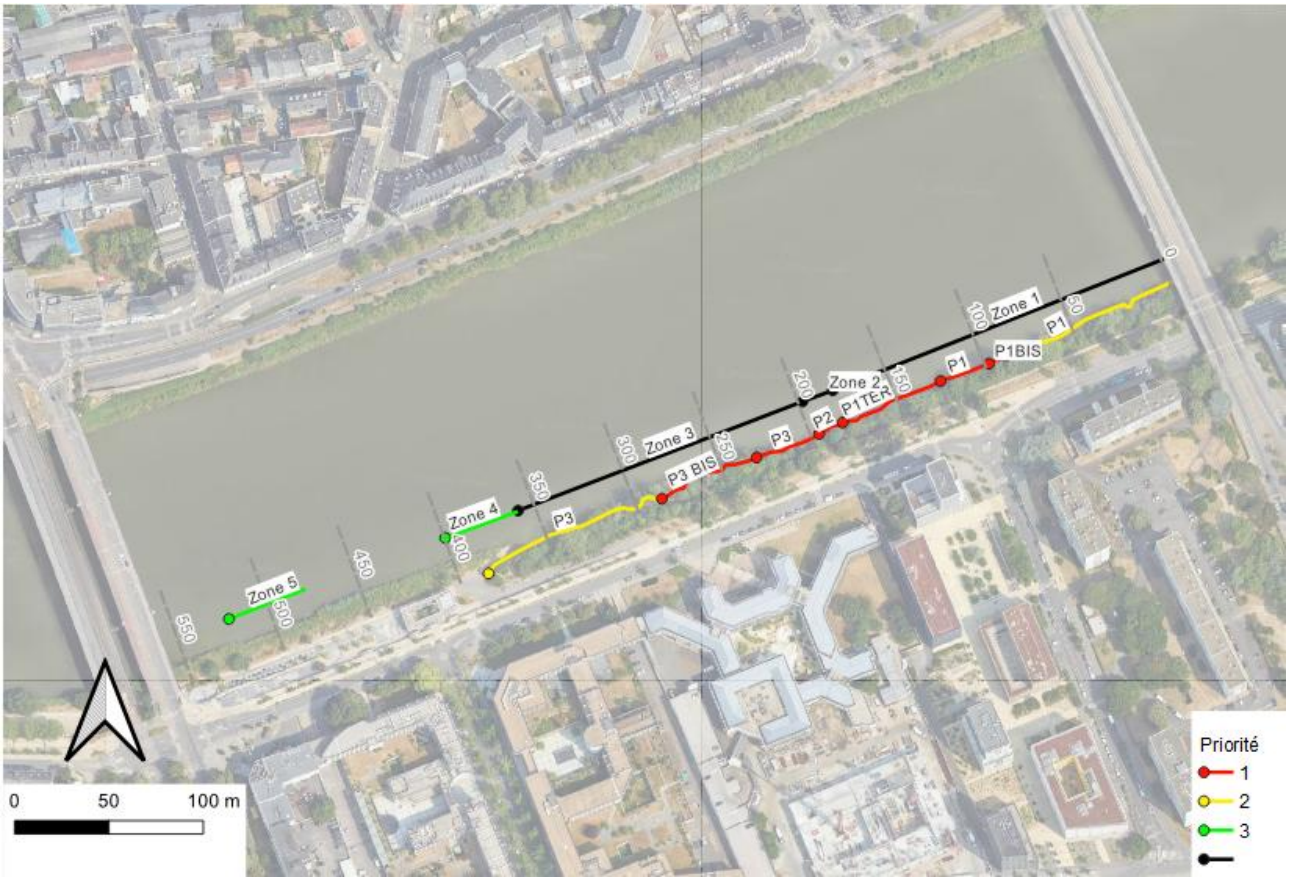


Figure 5-2 : Carte de la priorisation privilégiée

Le tableau ci-dessous résume la nouvelle priorisation.

	PM amont	PM aval	Linéaire réel (m)	Nom des profils types concernés	Travaux à réaliser
Priorité 1	PM90	PM100	10	P1bis	Palplanches et enrochements
	PM100	PM125	30	P1	Palplanches et enrochements
	PM125	PM180	55	P1ter	Palplanches et enrochements
	PM180	PM200	15	P2	Palplanches et enrochements
	PM200	PM235	35	P3	Enrochements
	PM235	PM290	55	P3bis	Enrochements
Priorité 2	PM0	PM90	100	P1	Palplanches et enrochements
	PM290	PM390	45	P3	Enrochements

	PM amont	PM aval	Linéaire réel (m)	Nom des profils types concernés	Travaux à réaliser
Priorité 3	PM360	PM400	NC	NC	Cale de mise à l'eau
	PM475	PM525	50	NC	Reprise palplanches

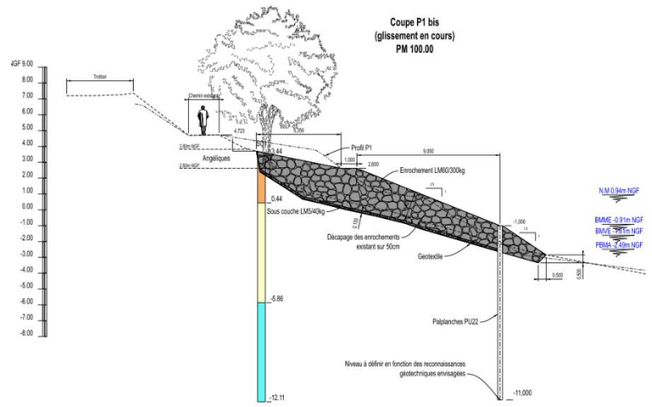
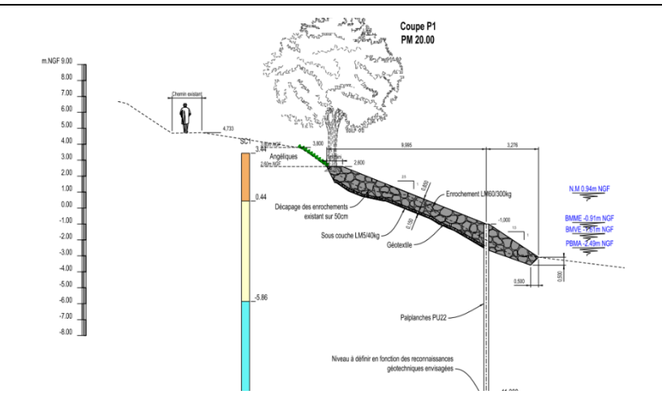
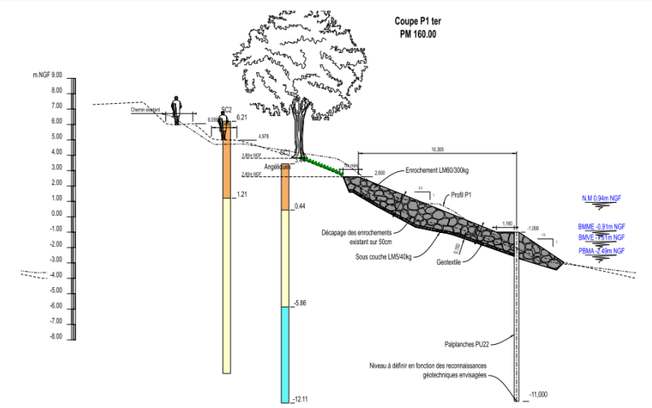
Tableau 5-1 : Détail de la nouvelle priorisation

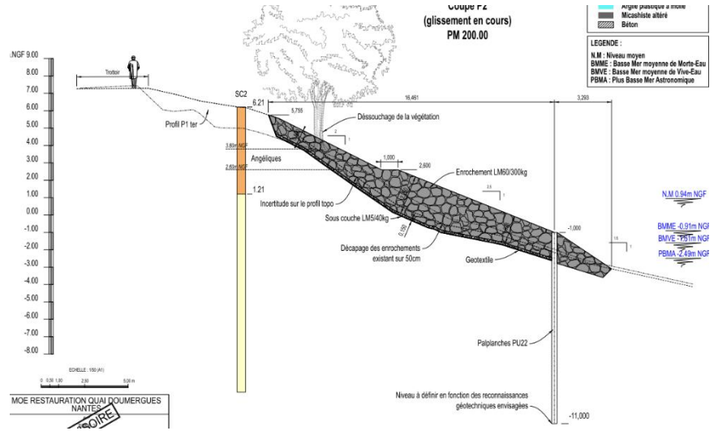
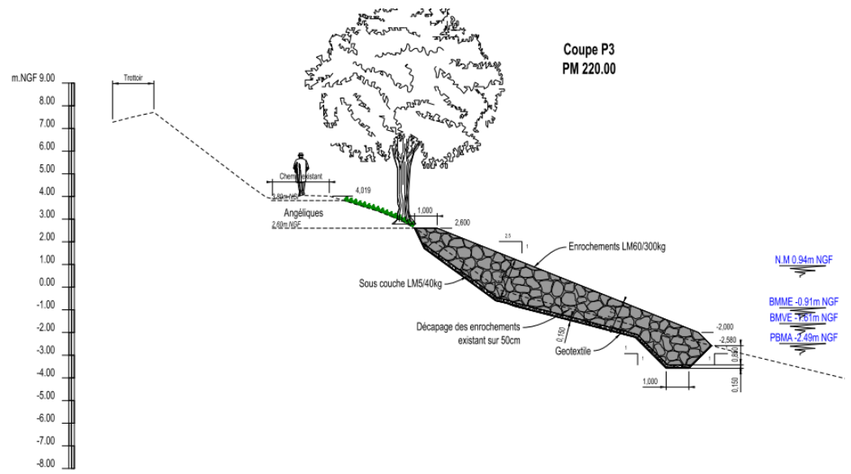
Les travaux retenus par Nantes Métropole à l'issue de l'Avant-Projet sont les travaux de priorité 1.

Aucun travaux n'est envisagé sur les autres tronçons.

5.2 PROGRAMME DE TRAVAUX RETENU PAR ZONE

Le tableau suivant présente le programme de travaux pour chaque zone identifiée.

	Référence du profil	Longueur (m)	Analyse des désordres et enjeux	Confortement envisagé	Coupe type du profil conforté
Zone 1 : Chemin piéton sur gabions	**P1 BIS**	PM 90 – 100 10 m	• Glissement dans les alluvions sableuses ; • Risque d'érosion externe (affouillement) • Zone déjà glissée par le passé Aspect règlementaire : **Aucune espèce n'a été identifiée lors du relevé. Toutefois, la recharge est située dans une zone d'habitat potentiel. La solution de confortement intègre une risberme dans l'intervalle propice à sa prolifération.**	• Rideau de palplanches PU 22 à partir de -1,00 m NGF ancré dans la couche argileuse raide , 10 m de profondeur ; • Rechargement en enrochements (60 -300 kg) jusqu'à la cote +3,80 m NGF (Vitesse de courant : 2,50 m/s) • Couche de transition en enrochements 5-40 kg • Géotextile de filtration	
	P1	PM 100 – 125 30 m	• Glissement dans les alluvions sableuses ; • Risque d'érosion externe (affouillement) • Préservation de l'Angélique au-dessus de la zone de marnage Aspect règlementaire : **Eviter la zone à espèces protégées**	• Rideau de palplanches PU 22 à partir de -1,00 m NGF ancré dans la couche argileuse raide , 10 m de profondeur ; • Rechargement en enrochements (60-300 kg) jusqu'à la cote +2,60 m NGF (Vitesse de courant : 2,50 m/s) • Couche de transition en enrochements 5-40 kg • Géotextile de filtration	
	P1 TER	PM 125 - 180 55 m	• Glissement dans les alluvions sableuses ; • Risque d'érosion externe (affouillement) • Préservation de l'Angélique au-dessus de la zone de marnage Aspect règlementaire : **Eviter la zone à espèces protégées**	• Rideau de palplanches PU 22 à partir de -1,00 m NGF ancré dans la couche argileuse raide , 10 m de profondeur ; • Rechargement en enrochements (60-300 kg) jusqu'à la cote +2,60 m NGF • Couche de transition en enrochements 5-40 kg • Géotextile de filtration	

	Référence du profil	Longueur (m)	Analyse des désordres et enjeux	Confortement envisagé	Coupe type du profil conforté
Zone 2 : Fort glissement	**P2**	PM 180 – 200 15 m	• Zone déjà glissée ; • Glissement dans les alluvions sableuses ; • Maintien des usages en crête. Aspect règlementaire : **Aucune espèce n'a été identifiée lors du relevé. Toutefois, la recharge est située dans une zone d'habitat potentiel. La solution de confortement intègre une risberme dans l'intervalle propice à sa prolifération.**	• Rideau de palplanches PU 22 à partir de -1,00 m NGF ancré dans la couche argileuse raide , 10 m de profondeur ; • Rechargement en enrochements (60 -300 kg) jusqu'à la partie haute de la berge (+5,75 m NGF) (Vitesse de courant : 2,50 m/s) • Couche de transition en enrochements 5-40 kg • Géotextile de filtration	
Zone 3 : Cheminement piéton fermé	**P3**	PM 200- 235 135 m	• Maintien des usages liés au chemin ; • Préservation de l'Angélique au-dessus de la zone de marnage ; • Glissement dans les alluvions sableuses ; • Glissement de peau en partie haute. Aspect règlementaire : **Eviter la zone à espèces protégées**	• Rechargement en enrochements (60 -300 kg) jusqu'à la cote supérieure du marnage +2,60 m NGF ; • Bèche à -2,00 m NGF ; • Reprofilage ponctuel en partie haute (min 1,70H/1V) sur 20 m (PM220-240)	

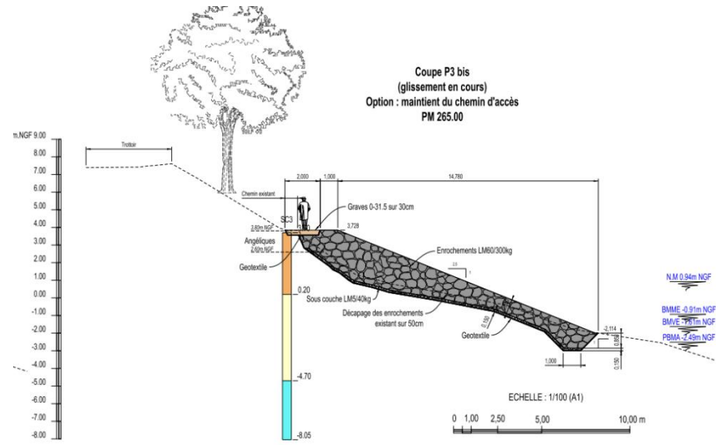
	Référence du profil	Longueur (m)	Analyse des désordres et enjeux	Confortement envisagé	Coupe type du profil conforté
	P3 BIS	PM 235 – 290 55 m	• Maintien des usages liés au chemin ; • Glissement dans les alluvions sableuses. Aspect règlementaire : **Aucune espèce n'a été identifiée lors du relevé. Toutefois, la recharge est située dans une zone d'habitat potentiel. La solution de confortement intègre une risberme dans l'intervalle propice à sa prolifération.**	• Rechargement en enrochements (60 -300 kg) jusqu'au chemin +3,70 m NGF ; • Bèche à -2,00 m NGF.	

Tableau 5-2 : Détail du programme des travaux retenus

Note : Un élagage et abattage sélectif des arbres est à prévoir. Le plan intitulé *23F121_AVP_001A* précise l'emprise des zones à élaguer et arbres à abattre.

6 ANALYSE SYNTHETIQUE DES CONTRAINTES ENVIRONNEMENTALES DU SITE

Cette analyse synthétique permet de situer le projet d'un point de vue des statuts de protection environnementale et patrimoniale.

6.1 SITES D'INTERET ECOLOGIQUE, PROTEGES OU REGLEMENTES

6.1.1 RESEAU NATURA 2000

4 zones NATURA 2000 sont inscrits sur le territoire de la commune de Nantes :

FR5200621	Estuaire de la Loire	SIC	Continental et marin
FR5200622	Vallée de la Loire de Nantes aux Ponts-de-Cé et ses annexes	SIC	Continental
FR5210103	Estuaire de la Loire	ZPS	Continental et marin
FR5212002	Vallée de la Loire de Nantes aux Ponts-de-Cé et ses annexes	ZPS	Continental

Le site Natura 2000, n° FR5200621 « Estuaire de la Loire» (pSIC/SIC/ZSC au titre de la mise en œuvre de la Directive « Habitats »), est situé sur la Loire au niveau du projet. Il recouvre une surface de 21726 ha. Le projet affecte moins de 0,002% de la surface de ce site.

19 types d'habitats inscrits à l'annexe I sont présents sur ce site, mais peu sur le secteur du projet dont :

- 1130-Estuaires.
- 1140-Replats boueux ou sableux exondés à marée basse.
- 1210-Végétation annuelle des laissés de mer.
- 1310-Végétations pionnières à Salicornia et autres espèces annuelles des zones boueuses et sableuses.
- 91E0-Forêts mixtes à Quercus robur, Ulmus laevis, Ulmus minor, Fraxinus excelsior ou Fraxinus angustifolia, riveraines des grands fleuves (Ulmenion minoris).
- 91F0-Forêts alluviales à Alnus glutinosa et Fraxinus excelsior (Alno-Padion, Alnion incanae, Salicion albae).

20 espèces sont inscrites à l'annexe II de la directive 92/43/CEE et sont représentantes des groupes suivants :

- 1 espèce floral : Angélique des estuaires (à fruits variés).
- 5 espèces d'insectes : Lucane cerf-volant, Pique-prune, Rosalie des Alpes, Grand Capricorne (coléoptères) ; Agrion de Mercure (odonate).

- 6 espèces de poissons : Bouvière, Lamproie marine, Lamproie de rivière, Grande alose, Alose feinte, Saumon atlantique.
- 1 espèce d'amphibien : Triton crêté.
- 6 espèces de Chiroptères : Grand Murin, Petit rhinolophe, Grand rhinolophe, Rhinolophe euryale, Barbastelle d'Europe, Murin à oreilles échancrées.
- 1 espèce de mammifère (hors chiroptère) : Loutre d'Europe.

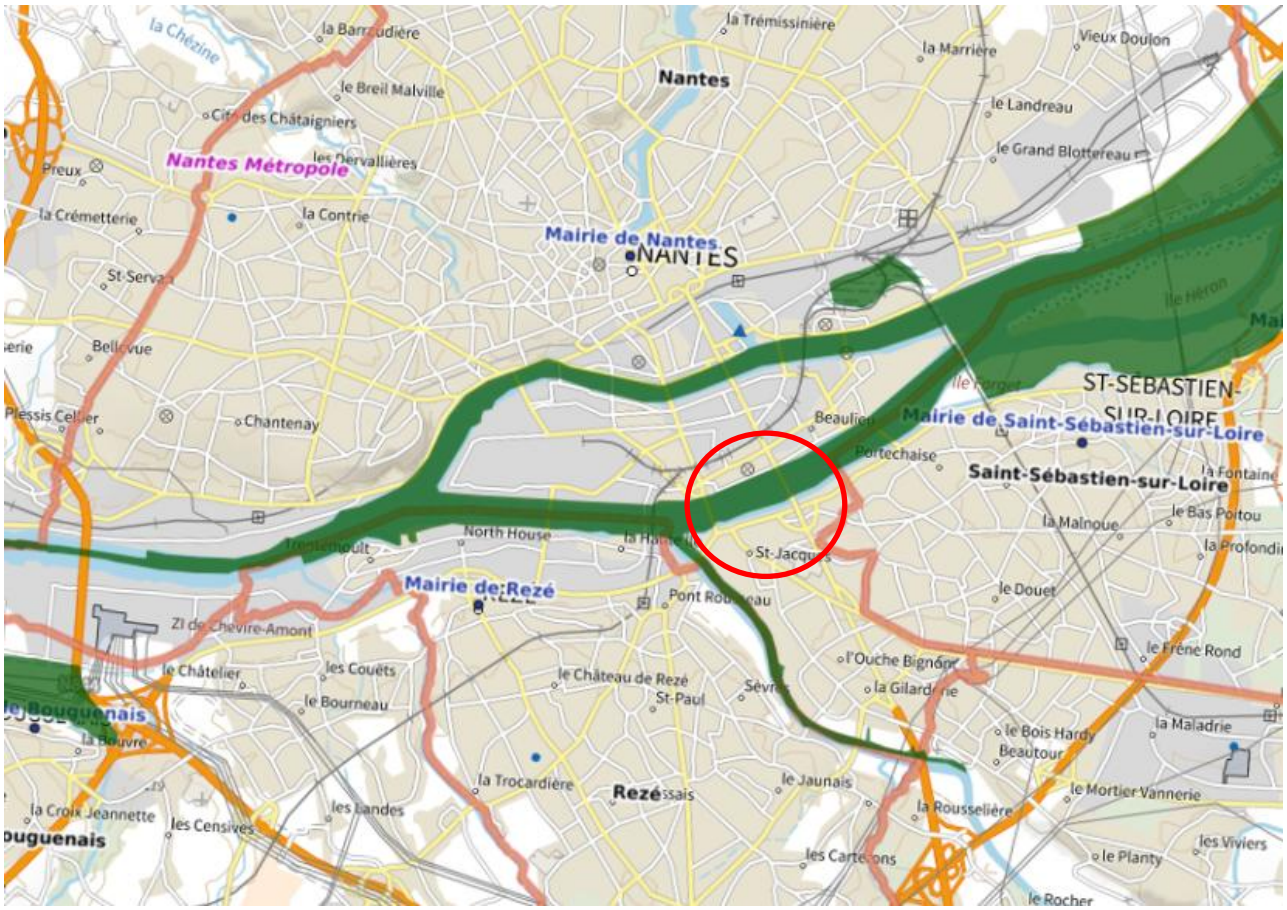


Figure 6-1 : Site Natura 2000 Directive « Habitats » au droit du projet (*Source : SIGLoire*)

« Les chenaux de navigation présentent des spécificités géographiques (grande profondeur, vitesse des courants, turbidité...) qui résultent de l'action combinée de l'homme et des évolutions morphologiques naturelles. L'existence des chenaux de navigation et leur entretien par des opérations de dragages, l'immersion des produits dragués dans l'estuaire ainsi que la présence d'ouvrages hydrauliques (digues submersibles, quais, appontements) sont constitutifs de l'état de référence du site.

Vulnérabilité : Envasement naturel, qualité des milieux aquatiques, artificialisation des berges, remblaiement, risques de pollution, prélèvement excessif sur les stocks de certains poissons migrateurs, entretien insuffisant ou inadapté du réseau hydraulique, surfréquentation, pratiques agricoles inadaptées.

L'estuaire de la Loire est une zone humide majeure sur la façade atlantique, maillon essentiel du complexe écologique de la basse Loire estuarienne (lac de Grand-Lieu, marais de Brière, marais de Guérande). Grande diversité des milieux et des espèces en fonction des marées, du gradient de salinité, du contexte hydraulique. Importance particulière pour les habitats estuariens au sens strict, les milieux aquatiques, les roselières, les prairies humides, le bocage. Nombreuses espèces d'intérêt communautaire dont l'angélique des estuaires. »

Aucun de ces habitats n'est affecté par les travaux, ces derniers portant sur les enrochements en place et à restaurer. L'enjeu pour ces habitats est donc très faibles au regard des surfaces engagées dans les travaux et celles présentes sur ce site.

Ce site correspond à la partie aval sous l'influence de la marée dynamique, soumis à un phénomène de marnage quotidien du fait de l'alternance des marées. Cette dynamique des lignes d'eau, l'introduction de sédiments fins et la variabilité de la salinité influencent sur les habitats naturels.

Concernant les habitats d'espèces et les espèces d'intérêt communautaire, le site a une importance capitale pour une espèce d'intérêt communautaire prioritaire, l'Angélique des estuaires. Le fleuve Loire est aussi un axe capital pour certaines espèces piscicoles migratrices comme la Lamproie marine, la Lamproie fluviatile, l'Alose feinte et la Grande Alose, mais aussi le Saumon atlantique.

Les travaux de restauration des enrochements ne sont pas dans l'emprise de ces habitats sensibles de ce site NATURA 2000 et n'impacteront pas ces espèces ou la conservation des espèces présentes.

Le site FR5210103 « Estuaire de la Loire » de la directive « Oiseaux » se situe au droit de la zone de projet.

Ce site recouvre une surface de 20162 ha et abrite 136 espèces de l'avifaune visées à l'article 4 de la directive 2009/147/CE.

« La configuration et le fonctionnement hydraulique de ce site sont structurés par des activités et des aménagements humains liés à la nécessité de desserte des pôles portuaires de Nantes Saint-Nazaire. Les chenaux de navigation présentent des spécificités géographiques (grande profondeur, vitesse des courants, turbidité...) qui résultent de l'action combinée de l'homme et des évolutions morphologiques naturelles. L'existence des chenaux de navigation et leur entretien par des opérations de dragages, l'immersion des produits dragués dans l'estuaire ainsi que la présence d'ouvrages hydrauliques (digues submersibles, quais, appontements) sont constitutifs de l'état de référence du site.

Vulnérabilité : Envasement naturel, artificialisation des berges, risques de pollution ou de prélèvement excessif sur les stocks de certains poissons migrateurs, entretien insuffisant du réseau hydraulique.

Zone humide majeure sur la façade atlantique, maillon essentiel du complexe écologique de la basse Loire estuarienne (lac de Grand-Lieu, marais de Brière, marais de Guérande). Grande diversité des milieux favorables aux oiseaux (eaux libres, vasières, roselières, marais, prairies humides, réseau hydraulique, bocage). Importance internationale pour les migrations sur la façade atlantique. »

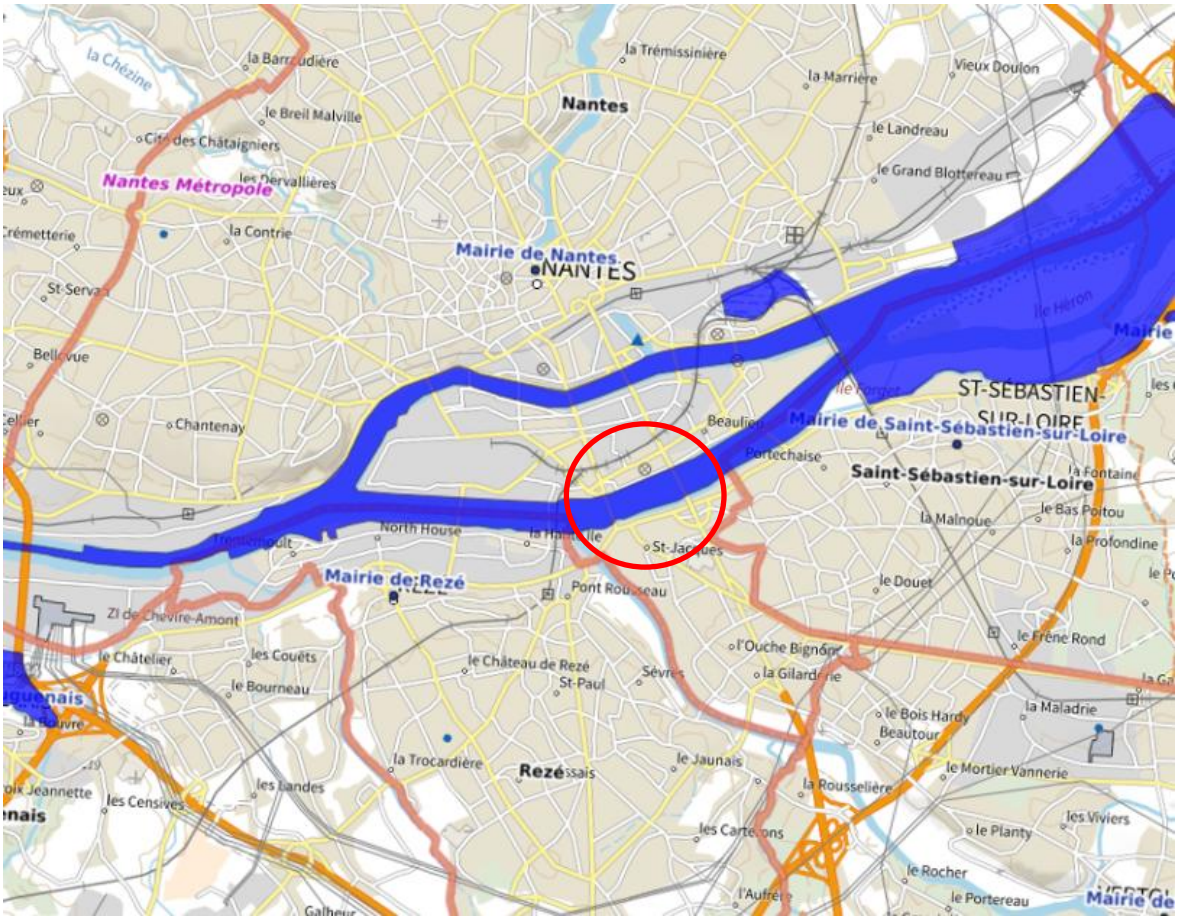


Figure 6-2 : Site Natura 2000 Directive « Oiseaux » au droit du projet (*Source : SIGLoire*)

6.1.2 ZONES D'INTERET ECOLOGIQUE

Les inventaires ZNIEFF et sites RAMSAR sont des outils de connaissance et ne constituent pas une mesure de protection juridique directe.

Code	Nom	Type de zone	Domaine
520006643	VALLEE ET MARAIS DE L'ERDRE	2	Continental
520013069	VALLEE DE LA LOIRE DE NANTES AU BEC DE VIENNE	2	Continental
520013077	VALLEE DE LA SEVRE NANTAISE DE NANTES A CLISSON	2	Continental
520013092	VALLEE DU GESVRES	1	Continental

Code	Nom	Type de zone	Domaine
520015275	RIVES DE L'ERDRE A LA HOUSSINIERE ET A L'EMBOUCHURE DU CENS	1	Continental
520120054	ZONE HUMIDE DE MALAKOFF	1	Continental
520616267	VALLÉE DE LA LOIRE A L'AVAL DE NANTES	2	Continental
520616294	PRAIRIE DE MAUVES, ILE HÉRON ET VASIÈRES DE LOIRE	1	Continental

La ZNIEFF de type 2 n°520616267 « Vallée de la Loire à l'aval de Nantes » recouvre une surface de 21455ha dans laquelle est incluse la zone de travaux (<0,0025% de la surface totale de la ZNIEFF).

L'environnement local est influencée par la Loire qui s'écoule au niveau de deux bras, notamment le bras de la Madeleine.

« *Diverses dégradations ont eu lieu depuis le XIXème siècle, époque où les aménagements industrialo-portuaires ont débutés.*

Ceux-ci ont eu pour conséquence, une réduction importante des surfaces des roselières, des vasières et des prairies humides, du aux remblaiements, aux endiguements et à la chenalisation du fleuve entre autres. L'exhaussement des vasières et des parties proches du fleuve par des dépôts vaseux est aujourd'hui importante du fait de la réduction de la surface d'épandage. Par ailleurs, de multiples aménagements hydrauliques à des fins agricoles ont été réalisés, ainsi que diverses mise en culture de prairies naturelles ».



Figure 6-3 : ZNIEFF de type I et II au niveau ou à proximité du projet (*Source : data.paysdelaloire.fr*)

6.1.3 ZONES HUMIDES

Aucune zone humide (RAMSAR, départementale) n'est référencée sur le site étudié.

Cependant, on note que les milieux aquatiques de la zone de travaux sont considérés comme des zones de type humide.

Les travaux étant sur des ouvrages hydrauliques dégradés, ces derniers n'altèrent pas les surfaces de zones humides.

Le projet se situe à la limite ouest de la zone humide FR51130202 « LA LOIRE (ENTRE MAINE ET NANTES), MARAIS DE GOULAINE ».



Figure 6-4 : Localisation des zones humides RAMSAR (*Source : SIGLoire*)

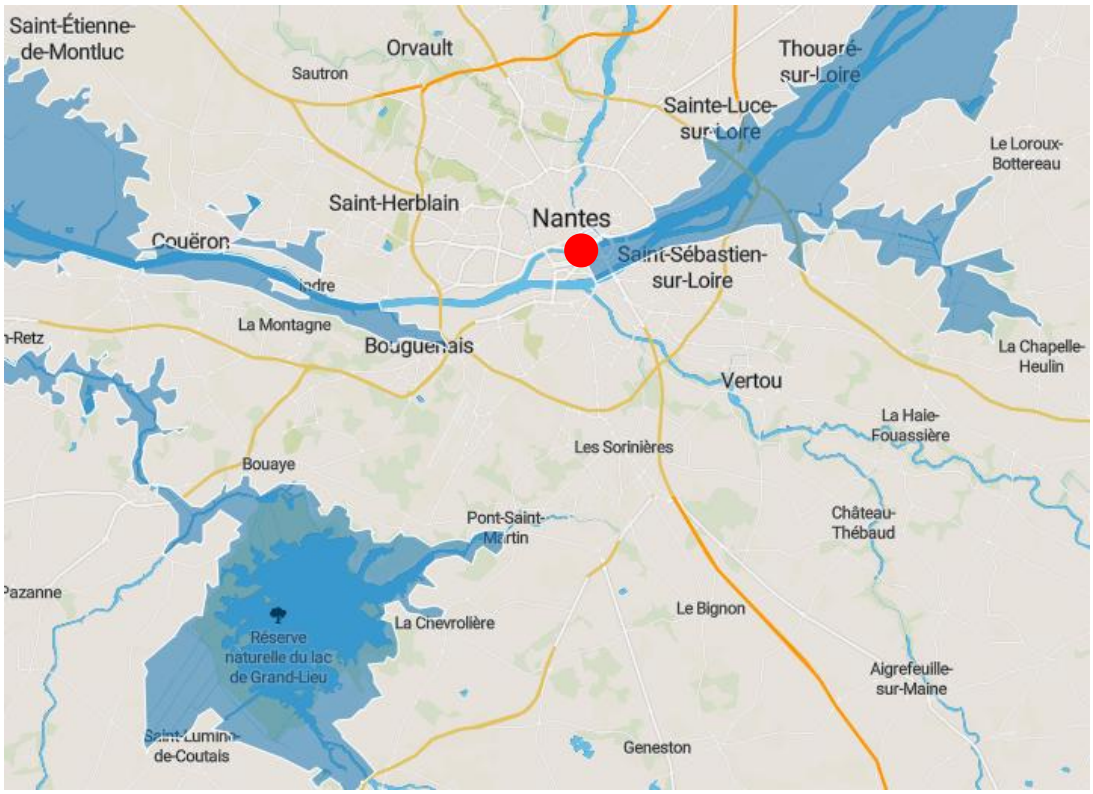


Figure 6-5 : Localisation des zones humides en pays de Loire (*Source : data.paysdelaloire.fr*)

6.1.4 ARRETE DE PROTECTION DE BIOTOPE (APPB)

Aucun APPB ne se situe directement sur la zone d'étude ou de son aire d'influence.

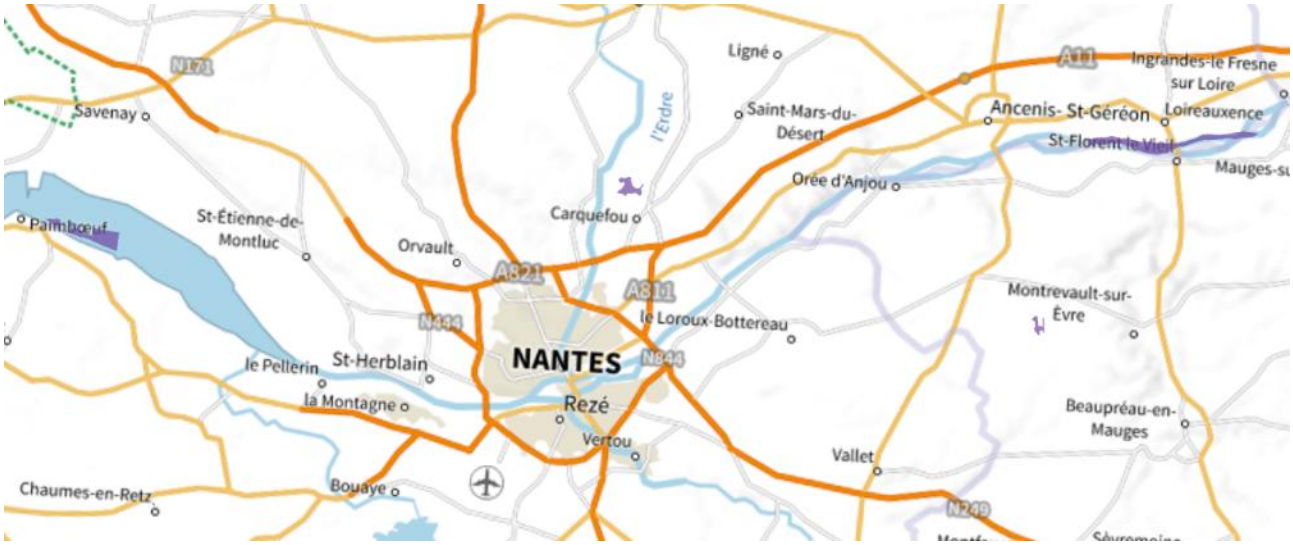


Figure 6-6 : Localisation de l'aire APPB la plus proche (*Source : ISGLoire.fr)*

6.1.5 AIRES PROTEGEES

Il n'existe pas d'aire protégée ou de surface réservée dans le cadre de la SCAP en Pays de la Loire.

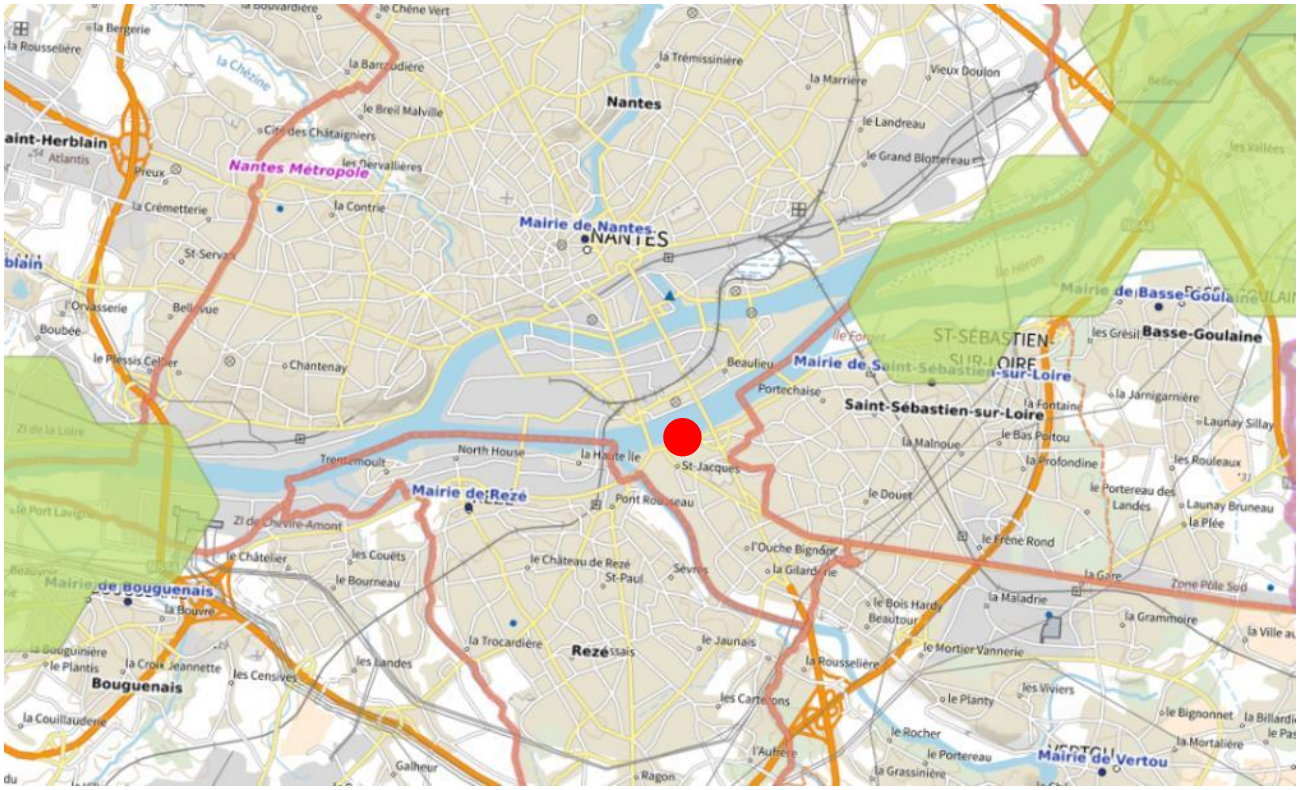


Figure 6-7 : Aire protégée ou SCAP au droit du projet (*Source : SIGLoire.fr*)

6.1.6 PARC NATUREL NATIONAL

Il n'existe aucun parc naturel national sur la zone d'étude.

6.1.7 RESERVE DE BIOSPHERE

Il n'existe pas de réserve de biosphère sur la zone d'étude.

6.1.8 PARC NATUREL REGIONAL

Aucun parc naturel régional se situe sur la zone d'étude ou de son aire d'influence.

Le parc naturel régional de Brière (FR8000009) est éloigné de toute influence des travaux.

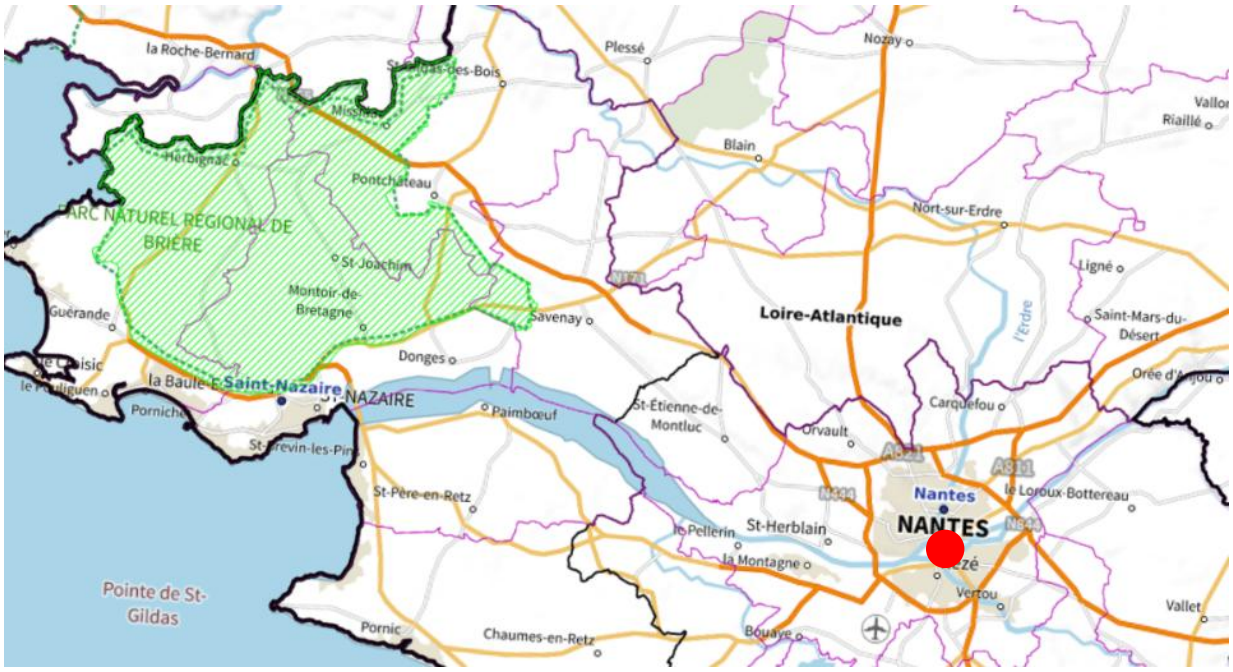


Figure 6-8 : Limites du PNR de Brière (*Source : SIGLoire*)

6.1.9 SITE CLASSE, INSCRIT AU TITRE DU CODE DE L'ENVIRONNEMENT

Il n'y a pas de site inscrit ou classé au niveau de la zone d'étude.

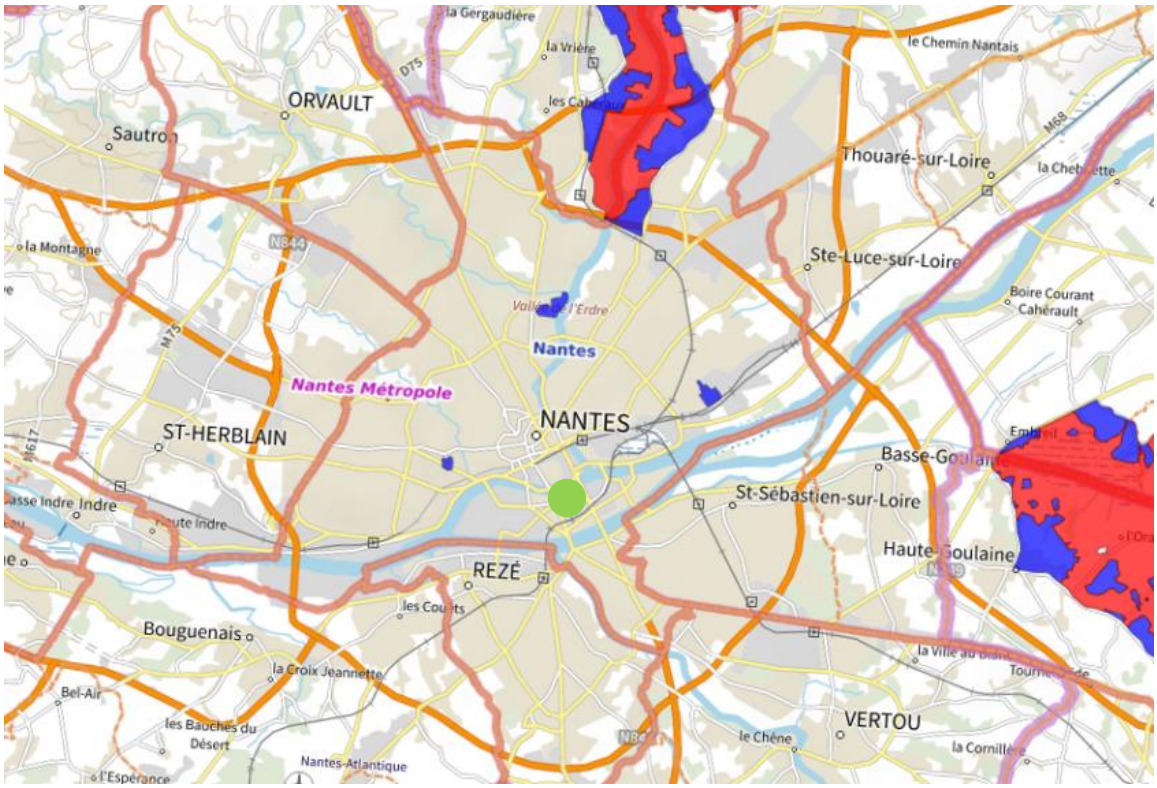


Figure 6-9 : Localisation des sites classés (rouge) et inscrites (bleu) (*Source : SIGLoire*)

6.1.10 ESPACES NATURELS SENSIBLES (ENS)

Il n'existe pas d'ENS sur la zone d'étude ou à proximité ou dans l'emprise d'influence des travaux ou de zones de préemption délimitées au titre des Espaces naturels sensibles (ENS) et de la protection d'espaces agricoles et naturels périurbains (PEAN).

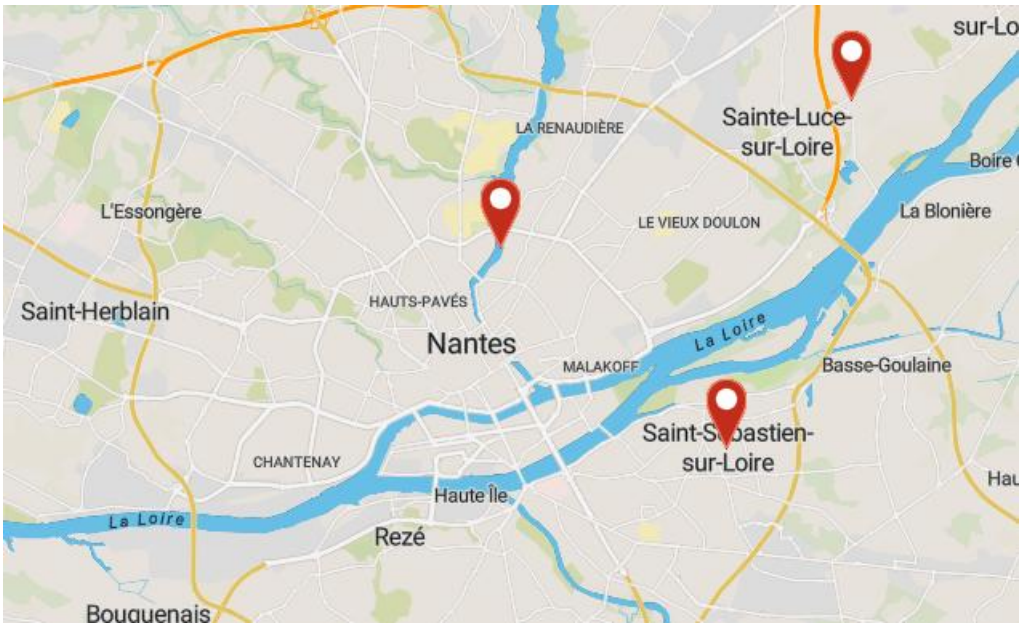


Figure 6-10 : Localisation des surfaces ENS à proximité (*Source : data.paysdelaloire.fr*)

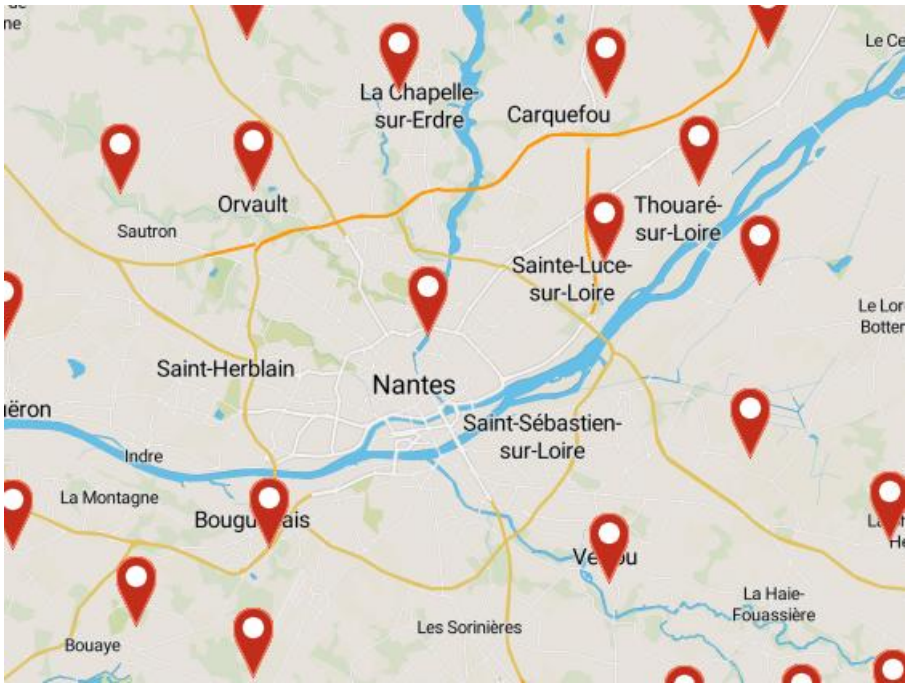


Figure 6-11 : Zones de préemption des Espaces Naturels Sensibles (ENS) en Loire-Atlantique

6.1.1 RESERVE NATURELLE REGIONALE ET TERRAIN DU CONSERVATOIRE DES ESPACES NATURELS.

Aucune réserve naturelle régionale ou nationale n'est présente sur la zone de projet ou de son aire d'influence.

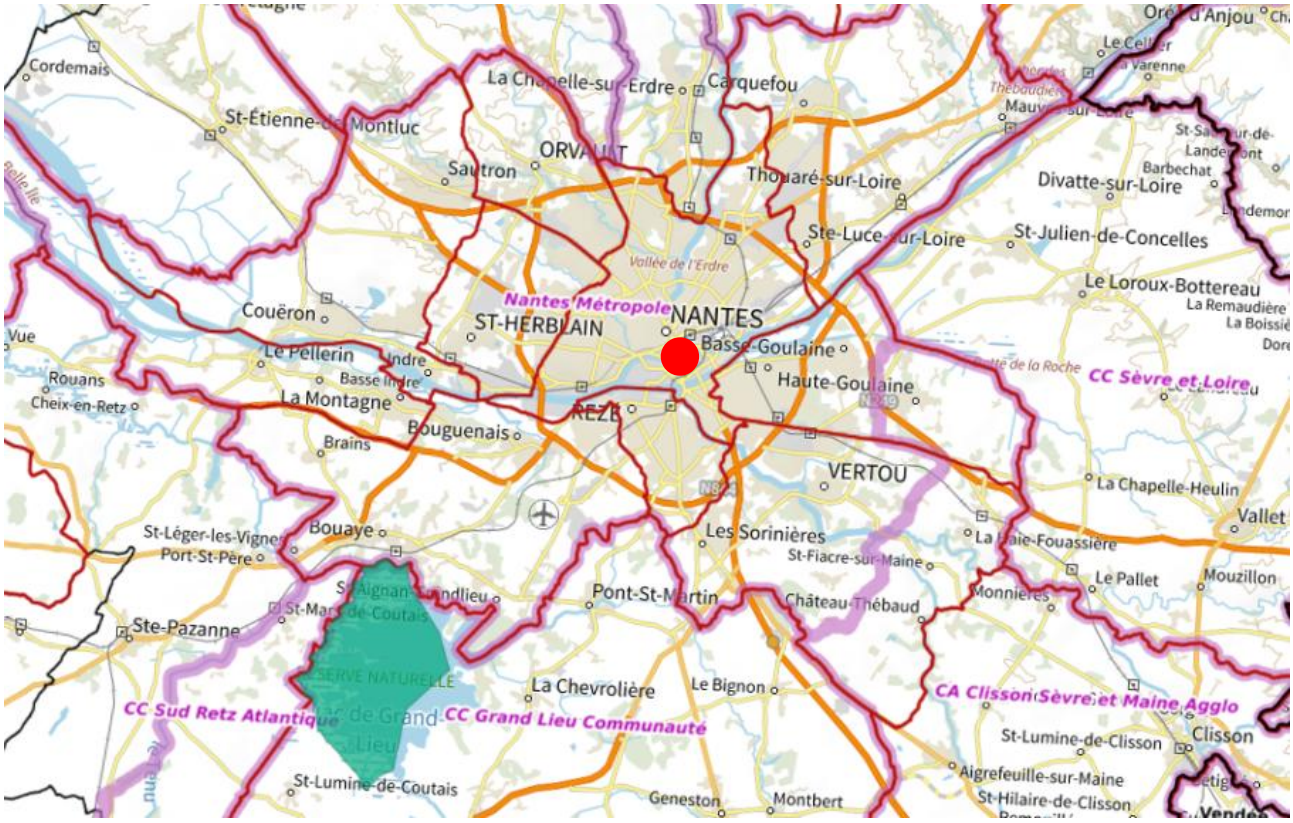


Figure 6-12 : Réserves Naturelles Nationales (RNN) en Pays de la Loire (*Source : data.paysdelaloire.fr*)

6.1.2 SYNTHESE DES SITES ECOLOGIQUES

La zone de projet s'insère ou se trouve à grande proximité des zones protégées et réglementées suivantes :

Libellé	Périmètre	Présence/absence
Périmètre réglementaire		
Arrêté de Protection de Biotope	Rayon de 2 km	Absence
Directive Européenne Natura 2000	Rayon de 2 km	Présence
Parc Naturel régionaux ou nationaux	Rayon de 2 km	Absence
Espace Naturel Sensible	Rayon de 2 km	Absence
Site classé, inscrit	Rayon de 2 km	Présence
Périmètre d'inventaire		
Zones Naturelles d'Intérêts Ecologique Faunistique et Floristique de type 1	Rayon de 2 km	Présence
Zones Naturelles d'Intérêts Ecologique Faunistique et Floristique de type 2	Rayon de 2 km	Absence
Zone d'Intérêt pour la Conservation des oiseaux	Rayon de 2 km	Absence
Site Ramsar	Rayon de 2 km	Absence
Zones humides	Rayon de 2 km	Présence

Tableau 6-1 : Zones réglementés et protégés à proximité de la zone d'étude

Seuls, le site NATURA 2000 n° FR5200621 « Estuaire de la Loire », la ZNIEFF n°520616267 « Vallée de la Loire à l'aval de Nantes se situent au droit de la zone des travaux. Les autres espaces écologiques ou réglementés ne sont pas dans la zone d'influence du projet. ».

6.1.3 SCHEMA REGIONAL DE COHERENCE ECOLOGIQUE (SRCE)

Le SRCE identifie les composantes des Trames Vertes et Bleues (TVB), ainsi que les enjeux régionaux de préservation et restauration des continuités écologiques.

Dans un contexte élargi, les milieux naturels environnants font partie de grands ensembles de réservoirs de biodiversité : ils sont largement représentés et ne présentent pas de perturbations notoires. Les réservoirs de biodiversité, les milieux boisés et ouverts avec objectif de préservation ne sont pas présents sur la zone des travaux.

Sur les cartes suivantes, on note que le périmètre du projet reste éloigné des réservoirs de biodiversité et qu'il est dans le corridor écologique que représente la Loire.

Les travaux de restauration ne dégradent pas les objectifs de ces entités écologiques, et ainsi préservent les continuités écologiques existantes. A l'échelle de la zone d'étude, les contraintes liées à la Trame bleue peuvent être qualifiées comme très faibles, car les habitats aquatiques ne sont pas modifiés et les ouvrages en travaux ne modifient pas cette continuité.

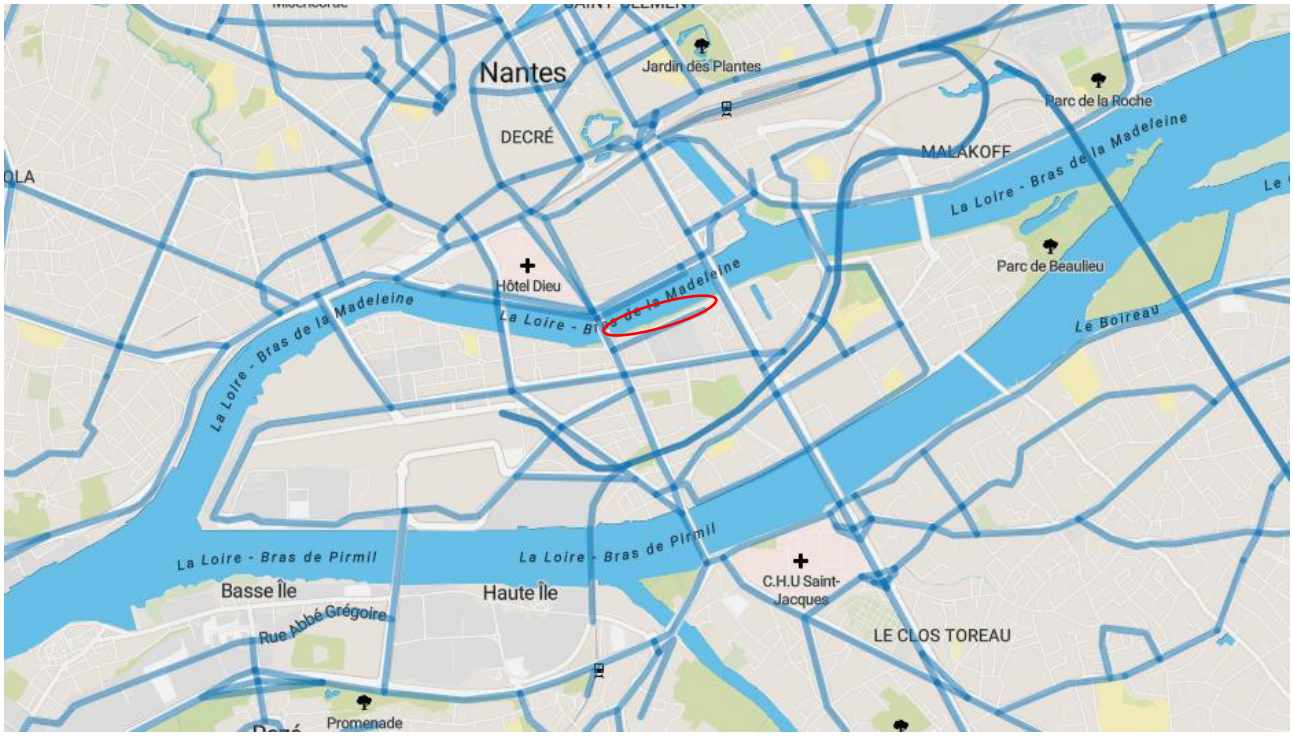


Figure 6-13 : Infrastructures linéaires Écologiques (SRCE) (*Source : data.paysdelaloire.fr*)

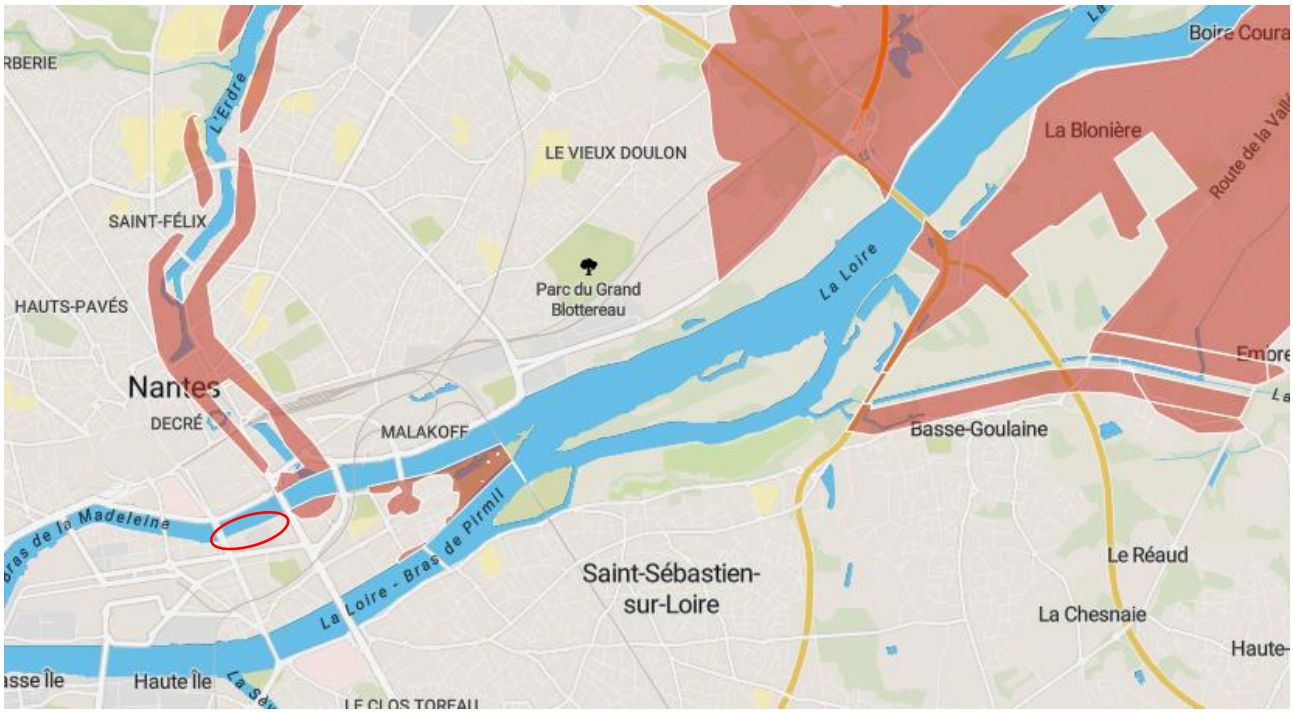


Figure 6-14 : Corridors vallées assurant des connexions entre des réservoirs de biodiversité (*Source : data.paysdelaloire.fr)*

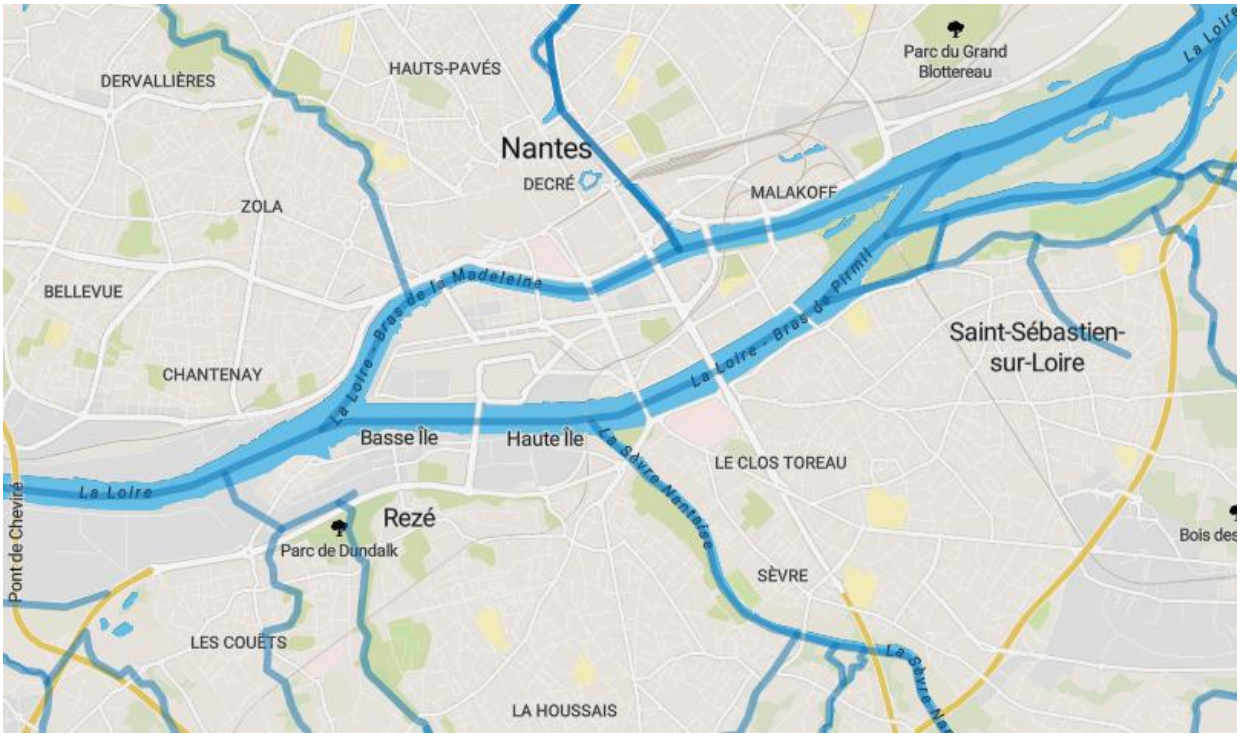


Figure 6-15 : Corridors Cours d'eau assurant des connexions entre des réservoirs de biodiversité (*Source : data.paysdelaloire.fr*)

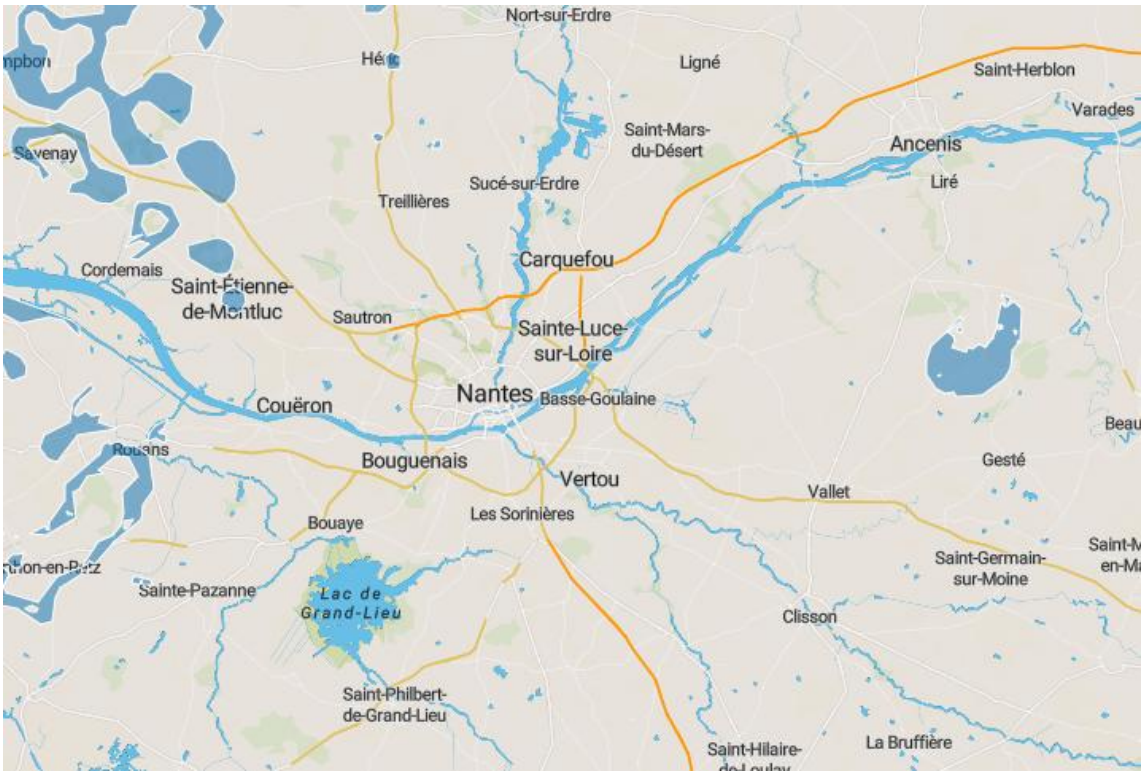


Figure 6-16 : Corridors territoires assurant des connexions entre des réservoirs de biodiversité (*Source : data.paysdelaloire.fr*)

6.1.4 BOIS CLASSE AU TITRE DU CODE DE L'URBANISME

Aucun espace boisé classé, au titre de l'article L.113-1 du Code de l'Urbanisme se situe sur la zone des travaux.

De plus, les travaux ne prévoient aucune coupe d'arbres en massif boisé et encore moins de défrichement au titre du code forestier

6.2 DIAGNOSTIC ECOLOGIQUE

6.2.1 DIAGNOSTICS ECOLOGIQUES ANTERIEURS

Un diagnostic écologique des berges a été établi en 2013/2014 sur les berges de la zone d'étude dans le cadre de la réalisation du dossier loi sur l'eau et du dossier de dérogation espèces protégées réalisés par Arcadis.

D'un point de vue écologique, on retrouve dans la zone de travaux :

- « *Des espèces protégées (Angélique des estuaires, et Scirpe triquètre) nombreuses ;*
- *Des habitats d'intérêt communautaires* ».

« *Le projet de confortement des berges sera à l'origine d'incidences négatives directes et permanentes significativement supérieures à celles évaluées dans le dossier de 2015 qui peuvent être évaluée très sommairement (sur la base des inventaires précités) de la façon suivante :*

- *Zone 1 / 400ml Nord : impact sur environ 1000m² d'Angélique/ une quarantaine de pieds adultes / une centaine de juvéniles / 700m² de Scirpes*
- *Zone 3 / Cale : 100m² Scirpes / plusieurs pieds d'Angéliques*
- *Zone 2 / 70ml de berges : 500m² de Scirpes / 250m² d'Angélique, une cinquantaine de pieds adultes et une vingtaine de pieds juvéniles.* »

« *Pour rappel, le spectre écologique de l'Angélique des estuaires est déterminé à l'intérieur de la zone de balancement des marées par deux facteurs stricts qui sont un faible degré de salinité et un niveau de submersion par la marée compris entre la cote moyenne estivale des marées et la cote moyenne estivale des pleines mers de vives-eaux soit de 2,40 à 3,80 m IGN69 environ* ».

Plusieurs suivis (2017, 2022), réalisés par SAMOA, sont venus confirmer la présence de l'angélique des estuaires sur ce quai et du scirpe tiquète, avec les enjeux qui s'y réfèrent.

En 2022, un porté à connaissance des enjeux écologiques - Cale Doumergue-Hoche-Rhuys *(Direction Nature et jardins, Service Recherche et Biodiversité, Nantes Métropole - 22/07/22)* - a permis de faire une synthèse des enjeux déjà connus, notamment à partir des *« données naturalistes associatives bénévoles sur les 5 dernières années ».*

Les différents documents mettent en avant la présence d'enjeux forts sur certains compartiments et la synthèse est présentée ci-après (Tiré du récent diagnostic d'Hydroconcept - cf. Annexe 1) :

« *Le niveau des enjeux est évalué en fonction de la potentialité de présence des espèces sur le site et du niveau de rareté des espèces à l'échelle locale.* »

Groupe	Potentialité de présence	Rareté/vulnérabilité	Niveau d'enjeux
Flore	Avérée	Fort	Fort
Habitats	Avérée	Moyen	Moyen
Avifaune	Avérée	Fort	Fort
Reptile	Avérée	Moyen	Moyen
Amphibiens	Peu probable	Fort	Faible
Mammifères	Potentielle	Fort	Moyen
Insectes	Potentielle	Fort	Moyen

« *L'analyse bibliographique a permis d'identifier la présence d'enjeux importants sur la zone d'étude.* »

6.2.2 PROSPECTIONS 2023 DU BUREAU D'ETUDES HYDROCONCEPT

En amont de la réalisation des travaux, Nantes métropole a demandé la réalisation de diagnostic faune et flore dont l'objectif est d'identifier si des espèces à enjeux sont présentes sur les linéaires de travaux, et ainsi les intégrer dans les actions à mener.

Les données ci-après sont issues du rapport « Inventaires faune et flore relatifs aux travaux de restauration du quai de Doumergue » du bureau d'étude Hydro Concept.

6.2.2.1 BIBLIOGRAPHIE

L'analyse bibliographique, menée au préalable des opérations d'inventaire, précise les enjeux sur la zone :

Flore et habitats :

L'ensemble des documents indique la présence de stations de deux espèces végétales protégées au niveau national se développant sur les berges de la Loire.

Nom scientifique de l'espèce	Nom vernaculaire de l'espèce	Protection réglementaire	ZNIEFF (PdL)	Niveau de menace France	Niveau de menace Région
Angelica heterocarpa	Angélique à fruits variés	Nationale	X	LC	NT
Schoenoplectus triqueter	Scirpe triquètre	RégionaleX	X	LC	LC

La présence de ces deux espèces est avérée sur le site. Du fait de leur statut de protection, les enjeux sur ces espèces sont considérés comme forts.

Les données bibliographiques indiquent la présence de deux habitats communautaires dans la zone d'étude :

Code CBI	Intitulés	Niveau d'enjeu de l'habitat	Code N2000
44.3	Saulaie blanche	Intérêt prioritaire	91E0-1
37.71	Mégaphorbiaie	Intérêt communautaire	6430-4

Les données consultées indiquent, a priori, que seulement l'habitat de mégaphorbiaie est présent sur le périmètre de l'étude.

Avifaune

Les données issues des documents de zonage identifient 71 espèces d'oiseaux. Parmi ces espèces, 21 espèces sont susceptibles d'être présentes en contexte urbain à périurbain.

Nom scientifique	Nom vernaculaire	Prot. Nat.*	ZNIEFF (PdL)	Niveau de menace France	Niveau de menace Région
Acrocephalus schoenobaenus	Phragmite des joncs	Art 3	x	LC	LC
Alcedo atthis	Martin-pêcheur d'Europe	Art 3		VU	LC
Anthus pratensis	Pipit farlouse	Art 3	x	VU	EN
Carduelis carduelis	**Chardonneret élégant**	Art 3		VU	NT
Cettia cetti	**Bouscarle de Cetti**	Art 3		LC	NT
Chloris chloris	**Verdier d'Europe**	Art 3		NT	LC
Cisticola juncidis	Cisticole des joncs	Art 3		VU	LC
Delichon urbicum	Hirondelle de fenêtre	Art 3		NT	LC
Emberiza schoeniclus	Bruant des roseaux	Art 3	x	EN	NT
Hirundo rustica	Hirondelle rustique	Art 3	x	LC	NT
Lanius collurio	Pie-grièche écorcheur	Art 3	x	NT	LC
Linaria cannabina	Linotte mélodieuse	Art 3		NT	LC
Loxia curvirostra	Bec-croisé des sapins	Art 3		LC	VU
Muscicapa striata	Gobemouche gris	Art 3		VU	VU
Passer montanus	Moineau friquet	Art 3		NT	LC
Periparus ater	Mésange noire	Art 3		EN	VU
Pyrrhula pyrrhula	Bouvreuil pivoine	Art 3	x	VU	EN
Regulus regulus	Roitelet huppé	Art 3		NT	LC
Serinus serinus	***Serin cini***	Art 3		LC	VU
Streptopelia turtur	Tourterelle des bois	Art 3		VU	NT
Sylvia borin	*Fauvette des jardins*	Art 3		NT	LC

Parmi ces 21 espèces, 4 d'entre elles sont identifiées sur le site (mis en avant en gras dans le tableau ci-dessus). Étant donné leur statut de protection, l'enjeu sur l'avifaune (notamment en période de reproduction) est également important.

Amphibiens

Les enjeux sur les amphibiens sont faibles. Quatre espèces sont listées au sein des zonages naturalistes, mais leur présence au sein du site est très peu probable et aucune observation sur ce groupe n'a été faite au sein de la zone d'étude.

Reptiles

Concernant les reptiles, les données indiquent la présence du lézard des murailles.

Nom scientifique de l'espèce	Nom vernaculaire de l'espèce	Prot. Nat.*	ZNIEFF (PdL)	Niveau de menace France	Niveau de menace Région
Podarcis muralis (Laurenti, 1768)	Lézard des murailles	X		LC	LC

Cette espèce est protégée au niveau national, bien que relativement commune. Elles occupent les milieux secs, les murets et les pierres. L'enjeu sur les reptiles est moyen.

Mammifères

Les données bibliographiques identifient des enjeux sur 2 espèces de chiroptères, dont des gîtes sont connus en périphérie immédiate du site.

Nom scientifique	Nom vernaculaire	Prot. Nat.*	ZNIEFF (PdL)	Niveau de menace France	Niveau de menace Région
Pipistrellus pipistrellus	Pipistrelle commune	X	X	NT	NT
Pipistrellus nathusii	Pipistrelle de Nathusius	X	X	NT	VU

En raison de leur statut de protection et des niveaux de vulnérabilité des populations, les enjeux sur les chiroptères sont élevés.

Entomofaune

Les enjeux sur l'entomofaune se concentrent sur la présence des coléoptères saproxylophages patrimoniaux qui pourraient s'observer au niveau des arbres présents le long du fleuve.

Nom scientifique de l'espèce	Nom vernaculaire de l'espèce	Prot. Nat.*	ZNIEFF (PdL)	Niveau de menace Monde	Niveau de menace Europe
Cerambyx cerdo (Linnaeus, 1758)	Grand Capricorne	X		VU	NT
Lucanus cervus (Linnaeus, 1758)	Lucane cerf-volant	X		NA	NT
Osmoderma eremita (Scopoli, 1763)	Pique-prune	X	X	NT	NT
Rosalia alpina (Linnaeus, 1758)	Rosalie des Alpes	X	X	VU	LC

En raison de leur statut de protection, les enjeux sur les coléoptères sont importants.

Synthèse des enjeux

Le niveau des enjeux est évalué en fonction de la potentialité de présence des espèces sur le site et du niveau de rareté des espèces à l'échelle locale.

Groupe	Potentialité de présence	Rareté/vulnérabilité	Niveau d'enjeux
Flore	Avérée	Fort	Fort
Habitats	Avérée	Moyen	Moyen
Avifaune	Avérée	Fort	Fort
Reptile	Avérée	Moyen	Moyen
Amphibiens	Peu probable	Fort	Faible
Mammifères	Potentielle	Fort	Moyen
Insectes	Potentielle	Fort	Moyen

Sur la base des données bibliographiques la zone d'étude présente des enjeux importants.

6.2.2.2 INVENTAIRES

Les inventaires ont été réalisé en août 2023.

Habitats

Le site est caractérisé par la présence de 10 habitats avec toutefois une différence marquée entre la partie Ouest et Est en ce qui concerne les habitats en haut de berge.

Les habitats sont décrits dans le tableau suivant. Les cartes ci-dessous détaillent la localisation des différents milieux sur le site.

L'un des principaux facteurs de répartition des habitats est l'altimétrie qui est corrélée avec le niveau d'hygrométrie des sols (en lien avec l'influence du marnage de la Loire).

Ainsi, trois grands contextes se rencontrent selon la proximité avec la Loire. Le schéma ci-dessous permet de les différencier.

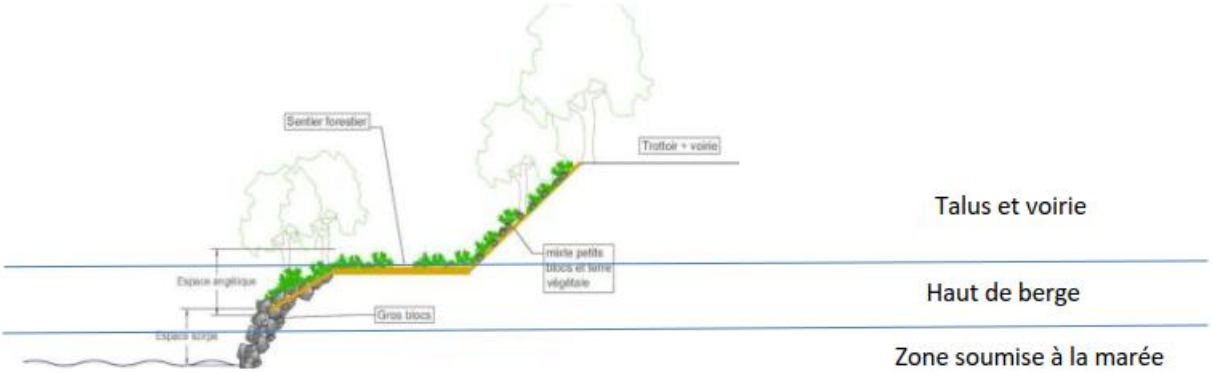
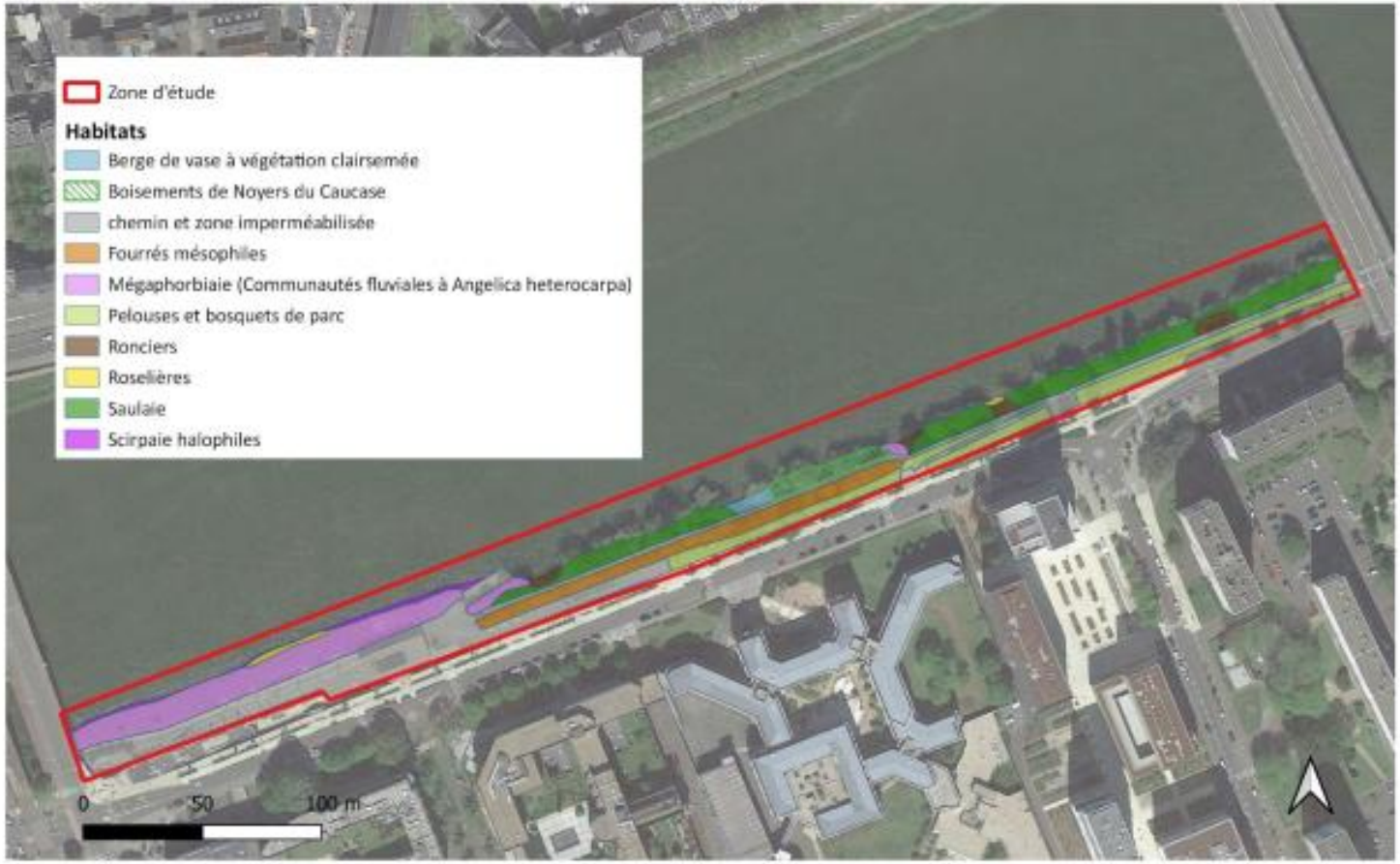


Figure 6-17 : Extrait du rapport d'étude Bilan de l'intégration « Angélique et Scirpe » dans les travaux Berges Nord entre les Ponts Haudaudine et Aristide Briand (Suivi 2022, Ouest AM')

Code EUNIS	Description	Position altimétrique	Surface (en m²)
C3.21	Roselières	Zone soumise à la marée	88
C3.27	Scirpaie halophiles	Zone soumise à la marée	170
C3.6	Berge de vase à végétation clairsemée	Zone soumise à la marée	100
E5.411	Mégaphorbiaie (Communautés fluviales à *Angelica heterocarpa*)	Haut de berge	2 078
F3.11	Fourrés mésophiles	Talus et voirie	1 040
F3.131	Ronciers	Haut de berge	264
G1.11	Saulaie	Haut de berge	1 900
G5	Boisements de Noyers du Caucase	Haut de berge	320
I2.2	Pelouses et bosquets de parc	Talus et voirie	1 381
J	Chemin et zone imperméabilisée	Talus et voirie	3 640
TOTAL			**10 981**

Au-delà des zones aménagées, les principaux habitats sont les saulaies riveraines (G1.11), et les mégaphorbiaies (E5.411)

Cartographie des habitats



Cartographie des habitats présents sur le Quai Doumergue

- Les espaces verts et talus associés

Code EUNIS	I2.2	Pelouses et bosquets de parc	N2000	Non concerné
Code EUNIS	J	Chemin et zone imperméabilisée	N2000	Non concerné

Le Talus, non soumis (ou exceptionnellement) aux submersions par la Loire, est occupé par des habitats mésophiles et des zones imperméabilisées afin d'accueillir des activités de loisirs (cheminement piéton, piste de skateboard, espace de musculation en plein air, restaurant). Cette espace est donc très fortement anthropisée.

Des espaces verts sont toutefois présents et occupés par des habitats prairiaux gérés en fauche par les services municipaux.

Sur la partie centrale du site, à la suite des effondrements de la berge, une partie du chemin piéton a été fermé et la végétation est en cours de fermeture. On note ainsi sur le talus un développement important de ronciers de frênes.

Du fait de l'anthropisation et des usages importants, les habitats en présence ne montrent pas d'intérêt majeur.

- Les hauts de berges

Code EUNIS	E5.411	Mégaphorbiaie (Communautés fluviales à *Angelica heterocarpa*)	N2000	6430 – 5 Mégaphorbiaies oligohalines
Code EUNIS	F3.11	Fourrés mésophiles	N2000	Non concerné
Code EUNIS	F3.131	Ronciers	N2000	Non concerné
Code EUNIS	G1.11	Saulaie	N2000	Non concerné
Code EUNIS	G5	Boisements de Noyers du Caucase	N2000	Non concerné

Les hauts de berges sont soumis à l'influence de la Loire avec des conditions d'hygrométrie des sols importantes et une submersion occasionnelle lors des marées de vives eaux. La végétation occupe une bande d'une largeur de 5 à 10 m.

L'est et le centre du site sont dominés par une végétation de saulaie riveraine très nettement dominée par le saule roux (*Salix atrocinerea*). Les individus sont relativement âgés. D'autres espèces viennent diversifier la strate arborée avec par exemple *Platanus acerifolia*, *Acer opalus*, *Salix alba*, *Alnus glutinosa* ou encore *Quercus patreae*. La végétation en sous-bois est assez peu diversifiée du fait de l'ombrage important. On retrouve des lianes (*Humulus lupulus*, *Parthenocissus quinquefolia*, *Hedera helix*) et des espèces typiques de sous-bois avec une augmentation des espèces hygrophiles vers la berge (*Ranunculus repens*, *Sambucus nigra*, *Geranium robertianium*, etc…). Les quelques trouées au sein de la strate arborée ou arbustive sont occupées par des ronciers.

N.B. Cet habitat de saulaies n'a pas été rattaché aux habitats de Saulaie à Saule blanc (EUNIS G1.111) qui est un habitat d'intérêt communautaire prioritaire (code N2000 :91E0-1 _Saulaie arborescente à Saule blanc). Ce choix est motivé par la très faible présence de Saule blanc (Salix alba) dans le peuplement (5 individus au total), et une très faible part des espèces caractéristiques au sein de la strate herbacée. La présence des quelques saules blancs témoigne de l'existence de cet habitat par le passé.*

L'habitat de saulaie abrite des stations d'Angélique des estuaires (*Angelica heterocarpa*). Quelques pieds d'Épipactis à larges feuilles (*Épipactis helleborine*), une orchidée montrant un intérêt localement, y ont été inventoriés.

Une plantation de noyers du Caucase est présente au centre du site. Cette espèce non indigène est très couvrante. Ce secteur est particulièrement pauvre au niveau de la strate herbacée.

L'ouest du site est quant à lui occupé quasi exclusivement par une mégaphorbiaie eutrophe à ortie (*Urtica dioica*), liseron des haies (*Calystegia sepium*), Baldingère faux roseau (*Phalaris arundinacea*), œnanthe safranée (*Œnanthe crocata*) ou encore salicaire (*Lythrum salicaria*).

Cet habitat est classé d'intérêt communautaire au titre de la directive Habitats (6430-5 Mégaphorbiaie oligohalines). Ce type de mégaphorbiaie se développe sur les berges des grands fleuves soumis à une influence marine et il est caractérisée notamment par l'Angélique des estuaires. Toutefois, cette espèce n'y a pas été observée.

- Les bas de berges soumis à la marée

Code EUNIS	C3.21	Roselières	N2000	Non concerné
Code EUNIS	C3.27	Scirpaie halophiles	N2000	Non concerné
Code EUNIS	C3.6	Berge de vase à végétation clairsemée	N2000	Non concerné

Deux principaux habitats sont observés au sein des parties les plus basses du quai, régulièrement soumises à la submersion par la Loire. Ces habitats forment une ceinture d'hélophytes de 50cm à 2m de large.

À l'ouest du site, où se développe la mégaphorbiaie, cette ceinture est quasi continue. Elle est dominée par l'habitat de scirpes halophiles, dont l'espèce dominante est le scirpe de Buenos Aires (*Eleocharis bonariensis*). Ces espèces se développent sur les dépôts d'alluvions en pied de berge (souvent renforcés par des blocs), la densité en espèce végétale est ainsi variable. Sur la partie centrale et à l'est du secteur étudié, du fait de la présence de l'habitat de saulaie, la scirpaie halophile n'est présente que ponctuellement sur les zones où l'accès à la lumière est possible.

Cet habitat accueille le scirpe triquètre. Les populations sont les plus importantes dans la partie ouest du site, et notamment au pied de la cale de mise à l'eau.

Le second habitat présent en bas de berges est une roselière à Phragmites australis qui occupe un linéaire d'une vingtaine de mètres à l'ouest du site. La végétation y est très fortement dominée par le roseau. Enfin, au niveau de l'effondrement de la berge, une zone de vase presque nue est également présente. Les espèces s'y développant se rapprochent du bidention.

Flore

Les inventaires ont été réalisé au mois d'août 2023. 69 espèces ont été observées dont 3 présentent des statuts de patrimonialité (déterminante ZNIEFF), de rareté (Liste rouge France ou pays de la Loire) ou de protection nationale.

Nom vernaculaire	Nom scientifique	Liste Rouge Nationale	Liste Rouge région (PDL)	Déterm. ZNIEFF (PDL)	Prot Nat.	Prot. Région (PDL)
Schénoplecte triquètre, Scirpe triquètre, Scirpe à tige trigone, Scirpe à trois angles	*Schoenoplectus triqueter (L.) Palla, 1888*	LC	LC	oui		X
Saule cendré	*Salix cinerea L., 1753*	LC	DD	oui		0
Angélique à fruits variés, Angélique à fruits variables	*Angelica heterocarpa J.Lloyd, 1859*	LC	NT	oui	Article 1	0

8 espèces ne sont pas endémiques de France dont 3 sont classées en envahissantes sur le territoire national. Nom vernaculaire	Nom scientifique	Liste Rouge Nationale	envahissante
Éléocharide de Buenos Aires, Scirpe de Buenos Aires, Souchet de Buenos Aires, Éléocharis de Buenos Aires	*Eleocharis bonariensis Nees, 1840*	NAa	
Bident feuillé, Bident à fruits noirs, Bident feuillu	*Bidens frondosa L., 1753*	NAa	X
Solidage géant, Solidage glabre, Solidage tardif, Verge-d'or géante	*Solidago gigantea Aiton, 1789*	NAa	X
Ptérocarya à feuilles de frêne, Noyer du Caucase, Pterocaryer à feuilles de frêne, Ptérocaryer du Caucase	*Pterocarya fraxinifolia (Poir.) Spach, 1834*	NAa	
Peuplier du canada (cultivar)	*Populus x canadensis Moench, 1785*	NAa	
Cerisier acide, Griottier, Cerisier vrai, Prunier cerisier	*Prunus cerasus L., 1753*	NAa	
Prunier laurier-cerise, Laurier-cerise, Laurier-palme	*Prunus laurocerasus L., 1753*	NAa	X
Pyraconthe crénelé ; buisson ardent	*Pyracantha crenulata (D.Don) M.Roem., 1847*	NAa	

Les prospections de terrain ont permis de confirmer la présence de deux espèces protégées sur le site :

- **Le scirpe triquètre ;**
- **L'Angélique des estuaires.**

- Le scirpe triquètre

Nom scientifique de l'espèce	Nom vernaculaire de l'espèce	Protection réglementaire	ZNIEFF (PdL)	Niveau de menace France	Niveau de menace Région
Schoenoplectus triqueter	Scirpe triquètre	RégionaleX	X	LC	LC

Statut : protection régionale - Arrêté du 25 janvier 1993 relatif à la liste des espèces végétales protégées en région Pays de la Loire complétant la liste nationale.

« Art. 1er. - Afin de prévenir la disparition d'espèces végétales menacées et de permettre la conservation des biotopes correspondants, sont interdits, en tout temps, sur le territoire de la région Pays de la Loire, la destruction, la coupe, la mutilation, l'arrachage, la cueillette ou l'enlèvement, le colportage, l'utilisation, la mise en vente, la vente ou l'achat de tout ou partie des spécimens sauvages des espèces ci-après énumérées. »

Les prospections de terrain ont confirmé les enjeux identifiés par la biobibliographie. L'espèce se développe en pied de berge sur la zone de marnage au niveau des alluvions fines déposées par le fleuve. Elles forment localement des stations de plusieurs mètres linéaires abritant de quelques dizaines d'individus sous forme de patchs, à plusieurs centaines d'individus (bande continue).

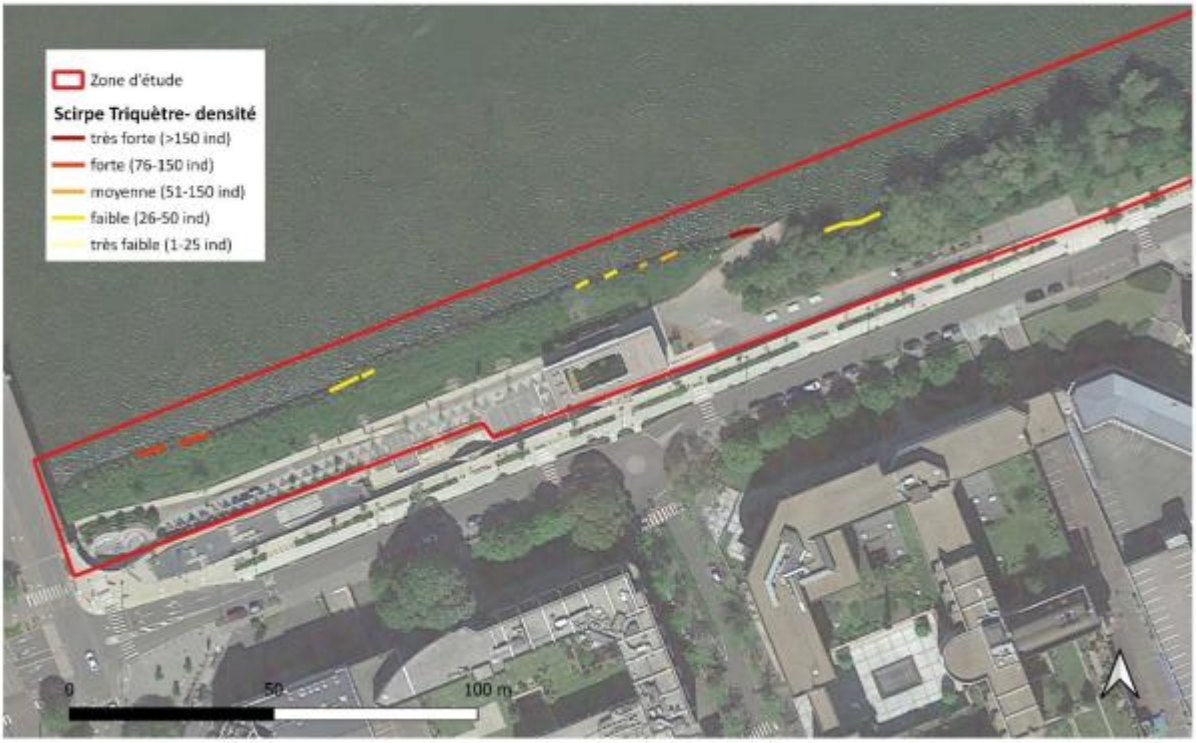
C'est un total de 81 mètres de berges (sur les 572 m concernés) qui sont colonisés par l'espèce avec un total d'environ 4890 tiges dénombrées.

La répartition de l'espèce n'est pas homogène sur l'ensemble du quai étudié. Cette espèce est en effet majoritairement présente sur la partie ouest du site où la végétation présente en haut de berge (mégaphorbiaie) permet un bon éclairage du bas de berges. Le centre du site, où le boisement est le plus développé, engendre un ombrage trop important du pied de berge pour que l'espèce s'y développe. La partie à l'est du site est à nouveau colonisée par l'espèce qui s'y développe de façon plus localisée et avec des densités d'individus (tiges) assez faibles.

La station la plus intéressante (très forte densité d'individus) est située en contact avec la cale de mise à l'eau.

Les cartes suivantes indiquent la localisation des linéaires de berges colonisées par cette espèce. Les couleurs indiquent les densités d'individus.

Cartographie des stations de Scirpe triquètre et densité d'occupation



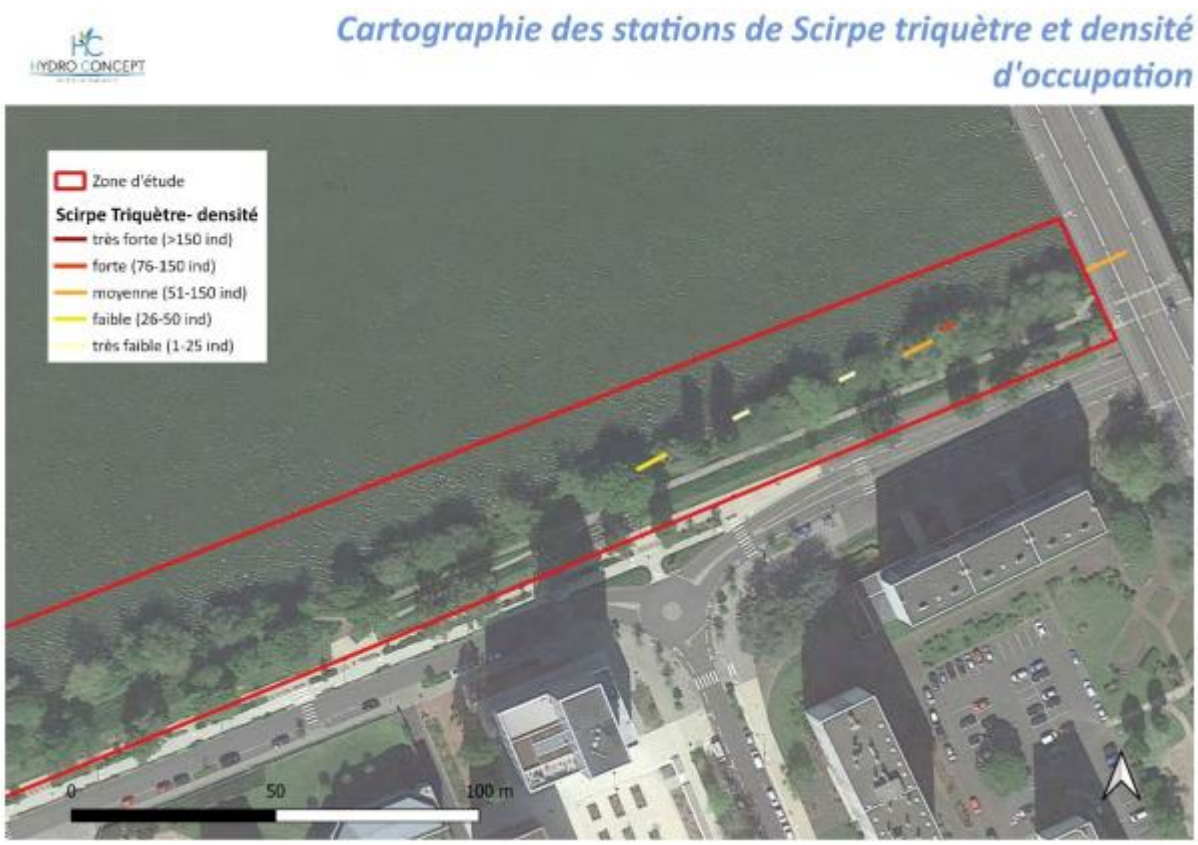


Figure 6-18 : Cartographie des stations de scirpe triquètre et densités d'individus au mètre linéaire.

- L'Angélique des estuaires

Nom scientifique de l'espèce	Nom vernaculaire de l'espèce	Protection réglementaire	ZNIEFF (PdL)	Niveau de menace France	Niveau de menace Région
Angelica heterocarpa	Angélique à fruits variés	Nationale	X	LC	NT

Statut : protection nationale - Arrêté du 20 janvier 1982 fixant la liste des espèces végétales protégées sur l'ensemble du territoire.

« Art. 1er. - Afin de prévenir la disparition d'espèces végétales menacées et de permettre la conservation des biotopes correspondants, sont interdits, en tout temps et sur tout le territoire métropolitain, la destruction, la coupe, la mutilation, l'arrachage, la cueillette ou l'enlèvement, le colportage, l'utilisation, la mise en vente, la vente ou l'achat de tout ou partie des spécimens sauvages des espèces citées à l'annexe I du présent arrêté. »

Les prospections de terrain ont confirmé les enjeux identifiés par la biobibliographie. L'angélique des estuaires est essentiellement présente sur la partie centrale et à l'est du site. L'espèce se développe sur le replat colonisé par les saules et recouvert ponctuellement lors des marées de vives eaux.

Cartographie des stations d'Angéliques des estuaires





Figure 6-19 : Localisation des stations d'Angélique des estuaires avec indication du stade de développement

Elles forment des stations localisées de quelques individus (jusqu'à 8 individus pour la station la plus conséquente). Les observations concernent majoritairement des pieds non fleuris. La faible luminosité semble être ici un facteur limitant. Les individus fleuris sont de petite taille (entre 1m et 1,5m de hauteur) et le nombre d'ombelles est faible.

Le site semble ainsi correspondre à une station-puits, telle que décrite par Lacroix et al (2014), avec une faible production de graines et un rôle secondaire dans la pérennisation de l'espèce au sein de l'estuaire.

C'est un total de 27 stations[1] (occupant un linéaire total de 77 mètres sur les 572 m concernés) qui sont colonisées par l'espèce avec un total de 113 individus dénombrés, dont 4 pieds fleuris, 46 pieds de plus de 50cm non fleuris (plants), et 63 pieds de moins de 50cm (plantules).

Patrimoine arborée

Les inventaires ont été réalisé en juillet 2024.

Les espèces arborées et arbustives sont inventoriées sur la zone d'étude de 400 mètres en partant du Pont Aristide Briand.

[1] Ici la station correspond à une observation localisée d'un individu, ou plusieurs présentant un stade de développement similaire.

Compte tenu de la taille du site à étudier, les quadrats ont été réalisés par tranche de 10 mètres le long du site du quai Doumergue. Chaque individu a été géolocalisé et cartographié.



Figure 6-20 : Localisation de l'emprise pour la cartographie des arbres et arbustes sur le quai Doumergue à Nantes

Au total, ce sont 18 espèces végétales qui ont été inventoriées. La liste complète des arbres et arbustes inventoriés avec leurs effectifs respectifs et leurs statuts de conservation est présentée ci-dessous. Les espèces en vert sont des espèces exotiques et en orange issu de cultivar. Le nombre total d'individus recensé est de 283.

NOM_VALID_TAXREFv14	Nom vernaculaire	Nombre individus observés	Liste rouge Pays de la Loire	Liste rouge France
Acer campestre L., 1753	Erable champêtre	3	LC	LC
Acer pseudoplatanus L., 1753	Erable sycomore	47	NA	LC
Alnus glutinosa (L.) Gaertn., 1790	Aulne glutineux	16	LC	LC
Cornus sanguinea L., 1753	Cornouiller sanguin	9	LC	LC
Fraxinus excelsior L., 1753	Frêne commun	65	LC	LC
Ligustrum vulgare L., 1753	Troène commun	2	LC	LC
Platanus occidentalis L., 1753	Platane d'Occident	9	NA	NA
Populus x canadensis Moench, 1785	Peuplier du Canada	9	NA	NA
Populus tremula L., 1753	Peuplier tremble	24	LC	LC
Prunus cerasus L., 1753	Prunier cerisier	5	NA	NA
Prunus laurocerasus L., 1753	Prunier laurier-cerise	1	NA	NA
Pterocarya fraxinifolia (Lam.) Spach, 1834	Noyer du Caucase	40	NA	NA
Pyracantha crenulata (D.Don) M.Roem., 1847	Pyracantha du Népal	1	NA	NA
Salix alba L., 1753	Saule blanc	5	LC	LC
Salix atrocinerea Brot., 1804	Saule gris cendré foncé	43	LC	LC
Tilia x europaea L., 1753	Tilleul d'Europe	1	NA	NA
Ulmus laevis Pall., 1784	Orme lisse	2	LC	LC
Ulmus minor Mill., 1768	Orme mineur	1	LC	LC
	Nombre d'espèces observées	**18**		

Espèce exotique
Espèce issue de cultivar

Sur les 18 espèces inventoriées sur la zone, 5 espèces sont exotiques, 1 espèce est issue de cultivar et 12 espèces sont locales.

Aucune espèce patrimoniale ou protégée n'a été identifiée lors de l'inventaire. Les quadrats avec la répartition des individus sont présentés sur les cartes ci-dessous.

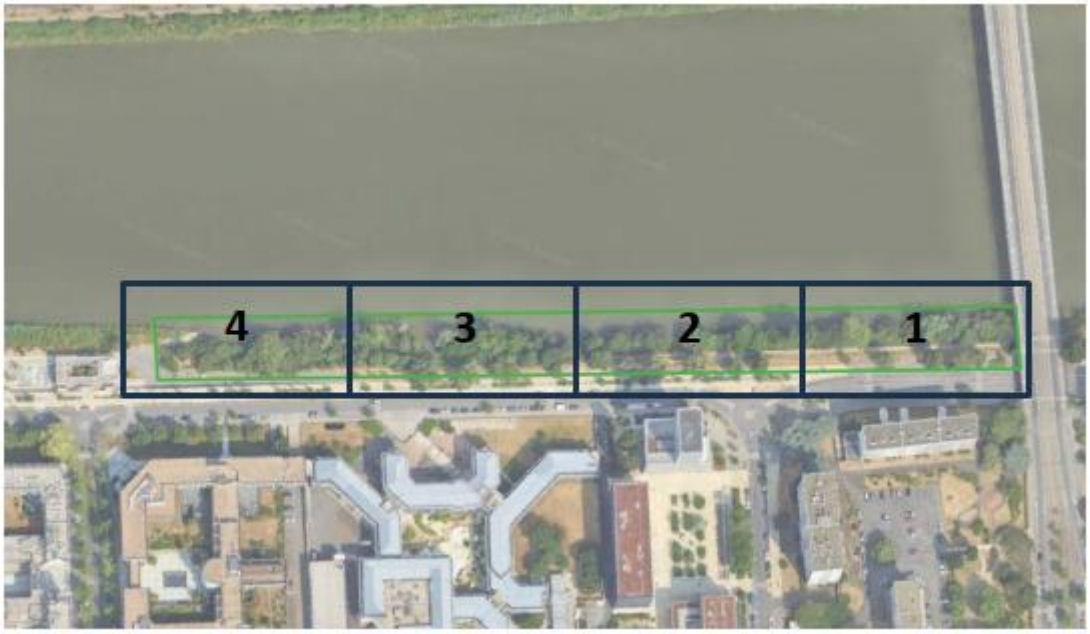


Figure 6-21 : Découpage des 4 cartes présentant la répartition des arbres et arbustes par quadrat de 10 m sur le quai Doumergue à Nantes

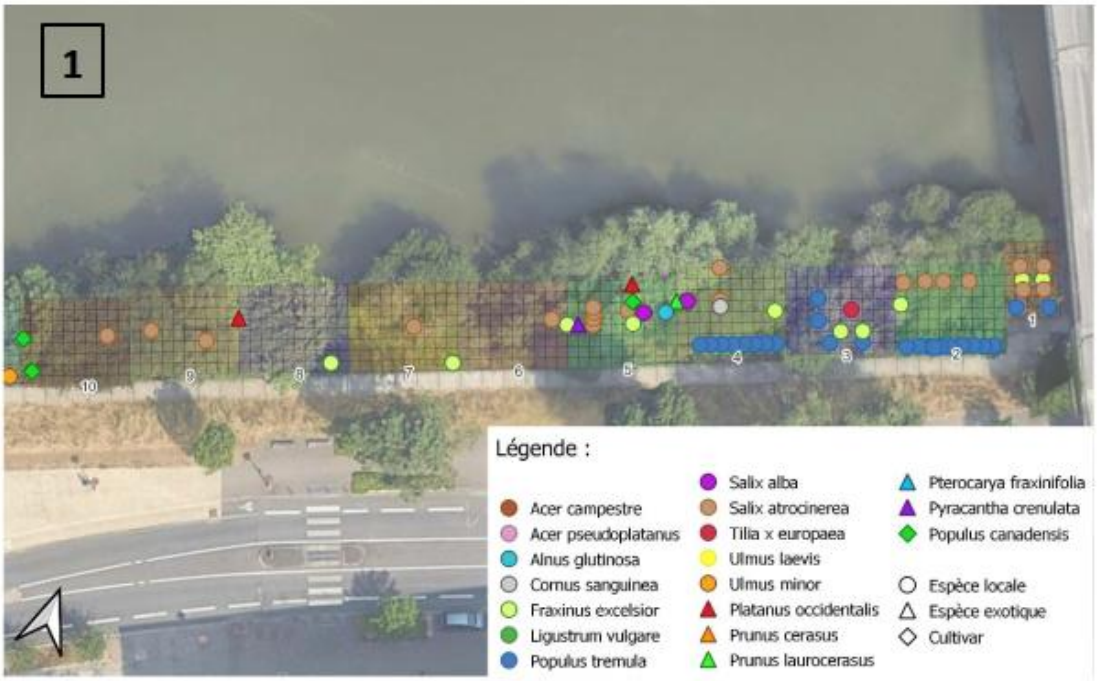


Figure 6-22 : Cartographie de la répartition des arbres et arbustes sur le quai Doumergue à Nantes (1)

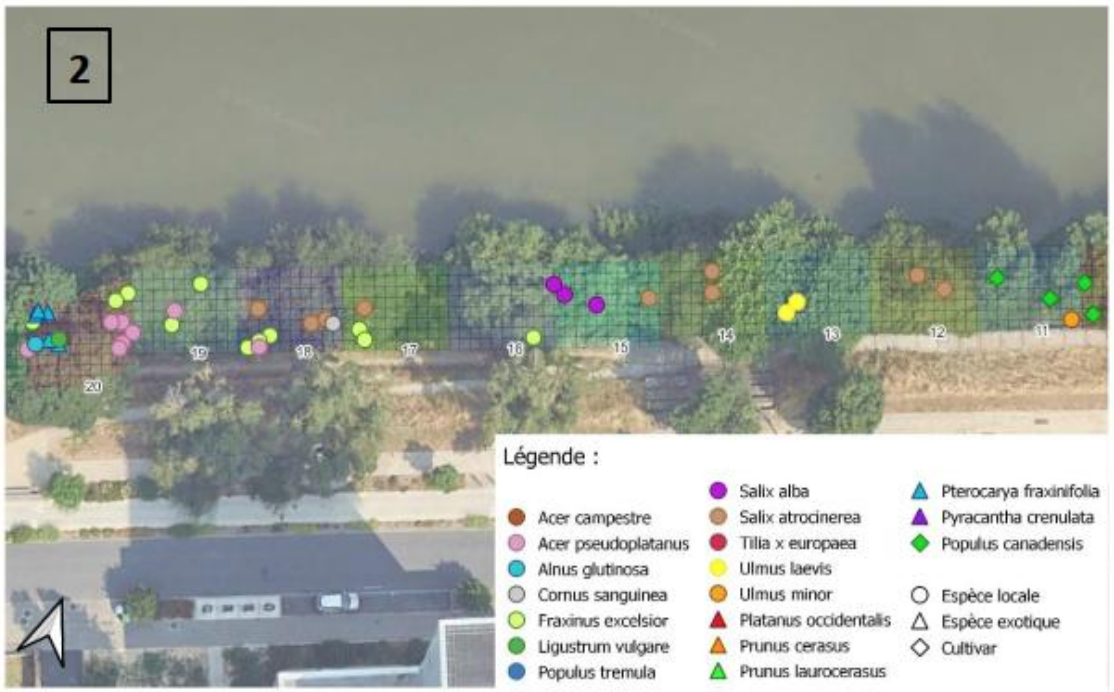


Figure 6-23 : Cartographie de la répartition des arbres et arbustes sur le quai Doumergue à Nantes (2)



Figure 6-24 : Cartographie de la répartition des arbres et arbustes sur le quai Doumergue à Nantes (3)

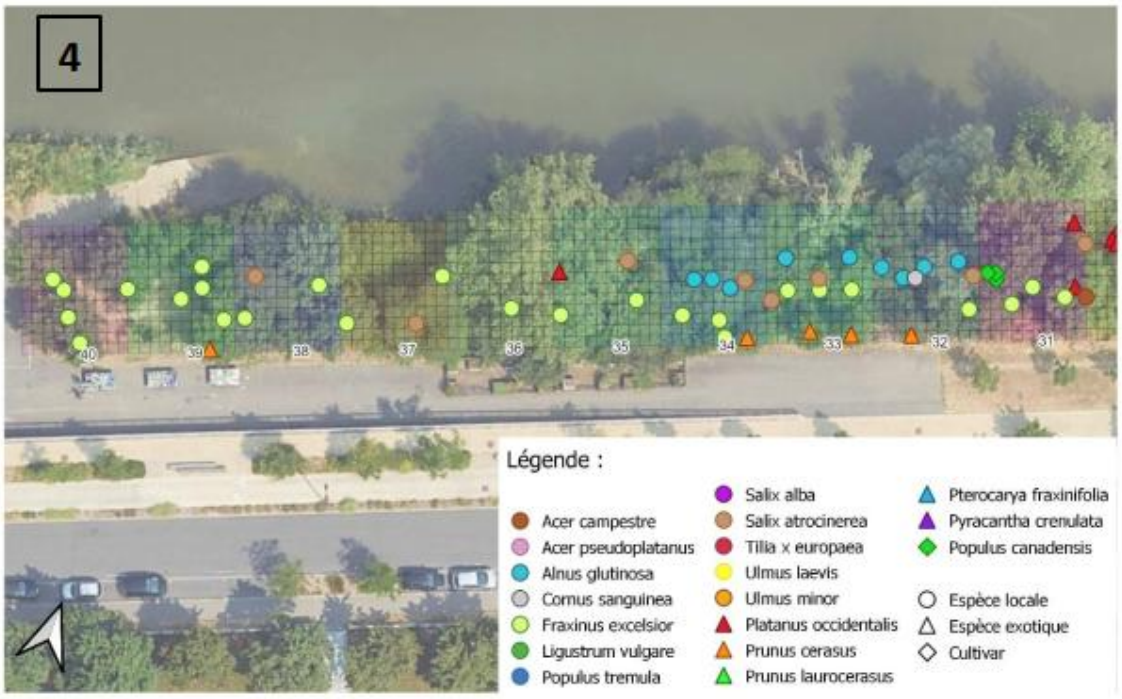


Figure 6-25 : Cartographie de la répartition des arbres et arbustes sur le quai Doumergue à Nantes (4)

Faune

Les prospections ont été réalisées en août 2023.

- Coléoptères saproxylophages

Aucun arbre du site ne présente de traces d'émergence ou autres indices de présence de coléoptères saproxylophages patrimoniaux.

Les espèces d'arbres en présence, notamment l'espèce dominante (*Salix atrocinerea*), ne correspondent pas aux habitats les plus couramment colonisés par le grand Capricorne, la Rosalie des Alpes, le Lucane Cerf-volant ou encore le pique prune qui affectionnent davantage les chênes, hêtres et frênes âgés ou sénescents.

En l'absence d'habitat favorable sur la zone étudiée, l'absence d'observation n'est donc pas étonnante. De fait, les enjeux sur ces espèces ne sont pas présents sur la zone d'étude.

- Mammifères semi-aquatiques

Aucun indice de présence n'a été décelé lors des prospections.

La zone d'étude ne présente pas d'intérêt pour ces espèces en raison de son contexte urbain et de milieux ne répondant pas les exigences écologiques des espèces visées.

Du fait des caractéristiques anthropiques de la zone d'étude, l'absence d'observation n'est pas étonnante. De fait, les enjeux sur les mammifères ne sont pas présents sur la zone d'étude.

- Chiroptères

Aucune cavité n'a été identifiée au sein des arbres du site.

Là encore, du fait d'un habitat dominant à saule roux, les potentialités de présence de cavités pour les chiroptères au sein des arbres sont faibles. Il n'est donc pas étonnant de ne pas avoir trouvé de gîte favorable pour les chauves-souris.

Les données bibliographiques indiquent la présence de colonie ou de gîtes à proximité. Il est donc fort probable que le site serve de zone de chasse.

Les enjeux sur les chiroptères sont nuls quant à la présence de gîte au sein du site d'étude.

- Reptiles

Au total, 1 espèce a été inventoriée dans la zone d'étude.

Nom scientifique de l'espèce	Nom vernaculaire de l'espèce	Prot. Nat.*	ZNIEFF (PdL)	Niveau de menace France	Niveau de menace Région
Podarcis muralis (Laurenti, 1768)	Lézard des murailles	X		LC	LC

Deux individus ont été observés à l'ouest du site à l'interface entre l'habitat de mégaphorbiaie et la zone aménagée pour le sport.

Aucune observation n'a été faite dans la partie centrale du site, ni à l'est. Les habitats fermés sont nettement moins favorables aux reptiles.

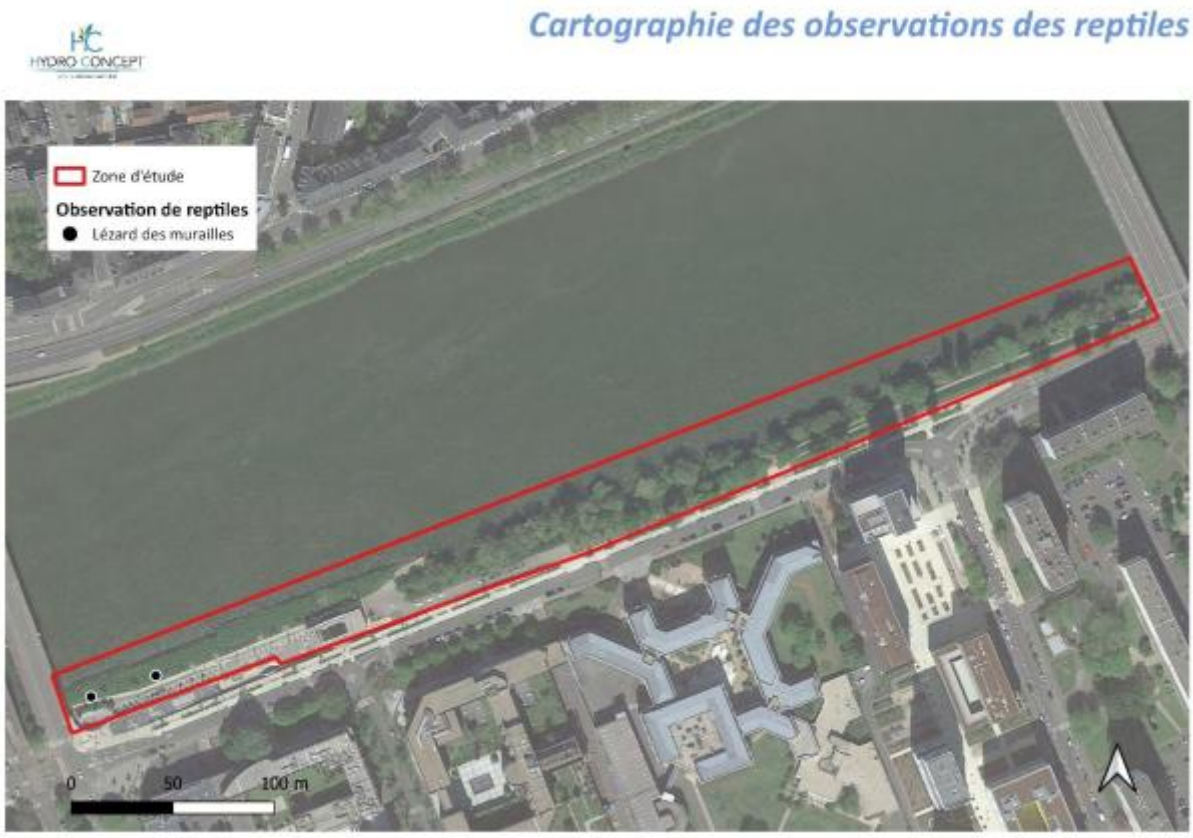


Figure 6-26 : Cartographie des observations de reptiles inventoriés sur site

Des enjeux sont présents pour les reptiles, mais ceux-ci se concentrent en périphérie immédiate des zones aménagées à l'ouest du site. Sur les habitats hygrophiles, par les travaux de restauration du quai, aucun enjeu n'a été identifié.

- Amphibiens

Ce groupe n'a pas fait l'objet de prospection à ce jour.

Du fait de la date de démarrage de l'étude (juillet 2023), la période favorable pour l'étude de l'occupation du site en période de reproduction était déjà passée (de mars à mai).

Bien qu'aucun suivi n'a été mis en œuvre, la visite du site et l'étude des habitats mettent en avant des caractéristiques non favorables à la présence d'amphibiens sur le site. Les débits de la Loire trop importants, la submersion régulière des habitats en berge et la salinité sont autant de conditions défavorables à la présence d'amphibiens sur le site.

- Avifaune

Les résultats des inventaires décrits ci-après sont ceux des prospections réalisées lors de trois passages, le 8 mars, le 21 mai et le 24 octobre 2024.

Au total, lors des trois passages, ce sont 23 espèces d'oiseaux qui ont été inventoriées. La liste complète des oiseaux inventoriés avec leurs effectifs respectifs et leurs statuts de conservation est présentée ci-dessous.

NOM_VALID_TAXREFv14	Nom vernaculaire	Effectif 08/03/2024	Effectif 21/05/2024	Effectif 24/10/2024	Liste rouge Pays de la Loire	Liste rouge France
Alcedo atthis (Linnaeus, 1758)	Martin pêcheur	-	-	1	LC	VU
Anas platyrhynchos Linnaeus, 1758	Canard colvert	3	-	-	LC	LC
Apus apus (Linnaeus, 1758)	Martinet noir	-	7	-	LC	NT
Calidris alpina (Linnaeus, 1758)	Bécasseau variable	-	-	1	NE	LC
Certhia brachydactyla C.L. Brehm, 1820	Grimpereau des jardins	1	-	-	LC	LC
Chroicocephalus ridibundus (Linnaeus, 1766)	Mouette rieuse	-	-	13	LC	NT
Columba livia Gmelin, 1789	Pigeon biset	7	13	4	LC	DD
Columba palumbus Linnaeus, 1758	Pigeon ramier	9	2	10	LC	LC
Corvus corone Linnaeus, 1758	Corneille noire	2	-	11	LC	LC
Corvus frugilegus Linnaeus, 1758	Corbeau freux	12	1	2	LC	LC
Cyanistes caeruleus (Linnaeus, 1758)	Mésange bleue	3	2	1	LC	LC
Erithacus rubecula (Linnaeus, 1758)	Rougegorge familier	1	2	4	LC	LC
Fringilla coelebs Linnaeus, 1758	Pinson des arbres	2	-	1	LC	LC
Gallinula chloropus (Linnaeus, 1758)	Poule d'eau	-	-	1	LC	LC
Garrulus glandarius (Linnaeus, 1758)	Geai des chênes	-	1	-	LC	LC
Parus major Linnaeus, 1758	Mésange charbonnière	2	3	3	LC	LC
Passer domesticus (Linnaeus, 1758)	Moineau domestique	-	2	-	LC	LC
Phylloscopus collybita (Vieillot, 1817)	Pouillot véloce	-	-	1	LC	LC
Pica pica (Linnaeus, 1758)	Pie bavarde	3	1	3	LC	LC
Prunella modularis (Linnaeus, 1758)	Accenteur mouchet	3	-	1	LC	LC
Sturnus vulgaris Linnaeus, 1758	Etourneau sansonnet	-	-	4	LC	LC
Troglodytes troglodytes (Linnaeus, 1758)	Troglodyte mignon	1	1	2	LC	LC
Turdus merula Linnaeus, 1758	Merle noir	2	3	2	LC	LC
	Nombre d'espèces observées	**14**	**12**	**18**		

Sur les 23 espèces inventoriées sur la zone d'étude, 22 sont classées en « préoccupation mineure » sur la Liste rouge des Pays de la Loire (PDL) et une espèce n'a pas de statut d'évaluation. Ces données indiquent que ces espèces sont relativement communes et que leur effectif reste suffisant pour la survie de l'espèce dans la région.

Néanmoins, le Martinet noir (*Apus apus*) et la Mouette rieuse (*Chroicocephalus ridibundus*) sont classés en « Quasi menacée » et le Martin-pêcheur (*Aceto atthis*) est classé en « Vulnérable » sur la Liste rouge France. Ainsi, la destruction intentionnelle des individus, de leur nid ou des zones nécessaires à la réalisation de leur cycle biologique est interdite.

Une espèce inscrite sur la liste des espèces déterminantes ZNIEFF pour les Pays de la Loire a été inventoriée. Il s'agit du Bécasseau variable (*Calidris alpina*). Celui-ci a été observé au niveau d'une cale au bord de la Loire.

Une seule espèce identifiée dans la synthèse bibliographique a été observée, il s'agit du Martin-pêcheur.

Ainsi, quatre espèces identifiées en mai et octobre au niveau du site, ont un statut de conservation dégradé soit à l'échelon national ou régional ou bien sont déterminantes ZNIEFF.

L'observation de la Mouette rieuse (Chroicocephalus ridibundus) et du Bécasseau variable (Calidris alpina) sur la zone d'étude du quai Doumergue en octobre n'est pas étonnante. Ce sont des oiseaux migrateurs et hivernants communs qui fréquentent tout ce type de lieux humides : cours d'eau, vasière côtière et littoral. La Mouette rieuse niche sur des milieux plus stagnants comme des étangs et des marais d'eau douce et le Bécasseau variable niche en Arctique et Europe du Nord.

Concernant le Martin-pêcheur (Aceto atthis) observé à l'automne, c'est un oiseau nicheur, migrateur, et hivernant peu commun ayant une densité de population plus faible dans les zones urbanisées. Il y a une augmentation des effectifs entre septembre et octobre correspondant à l'arrivée des migrateurs d'Europe. Cet oiseau niche dans de petites galeries en bord de berge des cours d'eau, habitat qui n'est pas présent sur le site.

Quant aux Martinets noirs (Apus apus), ils sont présents d'avril à la mi-juillet sur le territoire métropolitain et nichent sur les bâtiments des villes comme ceux de l'agglomération nantaise.

Pour ces quatre espèces d'oiseaux, leurs habitats préférentiels en période de nidification ne sont pas présents sur l'emprise même de la zone d'étude du quai Doumergue. Ils peuvent potentiellement utiliser ce site en période migratoire ou d'hivernage.

Les autres espèces inventoriées sont communes et une partie d'entre elles, protégées au niveau national, se reproduit potentiellement sur le site (au sein des zones arborées ou arbustives). Pour ces espèces, les enjeux se concentrent notamment sur la période de reproduction.

Enfin la zone d'étude est située au sein d'un corridor boisé discontinu qui borde la Loire. Elle fait partie de la zone de déplacement et d'alimentation des espèces avec une importance des milieux arborés et arbustifs qu'il conviendra de conserver au maximum lors des travaux.

Les enjeux sont faibles pour ce groupe faunistique.

Synthèse des enjeux réels

Les prospections de terrain effectué en 2023 et 2024 ont permis d'affiner les enjeux présents sur l'emprise du projet parmi ceux identifiés lors de la phase de bibliographie.

Groupe	Présence sur le site	Rareté/vulnérabilité	Niveau d'enjeux
Flore	Deux espèces végétales protégées sont présentes. Le scirpe triquètre (*Schoenoplectus triqueter*) est présent en pied de berge. Les principales stations sont à l'ouest du site et de petites stations sont également présentes à l'est. L'Angélique des estuaires (*Angelica heterocarpa*) est présente en haut de berge depuis le centre du site jusqu'à l'est. Les observations portent sur des individus relativement isolés. L'habitat de saulaie est dans son intégralité favorable à l'espèce.	Fort	Fort
Habitats	Un seul habitat montre en soi un intérêt communautaire, il s'agit de la mégaphorbiaie occupant l'ouest du site (et les quelques patchs sur le reste de la zone d'étude)	Moyen	Moyen
Avifaune	Les suivis ont montré une fréquentation du site par 23 espèces. Les espèces présentant un enjeu en raison des menaces sur leur population sont au nombre de 4. Leur biologie permet cependant d'indiquer que le site est essentiellement utilisé de manière ponctuelle au sein de leur aire de nutrition, mais il n'y a pas de reproduction possible de ces espèces au sein du Quai Doumergue. Les autres espèces inventoriées sont communes et une partie d'entre elles, protégées au niveau national, se reproduisent potentiellement sir le site (au sein des zones arborées ou arbustives. Pour ces espèces, les enjeux se concentrent notamment sur la période de reproduction.	Faible	Moyen
Reptiles	Deux individus de lézard de murailles ont été observés à l'ouest du site à proximité des zones aménagées.	Faible	Faible
Amphibiens	Aucun suivi n'a été mené, mais les caractéristiques du site ne permettent pas d'accueillir d'amphibiens		Nul
Mammifères Semi-aquatique	Aucun indice de présence n'a été observé. L'implantation du site en contexte urbain n'est pas favorable à la présence des espèces patrimoniale.		Nul
Chiroptères	Aucun gîte (cavité arboricole) n'a été décelé sur la zone d'étude. Une utilisation du site en zone de chasse est très probable		Faible
Insectes	Aucune trace de présence des coléoptères saproxylophages patrimoniaux n'a été constatée. Les autres groupes d'insectes n'ont pas l'objet de suivi, mais les caractéristiques du site sont limitantes.		Nul

Mesure ERC

Le détail des mesures ERC fera l'objet d'un autre document une fois les caractéristiques du projet pleinement arrêtés et la définition précise des impacts menée. Les grandes lignes de ces mesures sont toutefois décrites ci-dessous.

- Scirpe triquètre

Les impacts du projet porteront sur :

- la destruction d'individu,
- la destruction d'habitat.

L'évitement ne peut être réalisé, car la nécessité des travaux relève de problématique de sécurité des personnes.

La réduction peut porter au ciblage le plus précis des zones de travaux de façon à limiter au maximum leurs emprises sur le linéaire de berge. Un impact résiduel sera toutefois encore présent.

Des mesures de compensation doivent être définies pour les 2 impacts identifiés.

Concernant la destruction d'habitat, le projet va générer un impact temporaire de l'habitat. Dans la mesure des contraintes physiques liées à la stabilité et la pérennité de l'ouvrage dans le temps, le nouveau profil des berges doit permettre de recréer, au maximum, une zone d'implantation des ceintures de scirpes halophiles. Le profil retenu doit avoir une capacité de rétention des vases afin de recréer un substrat favorable aux développements des individus.

Concernant la destruction des individus, les mesures de compensations doivent inclure la transplantation des individus en dehors des périodes de croissance, floraison et fructification, soit entre mars et septembre /octobre. La récolte des individus doit s'effectuer dès octobre avant la disparition des parties aériennes. Les prélèvements doivent se faire par motte en maintenant les rhizomes dans leur substrat par action mécanique ou manuelle selon le contexte.

Les mottes ainsi prélevées doivent être replantées à proximité au même niveau topographique, soit en pied de berge. Les zones de réimplantation doivent être préparées en amont de l'opération. Les lieux de réimplantation seront précisés dans le prochain document.

Il est important de conserver des zones sources à proximité.

- Angélique des estuaires

Les impacts du projet porteront sur :

- la destruction d'individus,
- la destruction d'habitat.

L'évitement ne peut être réalisé, car la nécessité des travaux relève de problématique de sécurité des personnes.

La réduction peut porter au ciblage le plus précis des zones de travaux de façon à l'imiter au maximum leur emprise sur le linéaire de berge. Un impact résiduel sera toutefois encore présent.

Des mesures de compensation doivent donc être définies pour les 2 impacts identifiés.

Concernant la destruction d'habitat, le projet va générer un impact temporaire de l'habitat. Dans la mesure des contraintes physiques liées à la stabilité et la pérennité de l'ouvrage dans le temps, le nouveau profil des berges doit permettre au maximum, de recréer une zone d'implantation des mégaphorbiaies, ou habitats de saulaies au niveau de positionnement topographique équivalent. La présence de zone plus ouverte après projet pourrait s'avérer bénéfique avec une meilleure capacité de production de graine (dans un temps long). Dans ce contexte, les données issues de l'inventaire du patrimoine boisé peuvent être utilisées pour cibler les travaux de gestion de la végétation à mener. Dans certains cas, il pourrait s'avérer plus judicieux d'arracher un individu de Saule roux, que de le couper au risque de densifier le couvert arbustif et donc de réduire les capacités d'accueil pour l'Angélique des estuaires.

Concernant la destruction des individus, les mesures de compensations doivent inclure la transplantation des individus en dehors des périodes de croissance, floraison et fructification, soit en période de repos végétatif (de septembre à mars).

Le site devra tout d'abord être visité au mois de juillet afin de repérer et numéroter tous les individus et différencier ceux en floraison des autres. Seulement les individus non en floraison seront à prélever.

Afin de maximiser les chances de survie des individus, la transplantation doit se faire en motte.

Les individus seront replantés sur site. Il convient donc de prévoir un lieu d'accueil pendant la phase de travaux et dans les conditions favorables à l'espèce (cf guide du savoir-faire et bonne pratique).

La période du 1er novembre au 15 mars sera à respecter impérativement, pour la replantation également.

Pour les individus en floraison, les graines pourront être prélevées afin d'être disséminées sur le site après réalisation des travaux.

Les mottes ainsi prélevées doivent être replantées à proximité au même niveau topographique, soit en haut de berge occasionnellement inondée. Les zones de réimplantation doivent être préparées en amont de l'opération. Les lieux de réimplantation seront précisés dans le prochain document.

- Avifaune

Les enjeux identifiés portent majoritairement sur la période de reproduction d'espèces communes en contexte urbain.

Les travaux devront ainsi être menés hors période de reproduction soit entre août et mars.

La zone du projet est également localisée au sein d'un corridor boisé discontinu le long de la Loire. La définition des interventions doit essayer de conserver un maximum d'individus d'arbres et arbustes afin de conserver des parties arborées et les fonctions de corridors de la zone. L'emploi des données de l'inventaire du patrimoine boisé va permettre de cibler précisément les interventions et les essences concernées.

Les interventions devront au maximum privilégier les coupes par rapport à l'arrachage, notamment sur les essences arbustives et chercher à conserver les plus vieux individus notamment de Saule blancs.

Par ailleurs, la dominance de Saule roux dans le peuplement assure des repousses rapides et un impact temporaire sur cette thématique.

- Reptiles

Bien que des observations aient été faites, le projet ne concerne pas la zone où les individus ont été observés.

7 PROCEDURES APPLICABLES AU PROJET

7.1 CODE DE L'ENVIRONNEMENT

7.1.1 PROCEDURES AU TITRE DE LA LOI SUR L'EAU

Le projet des travaux de restauration de la berge du quai Doumergue s'inscrit en milieu fluvial et peut affecter le milieu naturel. Ces travaux entrent donc dans le champ d'application des articles L.214-1 à L.214-6 du Code de l'environnement et des rubriques de la nomenclature IOTA au titre de l'article R214-1 du Code de l'environnement.

Les tableaux ci-après détaille les rubriques susceptibles d'être levées par le présent projet.

Titres des rubriques			
Titre de rubriques	**Intitulé**	**Projet concerné**	**Commentaires**
TITRE I	Prélèvements	Non Concerné	Aucun prélèvement n'est prévu dans le cadre du projet
TITRE II	Rejets	Non Concerné	Aucun rejet n'est prévu dans le cadre du présent projet
TITRE III	**Impacts sur le milieu aquatique ou sur la sécurité publique**	**Concerné**	**Certaines rubriques sont concernées : voir détail ci-après.**
TITRE IV	Impacts sur le milieu marin	Non Concerné	Le projet ne prévoit pas de travaux en milieu marin
TITRE V	Régimes d'autorisation valant autorisation au titre des articles l. 214-1 et suivants du code de l'environnement	Non Concerné	Le projet ne concerne pas des travaux ces items

Tableau 7-1 : Titres des rubriques concernées par le projet

Le projet va concerner le titre III des rubriques de la Loi sur l'eau. Les différentes rubriques de ce titre sont détaillées dans le paragraphe ci-après.

Les potentielles eaux de rejet en phase chantier représentant une faible quantité au regard de la rubrique 2.2.1.0., cette dernière n'est pas prise en compte :

« Rejet d'eaux pluviales dans les eaux douces superficielles ou sur le sol ou dans le sous-sol, la surface totale du projet, augmentée de la surface correspondant à la partie du bassin naturel dont les écoulements sont interceptés par le projet, étant :

1° Supérieure ou égale à 20 ha (A) ;

2° Supérieure à 1 ha mais inférieure à 20 ha (D). »

Cette rubrique n’est pas retenue au vu de la surface recevant la base-vie, qui sera installée sur des secteurs déjà aménagés auprès de la zone de travaux, mais aussi au regard des conditions de réalisation qui laissent le libre écoulement des eaux des eaux du plan d’eau.

La rubrique 2.1.5.0 n’est pas retenue au vu des terrains environnants et de la possibilité d’installer la base de vie sur des terrains déjà aménagés et pour une surface inférieure à 1 ha.

Le tableau ci-après détaille les rubriques du Titre III de l’article R214-1 concernées ou non par le présent projet :

Rubriques étudiés					
Type/ Code rubriques	**Intitulé**	**Classes**	**Procédure**	**Projet concerné**	**Commentaires**
Titre III	**IMPACTS SUR LE MILIEU AQUATIQUE OU SUR LA SÉCURITÉ PUBLIQUE**				
3. 1. 1. 0.	Installations, ouvrages, remblais et épis, dans le lit mineur d'un cours d'eau, constituant :				
	1° Un obstacle à l'écoulement des crues (A) ;		Autorisation	Non concerné	Les travaux concernent uniquement la rive gauche et ne constituent pas d'obstacle à l'écoulement des crues ou une rupture à la continuité écologique. Cette rubrique n'est pas retenue pour ces travaux.
	2° Un obstacle à la continuité écologique : Au sens de la présente rubrique, la continuité écologique des cours d'eau se définit par la libre circulation des espèces biologiques et par le bon déroulement du transport naturel des sédiments.	a) Entraînant une différence de niveau supérieure ou égale à 50 cm, pour le débit moyen annuel de la ligne d'eau entre l'amont et l'aval de l'ouvrage ou de l'installation (A) ;	Autorisation	Non concerné	
		b) Entraînant une différence de niveau supérieure à 20 cm mais inférieure à 50 cm pour le débit moyen annuel de la ligne d'eau entre l'amont et l'aval de l'ouvrage ou de l'installation	Déclaration	Non concerné	
3. 1. 2. 0.	Installations, ouvrages, travaux ou activités conduisant à modifier le profil en long ou le profil en travers du lit mineur d'un cours d'eau, à l'exclusion de ceux visés à la rubrique 3. 1. 4. 0, ou conduisant à la dérivation d'un cours d'eau : Le lit mineur d'un cours d'eau est l'espace recouvert par les eaux coulant à pleins bords avant débordement	1° Sur une longueur de cours d'eau supérieure ou égale à 100 m	Autorisation	Non concerné	La mise en place des enrochements de consolidation de berges va modifier le profil en travers du lit mineur du bras de la Madeleine. S'agissant des travaux de restauration d'une protection de berge, ils sont concernés par la rubrique 3.1.4.0.
		2° Sur une longueur de cours d'eau inférieure à 100 m	Déclaration	Non concerné	
3. 1. 3. 0.	Installations ou ouvrages ayant un impact sensible sur la luminosité nécessaire au maintien de la vie et de la circulation aquatique dans un cours d'eau sur une longueur :	1° Supérieure ou égale à 100 m	Autorisation	Non concerné	Les travaux ne modifient pas la luminosité sur le cours d'eau. Cette rubrique n'est pas retenue pour ces travaux.
		2° Supérieure ou égale à 10 m et inférieure à 100 m	Déclaration	Non concerné	
3. 1. 4. 0	Consolidation ou protection des berges, à l'exclusion des canaux artificiels, par des techniques autres que végétales vivantes :	**1° Sur une longueur supérieure ou égale à 200 m**	**Autorisation**	**Concerné**	Les travaux concernent la restauration de la protection de berge existante le long du quai Doumergue sur un linéaire égale à 200 m Cette rubrique est retenue pour ces travaux : Autorisation.
		2° Sur une longueur supérieure ou égale à 20 m mais inférieure à 200 m (D).	Déclaration	Non concerné	

3. 1. 5. 0.	Installations, ouvrages, travaux ou activités, dans le lit mineur d'un cours d'eau, étant de nature à détruire les frayères, les zones de croissance ou les zones d'alimentation de la faune piscicole, des crustacés et des batraciens, ou dans le lit majeur d'un cours d'eau, étant de nature à détruire les frayères de brochet :	1° Destruction de plus de 200 m^2 de frayères (A) ;	Autorisation	Non concerné	Les travaux ne concernent pas de zone de frayères ou de zones susceptibles de porter atteinte à la faune aquatique présente (enrochement et envasement de la zone à restaurer). Cette rubrique n'est pas retenue pour ces travaux.
		2° Dans les autres cas (D).	Déclaration	Potentiellement concerné	
3.2.1.0	Entretien de cours d'eau ou de canaux, à l'exclusion de l'entretien visé à l'article L. 215-14 réalisé par le propriétaire riverain, des dragages visés à la rubrique 4.1.3.0 et de l'entretien des ouvrages visés à la rubrique 2.1.5.0, le volume des sédiments extraits étant au cours d'une année	1° Supérieur à 2 000 m^3 (A) ; 2° Inférieur ou égal à 2 000 m^3 dont la teneur des sédiments extraits est supérieure ou égale au niveau de référence S1 (A) ;	Autorisation	Non concerné	Aucune extraction de matériaux en cours d'eau ou en canal n'est prévue sur ce chantier. Cette rubrique n'est pas retenue pour ces travaux.
		3° Inférieur ou égal à 2 000 m^3 dont la teneur des sédiments extraits est inférieure au niveau de référence S1 (D).	Déclaration	Non concerné	
3. 2. 2. 0.	Installations, ouvrages, remblais dans le lit majeur d'un cours d'eau : (Au sens de la présente rubrique, le lit majeur du cours d'eau est la zone naturellement inondable par la plus forte crue connue ou par la crue centennale si celle-ci est supérieure. La surface soustraite est la surface soustraite à l'expansion des crues du fait de l'existence de l'installation ou ouvrage, y compris la surface occupée par l'installation, l'ouvrage ou le remblai dans le lit majeur)	1° Surface soustraite supérieure ou égale à 10 000 m2 (A) ;	Autorisation	Non concerné	Les travaux ne concernent pas des ouvrages en lit majeur. Cette rubrique n'est pas retenue pour ces travaux.
		2° Surface soustraite supérieure ou égale à 400 m2 et inférieure à 10 000 m2 (D).	Déclaration	Non concerné	
3.2.3.0.	Plans d'eau, permanents ou non (*Ne constituent pas des plans d'eau au sens de la présente rubrique les étendues d'eau réglementées au titre des rubriques 2.1.1.0., 2.1.5.0. et 3.2.5.0. de la présente nomenclature, ….* *Les modalités de vidange de ces plans d'eau sont définies dans le cadre des actes délivrés au titre de la présente rubrique)*	1° Dont la superficie est supérieure ou égale à 3 ha	Autorisation	Non concerné	Les travaux ne concernent pas de plan d'eau. Cette rubrique n'est donc pas retenue.
		2° Dont la superficie est supérieure à 0,1 ha mais inférieure à 3 ha	Déclaration	Non concerné	

3.2.5.0.	Barrage de retenue et ouvrages assimilés relevant des critères de classement prévus par l'article R. 214-112 (*Les modalités de vidange de ces ouvrages sont définies dans le cadre des actes délivrés au titre de la présente rubrique*)		Autorisation	Non concerné	Les travaux ne concernent pas de barrage. Cette rubrique n'est donc pas retenue.
3.2.6.0.	Ouvrages construits ou aménagés en vue de prévenir les inondations et les submersions :	Système d'endiguement au sens de l'article R. 562-13	Autorisation	Concerné	Les travaux ne concernent pas de système d'endiguement ou d'aménagement hydraulique. Cette rubrique n'est donc pas retenue.
		Aménagement hydraulique au sens de l'article R. 562-18	Autorisation	Non concerné	
3. 3. 1. 0.	Assèchement, mise en eau, imperméabilisation, remblais de zones humides ou de marais, la zone asséchée ou mise en eau étant :	1° Supérieure ou égale à 1 ha (A) ;	Autorisation	Non concerné	Aucune modification des terrains n'est prévue à l'issue des travaux sur le secteur du quai Doumergue. Cette rubrique n'est pas retenue.
		2° Supérieure à 0,1 ha, mais inférieure à 1 ha (D).	Déclaration	Non concerné	
3.3.5.0.	Travaux mentionnés ci-après ayant uniquement pour objet la restauration des fonctionnalités naturelles des milieux aquatiques, y compris les ouvrages nécessaires à la réalisation de cet objectif (D) : 1° Arasement ou dérasement d'ouvrages relevant de la présente nomenclature, notamment de son titre III, lorsque : a) Ils sont implantés dans le lit mineur des cours d'eau, sauf s'il s'agit de barrages classés en application de l'article R. 214-112 ; b) Il s'agit d'ouvrages latéraux aux cours d'eau, sauf s'ils sont intégrés à un système d'endiguement, au sens de l'article R. 562-13, destiné à la protection d'une zone exposée au risque d'inondation et de submersion marine ; c) Il s'agit d'ouvrages ayant un impact sur l'écoulement de l'eau ou les milieux aquatiques autres que ceux mentionnés aux a et b, sauf s'ils sont intégrés à des aménagements hydrauliques, au sens de l'article R. 562-18, ayant pour vocation la diminution de l'exposition aux risques d'inondation et de submersion marine ; 2° Autres travaux : a) Déplacement du lit mineur pour améliorer la fonctionnalité du cours d'eau ou rétablissement de celui-ci dans son talweg ; b) Restauration de zones humides ou de marais ; c) Mise en dérivation ou suppression d'étangs ; d) Revégétalisation des berges ou reprofilage améliorant leurs fonctionnalités naturelles ; e) Reméandrage ou restauration d'une géométrie plus fonctionnelle du lit du cours d'eau ;		Déclaration	Non concerné	Les travaux ne concernent pas une restauration du cours d'eau ou de milieu aquatique. Cette rubrique n'est pas retenue.

	f) Reconstitution du matelas alluvial du lit mineur du cours d'eau ; g) Remise à ciel ouvert de cours d'eau artificiellement couverts ; h) Restauration de zones naturelles d'expansion des crues. La présente rubrique est exclusive des autres rubriques de la nomenclature. Elle s'applique sans préjudice des obligations relatives à la remise en état du site et, s'il s'agit d'ouvrages de prévention des inondations et des submersions marines, à leur neutralisation, qui sont prévues par les articles L. 181-23, L. 214-3-1 et L. 562-8-1, ainsi que des prescriptions susceptibles d'être édictées pour leur application par l'autorité compétente. Ne sont pas soumis à la présente rubrique les travaux mentionnés ci-dessus n'atteignant pas les seuils rendant applicables les autres rubriques de la nomenclature.			

La rubrique 3.1.4.0 est susceptible d'être mobilisée sur la base des travaux retenus au regard des rubriques IOTA. Sans reconnaissance d'antériorité de la protection de berges, la procédure envisagée est l'autorisation environnementale au regard du linéaire de protection de berges à restaurer.

7.1.2 EVALUATION ENVIRONNEMENTALE AU TITRE DU R122-2 DU CE

L'application de l'article R122-2 du Code de l'environnement et de son annexe, relatif à la mise en œuvre d'une évaluation environnementale, de façon systématique ou après un examen au cas par cas, et en application du II de l'article L. 122-1, ne soumet pas le projet à évaluation environnementale systématique.

« Article R122-2

I. – Les projets relevant d'une ou plusieurs rubriques énumérées dans le tableau annexé au présent article font l'objet d'une évaluation environnementale, de façon systématique ou après un examen au cas par cas, en application du II de l'article L. 122-1, en fonction des critères et des seuils précisés dans ce tableau …

II. – Les modifications ou extensions de projets déjà autorisés, qui font entrer ces derniers, dans leur totalité, dans les seuils éventuels fixés dans le tableau annexé ou qui atteignent en elles-mêmes ces seuils font l'objet d'une évaluation environnementale ou d'un examen au cas par cas.

Les autres modifications ou extensions de projets soumis à évaluation environnementale systématique ou relevant d'un examen au cas par cas, qui peuvent avoir des incidences négatives notables sur l'environnement sont soumises à examen au cas par cas.

Sauf dispositions contraires, les travaux d'entretien, de maintenance et de grosses réparations, quels que soient les projets auxquels ils se rapportent, ne sont pas soumis à évaluation environnementale … ».

Si les travaux de restauration de la protection de berge ne sont pas considérés comme de grosses réparations, ils sont soumis à une demande d'examen au cas par cas au titre de la rubrique 10 - Canalisation et régularisation des cours d'eau :

> « **Ouvrages de canalisation, de reprofilage et de régularisation des cours d'eau s'ils entraînent une artificialisation du milieu sous les conditions de respecter les critères et seuils suivants :**
>
> … **- consolidation ou protection des berges, par des techniques autres que végétales vivantes sur une longueur supérieure ou égale à 200 m** ».

7.1.3 PORTE A CONNAISSANCE AU TITRE DU R181-46

Pour certains travaux ne modifiant pas de façon substantielle un ouvrage ou sans impact significatif sur son environnement, l'article L181-14 permet de définir une procédure qui modifie les conditions d'instruction des travaux sur des ouvrages autorisés :

> *« … En dehors des modifications substantielles, toute modification notable intervenant dans les mêmes circonstances est portée à la connaissance de l'autorité administrative compétente pour délivrer l'autorisation environnementale dans les conditions définies par le décret prévu à l'article L. 181-31. … »*

Deux articles traduisent cet article législatif L181-14. Il s'agit du 2° du R181-46 :

> *«… II. – **Toute autre modification notable apportée aux activités, installations, ouvrages et travaux autorisés, à leurs modalités d'exploitation ou de mise en œuvre ainsi qu'aux autres équipements, installations et activités mentionnés au dernier alinéa de l'article L. 181-1 inclus dans l'autorisation doit être portée à la connaissance du préfet, avant sa réalisation**, par le bénéficiaire de l'autorisation avec tous les éléments d'appréciation. ….»,*

et du 2° de l'article R122-2 :

> *« … II. – …**Sauf dispositions contraires, les travaux d'entretien, de maintenance et de grosses réparations, quels que soient les projets auxquels ils se rapportent, ne sont pas soumis à évaluation environnementale** ».*

Les travaux de restauration de la protection de berges peuvent s'apparenter à des travaux de grosses réparations dès lors qu'ils ne constituent pas des modifications substantielles des ouvrages.

Cependant, **l'ancienneté des protections de berges ne permet pas de définir la régularité de ces ouvrages au regard de l'antériorité à loi sur l'eau et nécessiterait *a minima* une reconnaissance préalable à ce titre**.

De plus, les enjeux autour d'espèces protégées rivulaires (comme l'angélique des estuaires et le Scirpe Triquètre) peut soumettre ce projet à une levée de la clause filet (R122-2-1 du CE) et ainsi soumettre ce projet à une demande d'examen au cas par cas :

> *« I.-L'autorité compétente soumet à l'examen au cas par cas prévu au IV de l'article L. 122-1 tout projet, y compris de modification ou d'extension, situé en deçà des seuils fixés à l'annexe de l'article R. 122-2 et dont elle est la première saisie, que ce soit dans le cadre d'une procédure d'autorisation ou d'une déclaration, lorsque ce projet lui apparaît susceptible d'avoir des incidences notables sur l'environnement ou la santé humaine au regard des critères énumérés à l'annexe de l'article R. 122-3-1.* ».

7.1.4 SITE NATURA 2000

Conformément aux dispositions de l'article R.414-19 du Code de l'Environnement, le projet fait l'objet d'une évaluation des incidences sur les sites Natura 2000 s'il nécessite une autorisation ou une déclaration.

Article R414-19 :

> « *I. – La liste nationale des documents de planification, programmes ou projets ainsi que des manifestations et interventions qui doivent faire l'objet d'une évaluation des incidences sur un ou plusieurs sites Natura 2000 en application du 1° du III de l'article L. 414-4 est la suivante :*
> *…*
> *3° Les projets soumis à évaluation environnementale au titre du tableau annexé à l'article R. 122-2*
> *4° **Les installations, ouvrages, travaux et activités soumis à autorisation ou déclaration au titre des articles L. 214-1 à L. 214-11 ;***
> *…*
> *II. – Sauf mention contraire, les documents de planification, programmes, projets, manifestations ou interventions listés au I sont soumis à l'obligation d'évaluation des incidences Natura 2000, que le territoire qu'ils couvrent ou que leur localisation géographique soient situés ou non dans le périmètre d'un site Natura 200*0. »

Le projet entre dans une procédure d'autorisation (protection de berges). La Loire étant sur ce secteur en site NATURA 2000, un dossier spécifique sera nécessaire et rédigé selon les termes de l'article R414-23 du CE.

> « *Le dossier d'évaluation des incidences Natura 2000 est établi, … s'il s'agit d'un programme, d'un projet ou d'une intervention, par le maître d'ouvrage ou le pétitionnaire, …*
>
> *Cette évaluation est proportionnée à l'importance du document ou de l'opération et aux enjeux de conservation des habitats et des espèces en présence… ».*

Le contenu du dossier est défini à l'article R414-23 et il est « *proportionnée à l'importance de l'opération et aux enjeux de conservation des habitats et des espèces en présence* ».

Cependant, le contenu de ce dossier peut se limiter à un dossier simplifié dès lors qu'une première analyse permet de conclure à l'absence d'incidence sur tout site Natura 2000 (article R414-21) dès la demande d'examen cas par cas :

- Une présentation simplifiée d'une description du projet, accompagnée d'une carte permettant de localiser l'espace terrestre sur lequel il peut avoir des effets et les sites Natura 2000 susceptibles d'être concernés par ces effets ; lorsque des travaux, ouvrages ou aménagements sont à réaliser dans le périmètre d'un site Natura 2000, un plan de situation détaillé est fourni ;

- Un exposé sommaire des raisons pour lesquelles le projet est ou non susceptible d'avoir une incidence sur le site Natura 2000 ; cet exposé précise la liste des sites Natura 2000 susceptibles d'être affectés, compte tenu de la nature et de l'importance du projet, de sa localisation dans le site Natura 2000 ou de la distance qui le sépare du ou des sites Natura 2000, de la topographie, de l'hydrographie, du fonctionnement des écosystèmes, des caractéristiques du ou des sites Natura 2000 et de leurs objectifs de conservation.

7.1.5 DEROGATION AUX ESPECES PROTEGEES

La démarche mise en œuvre pour réaliser les travaux visera à s'inscrire dans l'évitement de la destruction, mais en absence d'alternative, une demande de dérogation aux espèces protégées peut être nécessaire.

Le projet peut nécessiter le déplacement et la destruction de pieds d'Angéliques des estuaires (*Angelica heterocarpa L.*), espèce endémique à forte valeur patrimoniale, figurant sur la liste nationale et protégée au titre de la directive habitats, ou de Scirpe Triquètre.

La procédure pour déroger à l'article L411-1 et suivants du code de l'environnement s'inscrit dans les articles R411-6 à R411-13-2 qui définissent les modalités de mise en œuvre de cette procédure.

7.2 CODE DE L'URBANISME

Dans le cadre de ces travaux, aucun permis de construire ou autorisation au titre de ce code n'est nécessaire.

7.3 SITES CLASSES OU INSCRITS AUX MONUMENTS HISTORIQUES

Aucun site classé ne se situe à proximité des zones de restauration des protections de berge.

7.4 CODE FORESTIER

Les routes d'accès existent et des espaces ouverts permettent d'accueillir les installations de chantier. Les zones de travaux sont déjà exempts de boisements. A ce stade, un défrichement ne semble pas obligatoire pour réaliser les travaux.

En absence de déboisement, il ne sera pas nécessaire de passer par une autorisation de défrichement selon les articles L341-1 et 2 du code forestier, dossier établi selon l'article R341-1 du code forestier.

7.5 AUTORISATION DPF

L' Article L2124-7-1 du Code général de la propriété des personnes publiques prévoit que :

« *L'Etat peut conclure avec une collectivité territoriale ou un groupement de collectivités territoriales une convention ayant pour objet l'aménagement, l'entretien et l'exploitation de son domaine public fluvial en vue d'assurer sa valorisation. …*

La convention confère, …, un droit réel sur les ouvrages, les constructions et les installations que la collectivité territoriale ou le groupement de collectivités territoriales réalise pour l'exercice des missions prévues par la convention.

Elle fixe en particulier :

1° Les conditions de l'aménagement, de l'entretien et de l'exploitation du domaine public fluvial ;

2° La durée de la convention, dans la limite fixée au même article L. 2122-6 ; …»

L'ensemble des travaux est sur le domaine public fluvial. Tous les travaux de construction ou d'entretien d'installations sont soumis à une autorisation écrite préalable du gestionnaire du domaine public concerné.

Les berges du quai Doumergue relèvent du domaine public et sont sous la gestion de Nantes Métropole. Nantes Métropole intervient pour assurer les actions d'entretien courant, d'aménagements urbains et de travaux de confortement. Toutefois, il est rappelé que Voies Navigables de France est propriétaire des parcelles concernées par le présent projet. Une convention d'occupation du territoire a été émise entre ces deux acteurs.

7.6 CONCLUSIONS

Au regard des éléments présentés ci-dessus, la démarche qui est envisagée pour les dossiers réglementaires est volontairement la démarche la plus contraignante à savoir :

- Article R214-1 du CE, les travaux de restauration de la berge mobilisent respectivement les rubriques 3.1.4.0 avec une Demande d'Autorisation Environnementale.
- Article R122-2 du CE, les travaux de restauration de la berge rentrent dans le cadre de l'examen au cas par cas au titre de la rubrique n°10.
- Article R414-21 du CE, une évaluation d'incidences NATURA 2000, est nécessaire, la zone des travaux étant inscrite dans le périmètre d'une zone NATURA 2000 et le projet étant en procédure d'Autorisation.
- Article R411-6 du CE, la présence d'espèces protégées au droit des travaux nécessitera la mise en œuvre d'un dossier de dérogation aux espèces protégées.
- Code de l'urbanisme, aucune démarche n'est nécessaire.
- Code du patrimoine, aucune démarche n'est nécessaire au titre de ce code.
- Code forestier, un dossier de défrichement n'est pas nécessaire en absence de boisement au titre de ce code.
- Une convention d'occupation du territoire a été émise entre les acteurs, aucune démarche n'est nécessaire au titre du DPF.

ANNEXE 1 DIAGNOSTIC ECOLOGIQUE - HYDROCONCEPT 2023

HYDRO CONCEPT

EXPERTS EN MILIEUX AQUATIQUES

INVENTAIRES FAUNE ET FLORE RELATIFS AUX TRAVAUX DE RESTAURATION DU QUAI DE DOUMERGUE



MAITRE D'OUVRAGE :

Nantes métropole

Service Ouvrages d'Art

Direction de l'Espace Public

TABLE DES MATIERES

1 CONTEXTE DE L'ETUDE 4

1.1 PREAMBULE 4
1.2 LOCALISATION DES ZONES D'ETUDE 4
1.3 POTENTIALITE SUR LE SITE 5
1.3.1 Les zonages naturels à proximité de la zone d'étude 5
1.3.2 Autres sources de données 6
1.3.3 Synthèse des enjeux 6
1.4 SYNTHESE DES ENJEUX 9

2 INVENTAIRE DE LA FLORE 10

2.1 LES HABITATS 10
2.1.1 Protocole 10
2.1.2 Résultats 10
2.1.3 Les espaces verts et talus associés 1
2.1.4 Les hauts de berges 1
2.1.5 Les bas de berges soumis à la marée 3
2.2 LA FLORE 4
2.2.1 Protocole 4
2.2.2 Résultats 4
2.2.3 Le scirpe triquètre 5
2.2.4 L'Angélique des estuaires 9
2.3 CARTOGRAPHIE DU PATRIMOINE ARBOREE 12
2.3.1 Protocole 12
2.3.2 Résultats 12

3 INVENTAIRE DE LA FAUNE 16

3.1 LES COLEOPTERES SAPROXYLOPHAGES 16
3.1.1 Protocole 16
3.1.2 Résultats 16
3.2 LES MAMMIFERES SEMI-AQUATIQUES 16
3.2.1 Protocole 16
3.2.2 Résultats 16
3.3 LES CHIROPTERES 17
3.3.1 Protocole 17
3.3.2 Résultats 17
3.4 LES REPTILES 17
3.4.1 Protocole 17
3.4.2 Résultats 17
3.5 LES AMPHIBIENS 18
3.5.1 Protocole 18
3.5.2 Résultats 18
3.6 L'AVIFAUNE 19
3.6.1 Protocole 19
3.6.2 Résultats 20
3.6.3 Bilan des enjeux 20

4 SYNTHESE DES ENJEUX REELS 22

5 LES MESURES ERC 23

5.1 SCIRPE TRIQUETRE 23
5.2 ANGELIQUE DES ESTUAIRES 23
5.3 AVIFAUNE 24
5.4 REPTILES 24

6 CONCLUSION 25

7 ANNEXE 27

7.1 LISTE DES ESPECES VEGETALES INVENTORIEES 27

1 CONTEXTE DE L'ETUDE

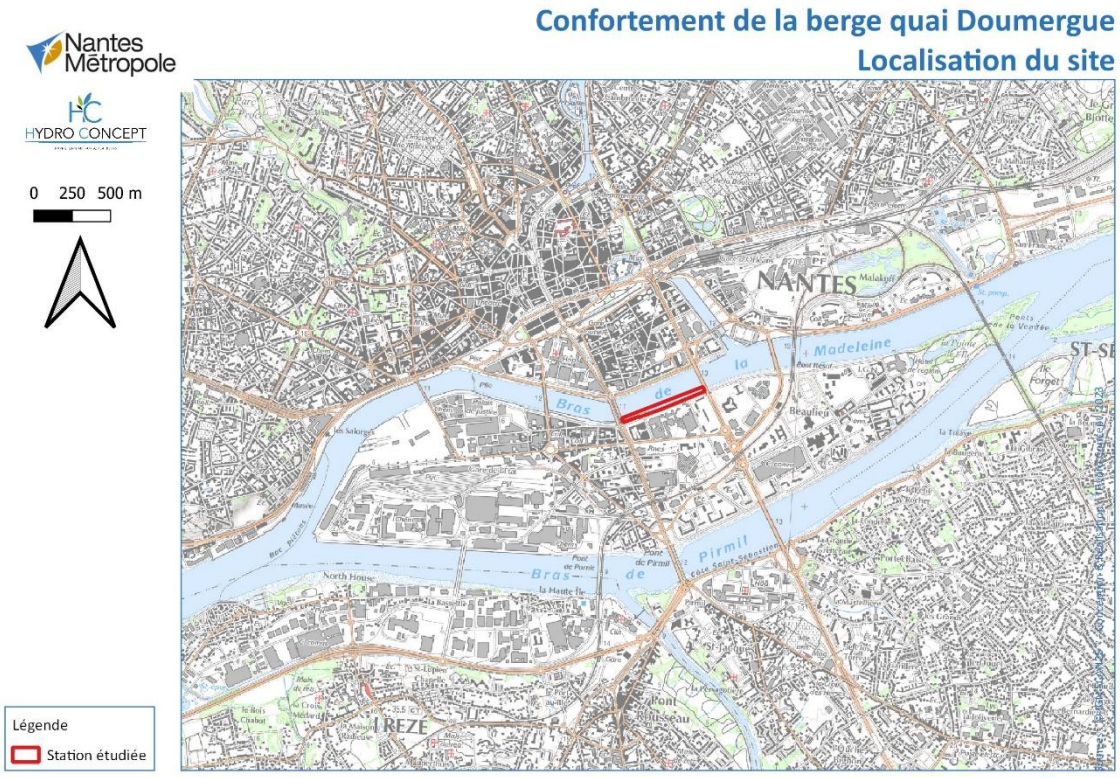
1.1 Préambule

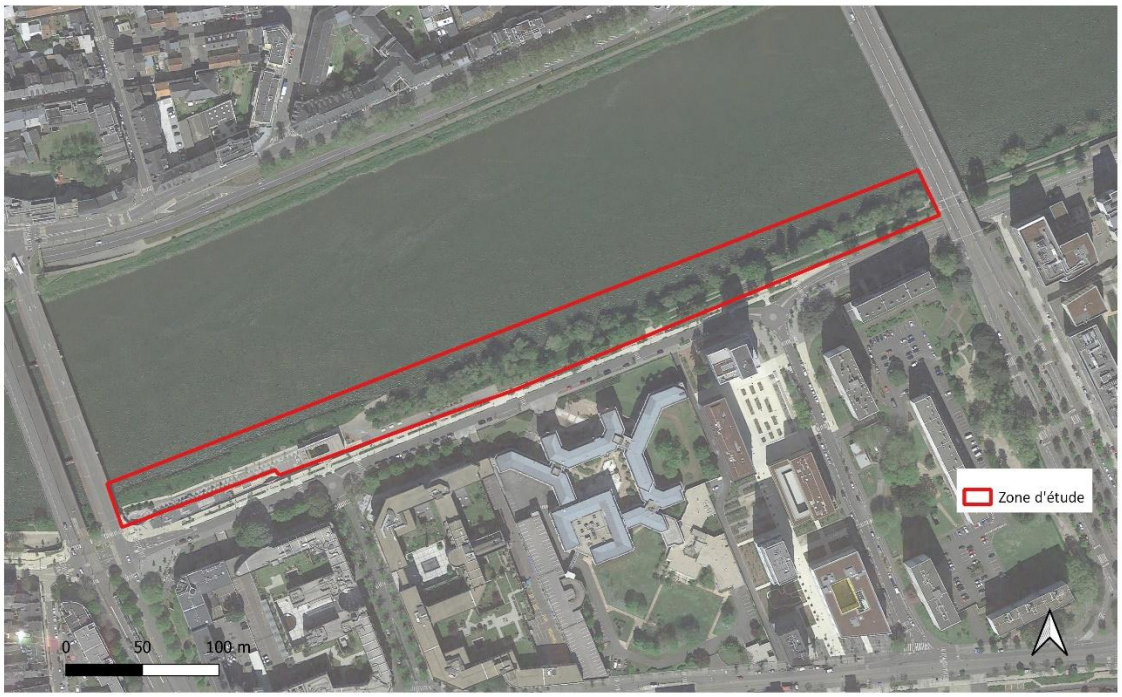
La métropole de Nantes doit mettre en œuvre des travaux de confortement de la berge du quai Doumergue, située entre les ponts Audibert et Aristide Briand à Nantes. Il inclut l'étude de l'élargissement de la cale de mise à l'eau située à son droit. Un diagnostic piloté par la SAMOA en 2016 sur un linéaire étendu, avait identifié des zones d'intervention prioritaire sur le quai Doumergue du fait d'une érosion de la berge impactant la stabilité globale de l'ouvrage. Fin 2020, un linéaire de berge effondrée en pied a contraint de fermer l'accès au chemin piéton en partie basse. Une intervention prioritaire sur ce site dégradé est donc à mener afin de protéger les infrastructures (la piste cyclable et la voie métropolitaine du Quai Doumergue), et rétablir la circulation piétonne en partie basse.

En amont de la réalisation des travaux et pour valider le projet, il est nécessaire de connaître les enjeux patrimoniaux présents sur l'emprise du projet. Dès lors, Nantes métropole a demandé la réalisation de diagnostic faune et flore dont l'objectif est d'identifier si des espèces à enjeux sont présentes sur les linéaires de travaux, et ainsi les intégrer dans les actions.

1.2 Localisation des zones d'étude

Le quai de Doumergue occupe la rive Nord de l'ile de Nantes dans sa partie centrale. Il constitue un linéaire d'environ 560m entre les ponts Audibert et Aristide Briand.





Localisation du linéaire de quai étudiée dans le cadre de l'étude

1.3 Potentialité sur le site

1.3.1 Les zonages naturels à proximité de la zone d'étude

L'analyse des données naturalistes porte sur les listes d'espèces identifiées dans le cadre :

- des Zones Naturelles d'Intérêt Ecologique Floristique et Faunistique (ZNIEFF) de type 1 et 2 ;
- des sites NATURA 2000 ;
- des inventaires locaux disponibles (inventaires de zones humides, associations naturalistes, etc.).

1.3.1.1 ZNIEFF I

Le site n'est concerné par aucune ZNIEFF de type I.

1.3.1.2 ZNIEFF II

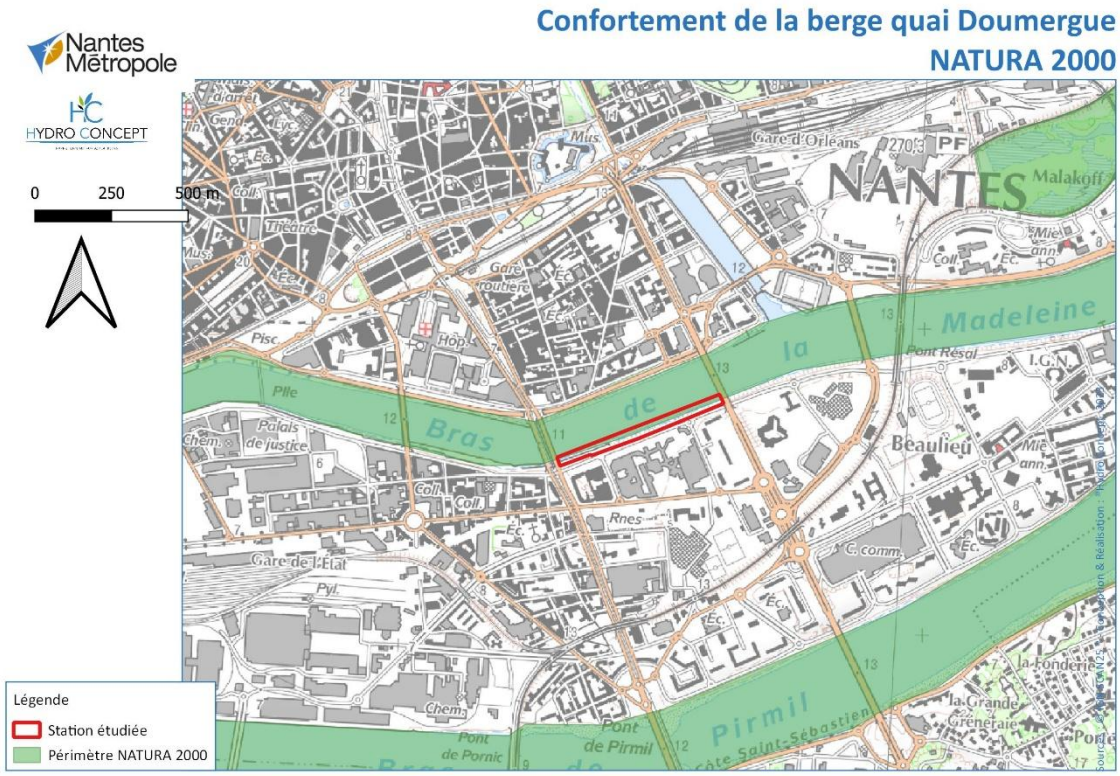
Le site est concerné par une ZNIEFF de type II :

- FR 520616267 - Vallée De La Loire à l'aval de Nantes

1.3.1.3 Natura 2000

Le site est concerné par deux sites du réseau NATURA 2000 :

- *FR5200621 – Estuaire de La Loire (Directive Habitats)*
- *FR5210103 – Estuaire de La Loire (Directive Oiseaux)*



Localisation du linéaire de quai étudiée dans le cadre de l'étude

1.3.2 Autres sources de données

D'autres sources de données ont été consultées et notamment :

- *Atlas de Biodiversité Métropolitaine de Nantes*
- *Les couches d'alertes de la Flore vasculaire*
- *Les études de suivi et de connaissances commandités par la SAMOA (diagnostic de 2017 et suivi réalisé en 2022).*
- *Le portée à connaissance des enjeux écologiques pour le périmètre de Doumergue Hoche- Rhuys*

1.3.3 Synthèse des enjeux

Les différents documents mettent en avant la présence d'enjeux forts sur certains compartiments.

1.3.3.1 Flore et habitats

L'ensemble des documents indique la présence de stations de deux espèces végétales protégées au niveau national se développant sur les berges de la Loire.

Nom scientifique de l'espèce	Nom vernaculaire de l'espèce	Protection réglementaire	ZNIEFF (PdL)	Niveau de menace France	Niveau de menace Région
Angelica heterocarpa	Angélique à fruits variés	Nationale	X	LC	NT
Schoenoplectus triqueter	Scirpe triquètre	RégionaleX	X	LC	LC

La présence de ces deux espèces est avérée sur le site. Du fait de leur statut de protection, les enjeux sur ces espèces sont considérés comme **forts**.

Les données bibliographiques indiquent la présence de deux habitats communautaire dans la zone d'étude :

Code CBI	Intitulés	Niveau d'enjeu de l'habitat	Code N2000
44.3	Saulaie blanche	Intérêt prioritaire	91E0-1
37.71	Mégaphorbiaie	Intérêt communautaire	6430-4

Les données consultées indiquent, a priori, que seulement l'habitat de mégaphorbiaie est présent sur le périmètre de l'étude.

1.3.3.2 L'avifaune

Les données issues des documents de zonage identifient 71 espèces d'oiseaux. Parmi ces espèces, 21 espèces sont susceptibles d'être présentes en contexte urbain à périurbain. Elles

Nom scientifique	Nom vernaculaire	Prot. Nat.*	ZNIEFF (PdL)	Niveau de menace France	Niveau de menace Région
Acrocephalus schoenobaenus	Phragmite des joncs	Art 3	x	LC	LC
Alcedo atthis	Martin-pêcheur d'Europe	Art 3		VU	LC
Anthus pratensis	Pipit farlouse	Art 3	x	VU	EN
Carduelis carduelis	**Chardonneret élégant**	Art 3		VU	NT
Cettia cetti	**Bouscarle de Cetti**	Art 3		LC	NT
Chloris chloris	**Verdier d'Europe**	Art 3		NT	LC
Cisticola juncidis	Cisticole des joncs	Art 3		VU	LC
Delichon urbicum	Hirondelle de fenêtre	Art 3		NT	LC
Emberiza schoeniclus	Bruant des roseaux	Art 3	x	EN	NT
Hirundo rustica	Hirondelle rustique	Art 3	x	LC	NT
Lanius collurio	Pie-grièche écorcheur	Art 3	x	NT	LC
Linaria cannabina	Linotte mélodieuse	Art 3		NT	LC
Loxia curvirostra	Bec-croisé des sapins	Art 3		LC	VU
Muscicapa striata	Gobemouche gris	Art 3		VU	VU

Passer montanus	Moineau friquet	Art 3		NT	LC
Periparus ater	Mésange noire	Art 3		EN	VU
Pyrrhula pyrrhula	Bouvreuil pivoine	Art 3	x	VU	EN
Regulus regulus	Roitelet huppé	Art 3		NT	LC
Serinus serinus	***Serin cini***	Art 3		LC	VU
Streptopelia turtur	Tourterelle des bois	Art 3		VU	NT
Sylvia borin	*Fauvette des jardins*	Art 3		NT	LC

Parmi ces 21 espèces, 4 d'entre elles sont identifiées sur le site (mis en avant en gras dans le tableau ci-dessus). De par leur statut de protection, **l'enjeu** sur l'avifaune (notamment en période de reproduction) est également **important**.

1.3.3.3 Les amphibiens

Les enjeux sur les amphibiens sont faibles. Quatre espèces sont listées au sein des zonages naturalistes, mais leur présence au sein du site est très peu probable et aucune observation sur ce groupe n'a été faite au sein de la zone d'étude.

1.3.3.4 Les reptiles

Concernant les reptiles, les données indiquent la présence du lézard des murailles.

Nom scientifique de l'espèce	Nom vernaculaire de l'espèce	Prot. Nat.*	ZNIEFF (PdL)	Niveau de menace France	Niveau de menace Région
Podarcis muralis (Laurenti, 1768)	Lézard des murailles	X		LC	LC

Cette espèce est protégée au niveau national bien que relativement commune. Elles occupent les milieux secs, les murets et les pierres. L'enjeu sur les reptiles est moyen.

1.3.3.5 Les mammifères

Les données bibliographiques identifient des enjeux sur 2 espèces de chiroptères, dont des gîtes sont connus en périphérie immédiate du site.

Nom scientifique	Nom vernaculaire	Prot. Nat.*	ZNIEFF (PdL)	Niveau de menace France	Niveau de menace Région
Pipistrellus pipistrellus	Pipistrelle commune	X	X	NT	NT
Pipistrellus nathusii	Pipistrelle de Nathusius	X	X	NT	VU

En raison de leur statut de protection et des niveaux de vulnérabilité des populations, les enjeux sur les chiroptères sont élevés.

1.3.3.6 L'entomofaune

Les enjeux sur l'entomofaune se concentrent sur la présence des coléoptères saproxylophages patrimoniaux qui pourraient s'observer au niveau des arbres présents le long du fleuve.

Nom scientifique de l'espèce	Nom vernaculaire de l'espèce	Prot. Nat.*	ZNIEFF (PdL)	Niveau de menace Monde	Niveau de menace Europe
Cerambyx cerdo (Linnaeus, 1758)	Grand Capricorne	X		VU	NT
Lucanus cervus (Linnaeus, 1758)	Lucane cerf-volant	X		NA	NT
Osmoderma eremita (Scopoli, 1763)	Pique-prune	X	X	NT	NT
Rosalia alpina (Linnaeus, 1758)	Rosalie des Alpes	X	X	VU	LC

En raison de leur statut de protection, les enjeux sur les coléoptères sont importants.

1.4 Synthèse des enjeux

Le niveau des enjeux est évalué en fonction de la potentialité de présence des espèces sur le site et du niveau de rareté des espèces à l'échelle locale.

Groupe	Potentialité de présence	Rareté/vulnérabilité	Niveau d'enjeux
Flore	Avérée	Fort	Fort
Habitats	Avérée	Moyen	Moyen
Avifaune	Avérée	Fort	Fort
Reptile	Avérée	Moyen	Moyen
Amphibiens	Peu probable	Fort	Faible
Mammifères	Potentielle	Fort	Moyen
Insectes	Potentielle	Fort	Moyen

L'analyse bibliographique a permis d'identifier la présence d'enjeux importants sur la zone d'étude.

Une première campagne de prospection du site a été effectuée au mois de juillet 2023 afin de cartographier précisément les enjeux et de pouvoir évaluer les impacts potentiels du projet sur la flore et les différents groupes faunistiques présentés ci-dessus.

2 INVENTAIRE DE LA FLORE

2.1 Les habitats

2.1.1 Protocole

Les inventaires floristiques ont été réalisés au cours d'un passage, le 1er août 2023.

La zone d'étude a été prospectée dans son ensemble. Les différents habitats (groupements floristiques homogènes) ont fait l'objet d'une cartographie. Un relevé phytosociologique a été réalisé pour chacun des habitats. Une liste d'espèces a ensuite été complétée pour chacun des habitats.

Les habitats ont été définis selon la typologie Corine Biotope. Leur correspondance selon la typologie EUNIS est également indiquée.

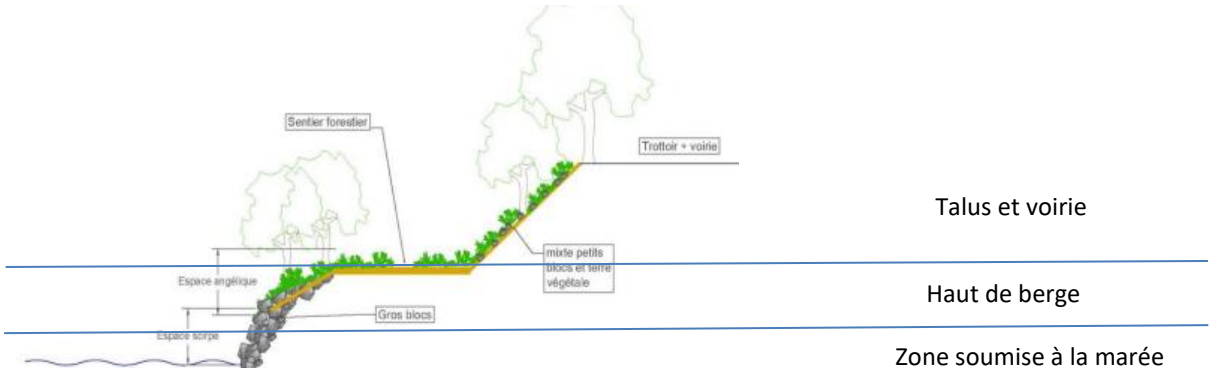
2.1.2 Résultats

Le site est caractérisé par a présence de 10 habitats avec toutefois une différence marquée entre la partie ouest et est en ce qui concerne les habitats en haut de berge.

Les habitats sont décrits dans le tableau suivant. Les cartes ci-dessous détaillent la localisation des différents milieux sur le site.

L'un des principaux facteurs de répartition des habitats est l'altimétrie qui est corrélée avec le niveau d'hygrométrie des sols (en lien avec l'influence du marnage de la Loire).

Ainsi, trois grands contextes se rencontrent selon la proximité avec la Loire. Le schéma ci-dessous permet de les différencier.

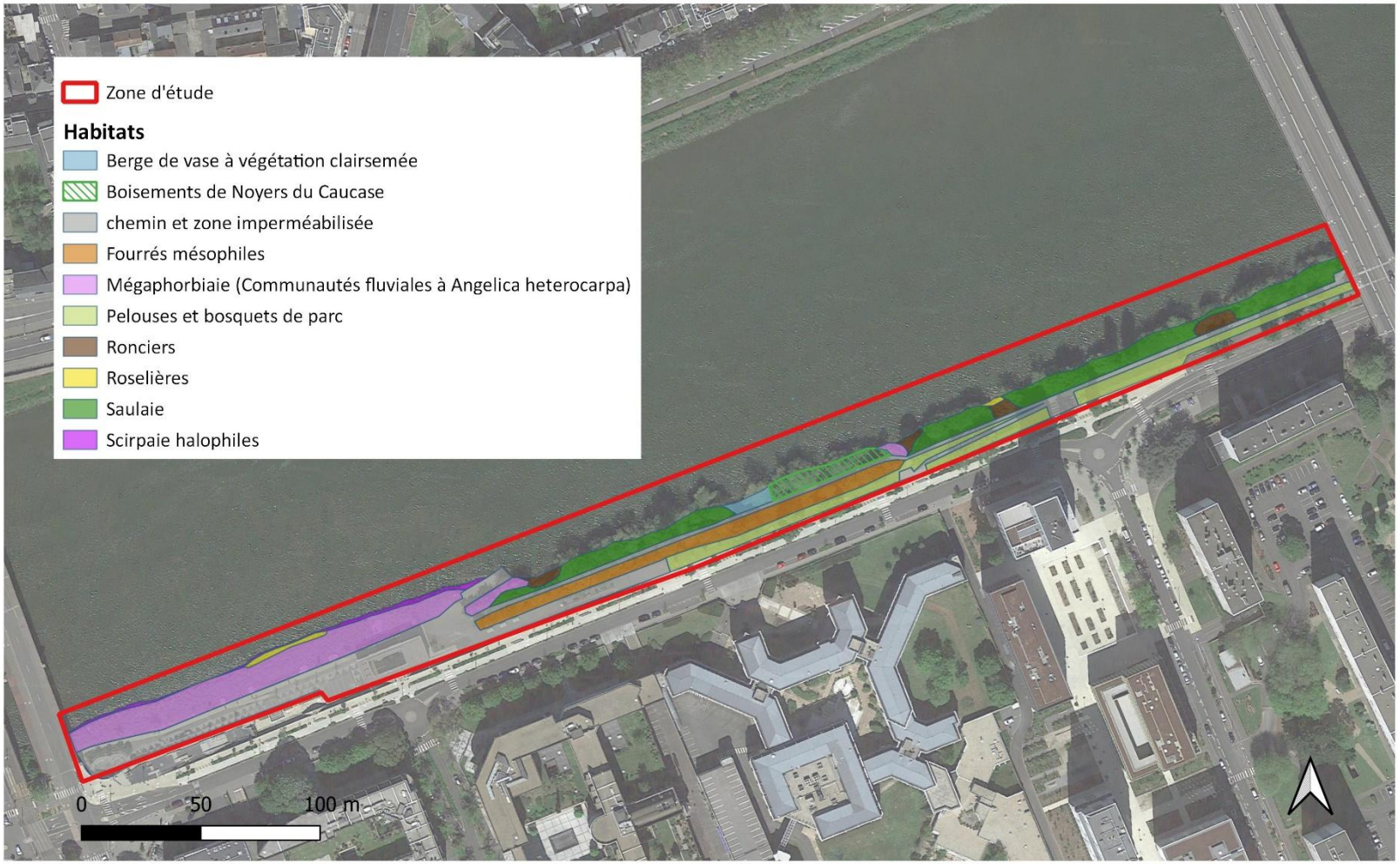


(Extrait du rapport d'étude Bilan de l'intégration « Angélique et Scirpe » dans les travaux Berges Nord entre les Ponts Haudaudine et Aristide Briand Suivi 2022, Ouest AM')

Code EUNIS	Description	Position altimétrique	Surface (en m²)
C3.21	Roselières	Zone soumise à la marée	88
C3.27	Scirpaie halophiles	Zone soumise à la marée	170
C3.6	Berge de vase à végétation clairsemée	Zone soumise à la marée	100
E5.411	Mégaphorbiaie (Communautés fluviales à *Angelica heterocarpa*)	Haut de berge	2 078
F3.11	Fourrés mésophiles	Talus et voirie	1 040
F3.131	Ronciers	Haut de berge	264
G1.11	Saulaie	Haut de berge	1 900
G5	Boisements de Noyers du Caucase	Haut de berge	320
I2.2	Pelouses et bosquets de parc	Talus et voirie	1 381
J	Chemin et zone imperméabilisée	Talus et voirie	3 640
TOTAL			**10 981**

Au-delà des zones aménagées, les principaux habitats sont les saulaies riveraines (G1.11), et les mégaphorbiaies (E5.411)

Cartographie des habitats



Cartographie des habitats présents sur le Quai Doumergue

2.1.3 Les espaces verts et talus associés

Code EUNIS	I2.2	Pelouses et bosquets de parc	N2000	Non concerné
Code EUNIS	J	Chemin et zone imperméabilisée	N2000	Non concerné

Le Talus, non soumis (ou exceptionnellement) aux submersions par la Loire, est occupé par des habitats mésophiles et des zones imperméabilisées afin d'accueillir des activités de loisirs (cheminement piéton, piste de skateboard, espace de musculation en plein air, restaurant). Cette espace est donc très fortement anthropisée.

Des espaces verts sont toutefois présents et occupés par des habitats prairiaux gérés en fauche par les services municipaux.

Sur la partie centrale du site, à la suite des effondrements de la berge, une partie du chemin piéton a été fermé et la végétation est en cours de fermeture. On note ainsi sur le talus un développement important de ronciers de frênes.

Du fait de l'anthropisation et des usages importants, les habitats en présence ne montrent pas d'intérêt majeur.



Photographie des habitats présents au niveau des talus ou de la voirie

2.1.4 Les hauts de berges

Code EUNIS	E5.411	Mégaphorbiaie (Communautés fluviales à *Angelica heterocarpa*)	N2000	6430 – 5 Mégaphorbiaies oligohalines
Code EUNIS	F3.11	Fourrés mésophiles	N2000	Non concerné
Code EUNIS	F3.131	Ronciers	N2000	Non concerné
Code EUNIS	G1.11	Saulaie	N2000	Non concerné
Code EUNIS	G5	Boisements de Noyers du Caucase	N2000	Non concerné

Les hauts de berges sont soumis à l'influence de la Loire avec des conditions d'hygrométrie des sols importantes et une submersion occasionnelle lors des marées de vives eaux. La végétation occupe une bande d'une largeur de 5 à 10 m.

L'est et le centre du site sont dominés par une végétation de saulaie riveraine très nettement dominée par le saule roux (Salix atrocinerea). Les individus sont relativement âgés. D'autres espèces viennent

diversifier la strate arborée avec par exemple *Platanus acerifolia, Acer opalus, Salix alba, Alnus glutinosa* ou encore *Quercus patreae*. La végétation en sous-bois est assez peu diversifiée du fait de l'ombrage important. On retrouve des lianes (*Humulus lupulus, Parthenocissus quinquefolia, hedera helix*) et des espèces typiques de sous-bois avec une augmentation des espèces hygrophiles vers la berge (*Ranunculus repens, Sambucus nigra, Geranium robertianium, etc*…). Les quelques trouées au sein de la strate arborée ou arbustive sont occupées par des ronciers.

N.B. Cet habitat de saulaies n'a pas été rattaché aux habitats de Saulaie à Saule blanc (EUNIS G1.111) qui est un habitat d'intérêt communautaire prioritaire (code N2000 :91E0-1 _Saulaie arborescente à Saule blanc). Ce choix est motivé par a une très faible présence de Saule blanc (Salix alba) dans le peuplement (5 individus au total), et une très faible part des espèces caractéristiques au sein de la strate herbacée. La présence des quelques saules blancs témoigne de la présence de cet habitat par le passé.*

L'habitat de saulaie abrite des stations d'Angélique des estuaires (*Angelica heterocarpa*). Également, quelques pieds d'Épipactis à larges feuilles (*Épipactis helleborine*), une orchidée montrant un intérêt localement, y ont été inventoriés.

Une plantation de noyers du Caucase est présente au centre du site. Cette espèce non indigène est très recouvrante. Ce secteur est particulièrement pauvre au niveau de la strate herbacée.



Photographies de la saulaie riveraine à saule roux



Photographies d'un roncier se développant au sein d'une trouée (à gauche) et du boisement de noyers du Caucase (à droite)

L'ouest du site est quant à lui occuper quasi exclusivement par une mégaphorbiaie eutrophe à ortie (*Urtica dioica*), liseron des haies (*Calystegia sepium*), Baldingère faux roseau (*Phalaris arundinacea*), œnanthe safranée (*Œnanthe crocata*) ou encore salicaire (*Lythrum salicaria*).

Cet habitat est classé d'intérêt communautaire au titre de la directive Habitats (6430-5 Mégaphorbiaie oligohalines). Ce type de mégaphorbiaie se développe sur les berges des grands fleuves soumis à une influence marine et est caractérisée notamment par l'Angélique des estuaires. Toutefois, cette espèce n'y a pas été observée.



Photographies de la mégaphorbiaie à l'ouest du site

2.1.5 Les bas de berges soumis à la marée

Code EUNIS	C3.21	Roselières	N2000	Non concerné
Code EUNIS	C3.27	Scirpaie halophiles	N2000	Non concerné
Code EUNIS	C3.6	Berge de vase à végétation clairsemée	N2000	Non concerné

Deux principaux habitats sont observés au sein des parties les plus basses du quai, régulièrement soumises à la submersion par la Loire. Ces habitats forment une ceinture d'hélophytes de 50cm à 2m de large.

À l'ouest du site, où se développe la mégaphorbiaie, cette ceinture est quasi continue. Elle est dominée par l'habitat de scirpes halophiles, dont l'espèce dominante est le scirpe de Buenos Aires *(Eleocharis bonariensis*). Ces espèces se développent sur les dépôts d'alluvions en pied de berge (souvent renforcés par des blocs), la densité en espèce végétale est ainsi variable. Sur la partie centrale et à l'est du secteur étudié, du fait de la présence de l'habitat de saulaie, la scirpaie halophile n'est présente que par tache sur les zones où l'accès à la lumière est possible.

Cet habitat accueille le scirpe triquètre. Les populations sont les plus importantes dans la partie ouest du site, et notamment au pied de la cale de mise à l'eau.



Photographies des scirpaies halophiles

Le second habitat présent en bas de berges est une roselière à *Phragmites australis* qui occupent un linéaire d'une vingtaine de mètres à l'ouest du site. La végétation y est très fortement dominée par le roseau. Enfin, au niveau de l'effondrement de la berge, une zone de vase presque nue est également présente. Les espèces s'y développant se rapprochent du bidention.



Photographies de la roselière (à gauche) et de la zone de vases à végétation clairsemée (à droite)

2.2 La flore

2.2.1 Protocole

Les inventaires floristiques ont été réalisés au cours d'un passage, le 1er août 2023.

L'ensemble des habitats ont été prospectés et l'ensemble des espèces présentes ont été identifiées.

2.2.2 Résultats

Au total**, 69 espèces ont été observées**. La liste des espèces est consultable en annexe.

Parmi ces espèces**, 3 d'entre elles présentent des statuts de patrimonialité** (déterminante ZNIEFF), **de rareté** (Liste rouge France ou Pays de la Loire) **ou de protection nationale**.

Nom vernaculaire	Nom scientifique	Liste Rouge Nationale	Liste Rouge région (PDL)	Déterm. ZNIEFF (PDL)	Prot Nat.	Prot. Région (PDL)
Schénoplecte triquètre, Scirpe triquètre, Scirpe à tige trigone, Scirpe à trois angles	*Schoenoplectus triqueter (L.) Palla, 1888*	LC	LC	oui		X
Saule cendré	*Salix cinerea L., 1753*	LC	DD	oui		0
Angélique à fruits variés, Angélique à fruits variables	*Angelica heterocarpa J.Lloyd, 1859*	LC	NT	oui	Article 1	0

8 espèces ne sont pas endémiques de France dont 3 sont classées en envahissantes sur le territoire national. Nom vernaculaire	Nom scientifique	Liste Rouge Nationale	envahissante
Éléocharide de Buenos Aires, Scirpe de Buenos Aires, Souchet de Buenos Aires, Éléocharis de Buenos Aires	*Eleocharis bonariensis Nees, 1840*	NAa	
Bident feuillé, Bident à fruits noirs, Bident feuillu	*Bidens frondosa L., 1753*	NAa	X
Solidage géant, Solidage glabre, Solidage tardif, Verge-d'or géante	*Solidago gigantea Aiton, 1789*	NAa	X
Ptérocarya à feuilles de frêne, Noyer du Caucase, Pterocaryer à feuilles de frêne, Ptérocaryer du Caucase	*Pterocarya fraxinifolia (Poir.) Spach, 1834*	NAa	
Peuplier du canada (cultivar)	*Populus x canadensis Moench, 1785*	NAa	
Cerisier acide, Griottier, Cerisier vrai, Prunier cerisier	*Prunus cerasus L., 1753*	NAa	
Prunier laurier-cerise, Laurier-cerise, Laurier-palme	*Prunus laurocerasus L., 1753*	NAa	X
Pyraconthe crénelé ; buisson ardent	*Pyracantha crenulata (D.Don) M.Roem., 1847*	NAa	

Les prospections de terrain ont permis de confirmer la présence de deux espèces protégées sur le site :

Le scirpe triquètre ;

L'Angélique des estuaires.

2.2.3 Le scirpe triquètre

Nom scientifique de l'espèce	Nom vernaculaire de l'espèce	Protection réglementaire	ZNIEFF (PdL)	Niveau de menace France	Niveau de menace Région
Schoenoplectus triqueter	Scirpe triquètre	RégionaleX	X	LC	LC

Statut : protection régionale - Arrêté du 25 janvier 1993 relatif à la liste des espèces végétales protégées en région Pays de la Loire complétant la liste nationale

« Art. 1er. - Afin de prévenir la disparition d'espèces végétales menacées et de permettre la conservation des biotopes correspondants, sont interdits, en tout temps, sur le territoire de la région Pays de la Loire, la destruction, la coupe, la mutilation, l'arrachage, la cueillette ou l'enlèvement, le colportage, l'utilisation, la mise en vente, la vente ou l'achat de tout ou partie des spécimens sauvages des espèces ci-après énumérées. »

2.2.3.1 Protocole

La zone en bas de berges a été prospectée sur toute la longueur du site. À chaque contact, le linéaire total de la station est mesuré. La densité d'individus sur un mètre a ensuite été décomptée à l'aide d'un compteur manuel. Le point central de la station est ensuite géolocalisé à l'aide d'un GPS de terrain.

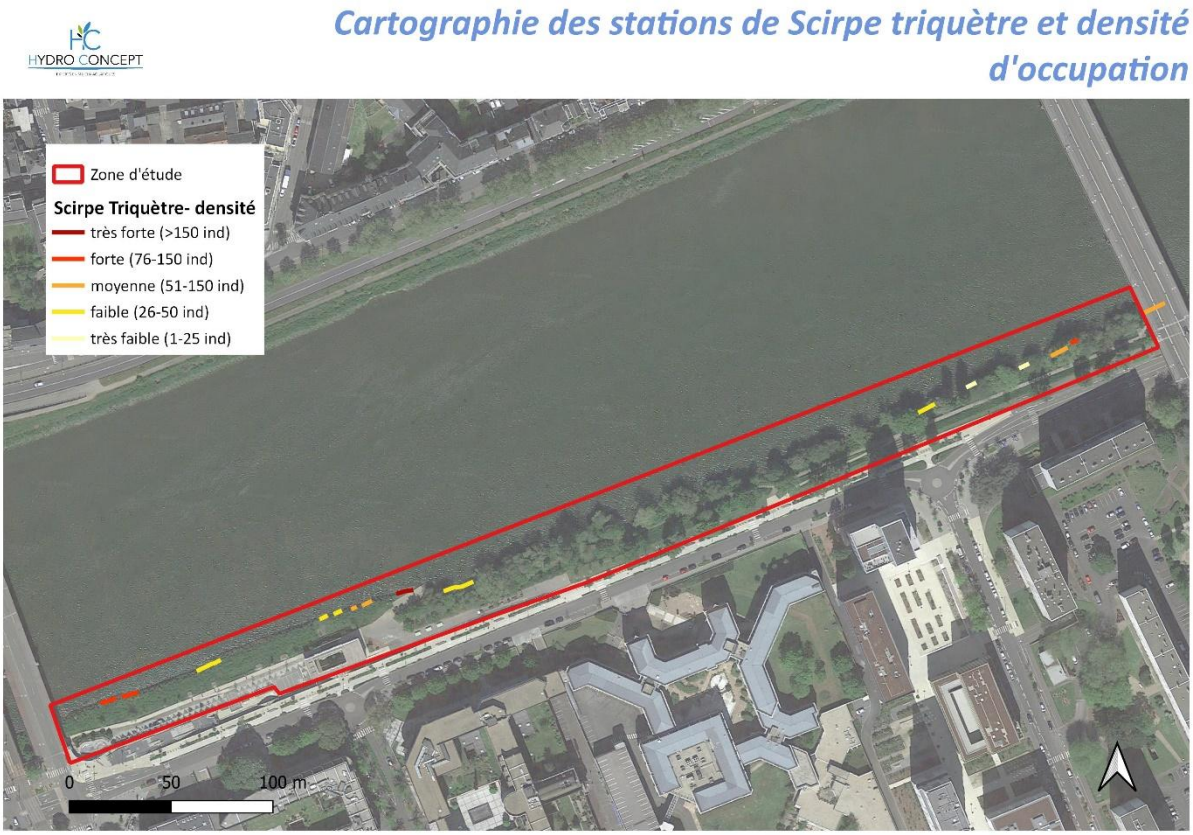
Ainsi, pour chaque station, le nombre de pieds a été évalué en multipliant le nombre d'individus au mètre par la longueur de la station.

2.2.3.2 Résultats

Les prospections de terrain ont confirmé les enjeux identifiés par la biobibliographie. L'espèce se développe en pied de berge sur la zone de marnage au niveau des alluvions fines déposées par le fleuve. Elles forment localement des stations de plusieurs mètres linéaires abritant de quelques dizaines d'individus sous forme de patchs, à plusieurs centaines d'individus (bande continue).

C'est un total de 81 mètres de berges (sur les 572 m concernés) qui sont colonisés par l'espèce avec un total d'environ 4890 tiges dénombrées.

La répartition de l'espèce n'est pas homogène sur l'ensemble du quai étudié. Cette espèce est en effet majoritairement présente sur la partie ouest du site où la végétation présente en haut de berge (mégaphorbiaie) permet un bon éclairage du bas de berges. Le centre du site, où le boisement est le plus développé, engendre un ombrage trop important du pied de berge pour que l'espèce s'y développe. La partie à l'est du site est de nouveau colonisé par l'espèce qui s'y développe de façon plus localisée et avec des densités d'individus (tiges) assez faibles.



Localisation des stations de scirpe triquètre avec les densités d'individus à l'échelle de la zone d'étude



Photographies de station en patch (à gauche) ou formant des linéaires continus d'individus (à droite)

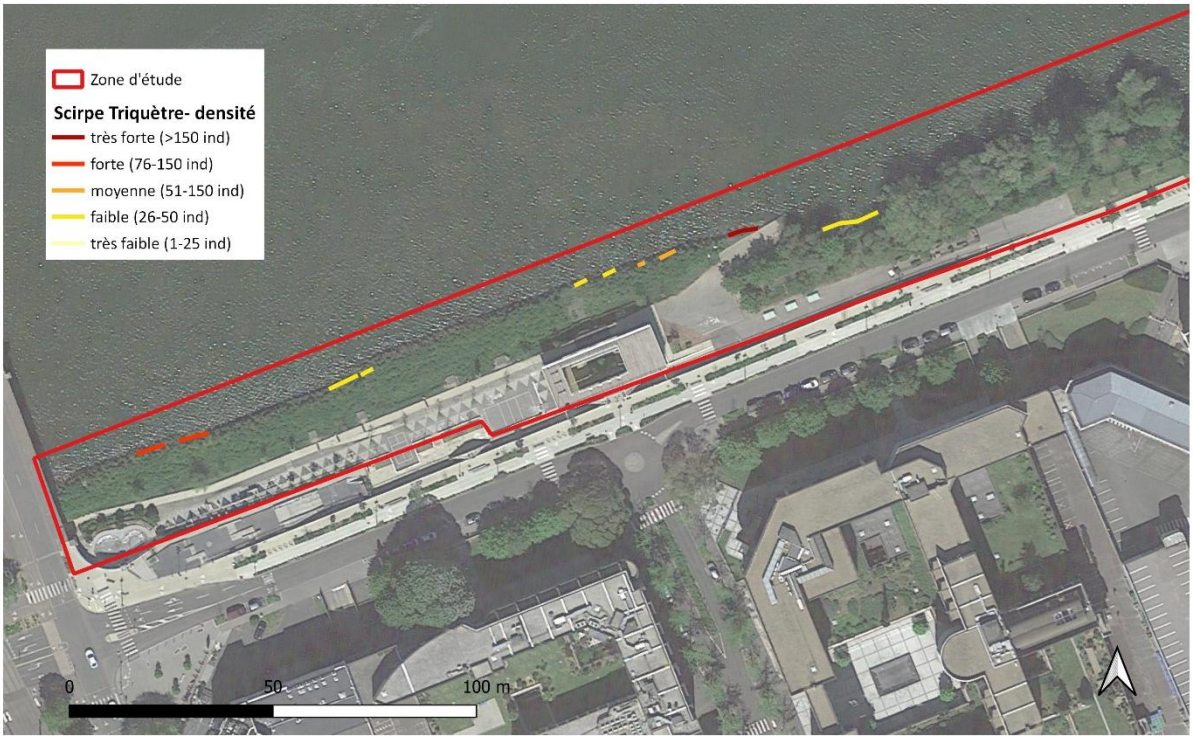
La station la plus intéressante (très forte densité d'individus) est située en contact avec la cale de mise à l'eau.



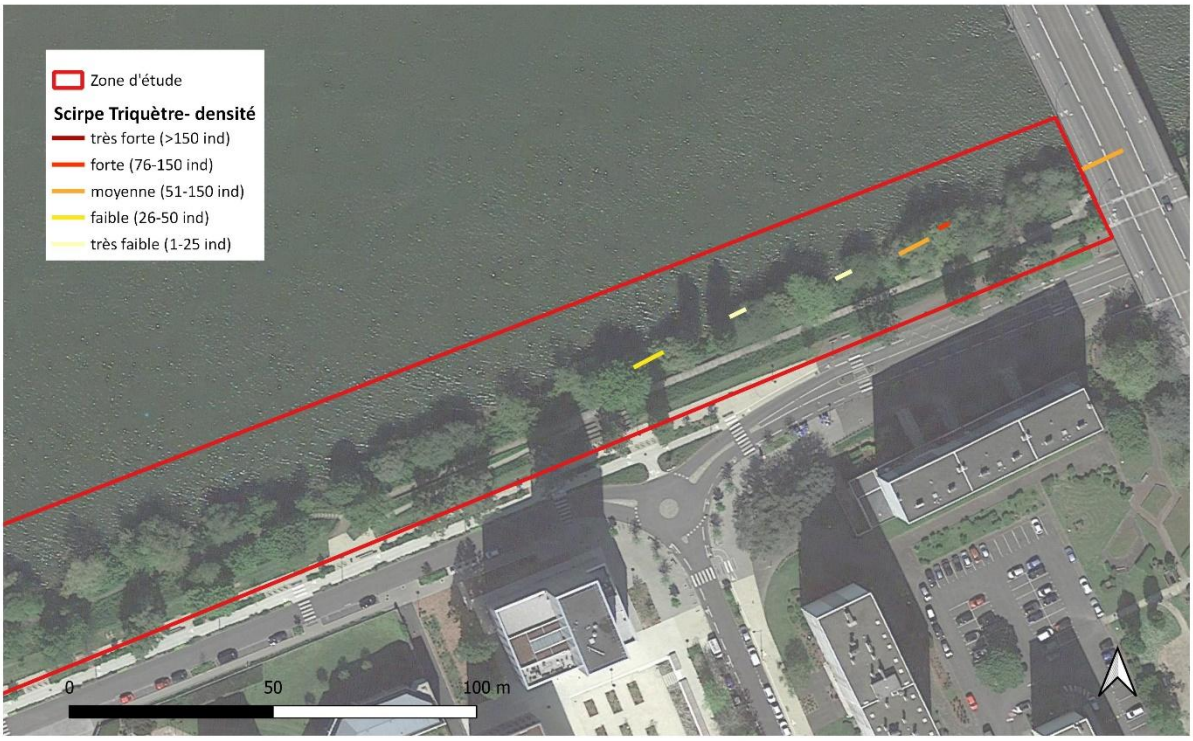
Station de scirpe triquètre de forte densité au pied de la cale

Les cartes suivantes indiquent la localisation des linéaires de berges colonisées par cette espèce. Les couleurs indiquent les densités d'individus.

Cartographie des stations de Scirpe triquètre et densité d'occupation



Cartographie des stations de Scirpe triquètre et densité d'occupation



Cartographie des stations de scirpe triquètre et densités d'individus au mètre linéaire.

2.2.4 L'Angélique des estuaires

Nom scientifique de l'espèce	Nom vernaculaire de l'espèce	Protection réglementaire	ZNIEFF (PdL)	Niveau de menace France	Niveau de menace Région
Angelica heterocarpa	Angélique à fruits variés	Nationale	X	LC	NT

Statut : protection nationale - Arrêté du 20 janvier 1982 fixant la liste des espèces végétales protégées sur l'ensemble du territoire

« Art. 1er. - Afin de prévenir la disparition d'espèces végétales menacées et de permettre la conservation des biotopes correspondants, sont interdits, en tout temps et sur tout le territoire métropolitain, la destruction, la coupe, la mutilation, l'arrachage, la cueillette ou l'enlèvement, le colportage, l'utilisation, la mise en vente, la vente ou l'achat de tout ou partie des spécimens sauvages des espèces citées à l'annexe I du présent arrêté. »

2.2.4.1 Protocole

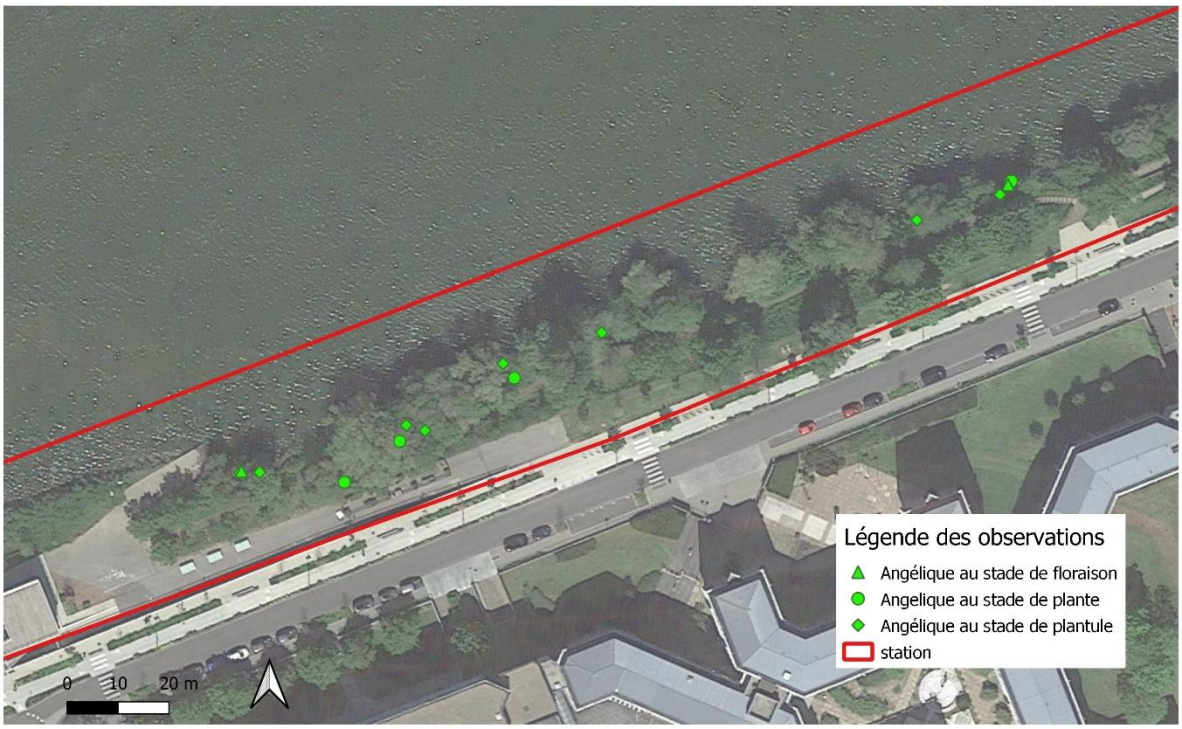
La zone en haut de berges a été prospectée sur toute la longueur du site. À chaque contact, le linéaire total de la station est mesuré. Le nombre d'individus a été décompté. Le point central de la station est ensuite géolocalisé à l'aide d'un GPS de terrain.

Chaque station identifiée regroupe des individus de stade de développement identique (plantule de taille inférieure à 50cm (année 1 et 2), plants (pied de taille supérieure à 50cm, soit des années 3 et 4) et pieds fleuris (dernière année du cycle de vie).

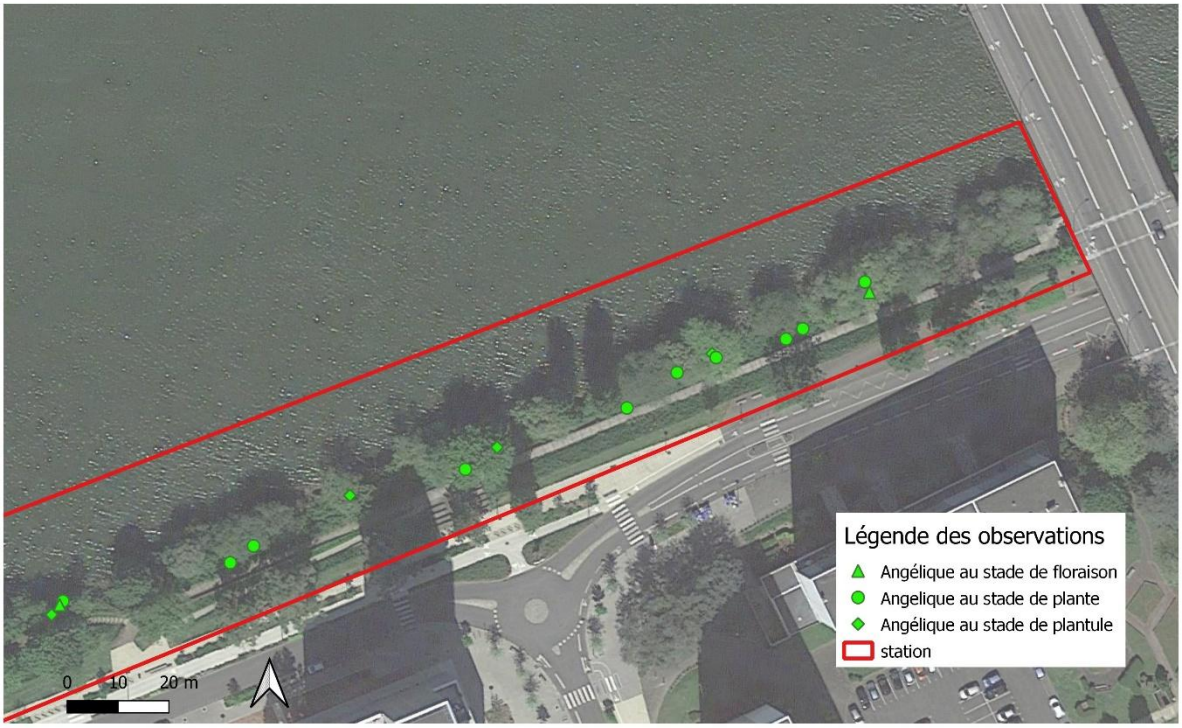
Ainsi, pour chaque station, le nombre de pieds a été dénombré ainsi que le linéaire de berge concernée. Une station ne comprend qu'un stade de développement.

2.2.4.2 Résultats

Les prospections de terrain ont confirmé les enjeux identifiés par la biobibliographie. L'angélique des estuaires est essentiellement présente sur la partie centrale et à l'est du site. L'espèce se développe sur le replat colonisé par les saules et recouvert ponctuellement lors des marées de vives eaux.



Cartographie des stations d'Angéliques des estuaires



Localisation des stations d'Angélique des estuaires avec indication du stade de développement

Elles forment des stations localisées de quelques individus (jusqu'à 8 individus pour la station la plus conséquente). Les observations concernent majoritairement des pieds non fleuris. La faible luminosité semble être ici un facteur limitant. Les individus fleuris sont de petite taille (entre 1m et 1,5m de hauteur) te le nombre d'ombelles est faible.

Le site semble ainsi correspondre à une station-puits, telle que décrite par Lacroix *et al* (2014), avec une faible production de graines et un rôle secondaire dans la pérennisation de l'espèce au sein de l'estuaire.

C'est un total de 27 stations* (occupant un linéaire total de 77 mètres sur les 572 m concernés) qui sont colonisées par l'espèce avec un total de 113 individus dénombrés, dont 4 pieds fleuris, 46 pieds de plus de 50cm non fleuris (plants), et 63 pieds de moins de 50cm (plantules).

*Ici la station correspond à une observation localisée d'un individu, ou plusieurs présentant un stade de développement similaire.



Pieds d'Angélique en fleurs et pieds non fleuris au stade de plantule (partie gauche de la photo)

2.3 Cartographie du patrimoine arborée

2.3.1 Protocole

- *Date de prospection*

Les résultats des inventaires décrits ci-après sont ceux de la prospection réalisée le 24 juillet 2024.

- *Méthodologie*

Les espèces arborées et arbustives sont inventoriées sur la zone d'étude de 400 mètres en partant du Pont Aristide Briand. Un décamètre a été placé dans la longueur et dans la largeur de la berge afin de géolocaliser le plus précisément possible les individus identifiés. L'espèce, sa provenance (locale, cultivar ou exotique), le type de tronc (multi ou simple) ainsi que son diamètre sont notifiés pour chaque individu.

Compte tenu de la taille du site à étudier, les quadrats ont été réalisés par tranche de 10 mètres le long du site du quai Doumergue et que 400 mètres. Chaque individu a été géolocalisé et cartographié.



Figure 1 : Localisation de l'emprise pour la cartographie des arbres et arbustes sur le quai Doumergue à Nantes

2.3.2 Résultats

Au total, ce sont 18 espèces végétales qui ont été inventoriées. La liste complète des arbres et arbustes inventoriés avec leurs effectifs respectifs et leurs statuts de conservation est présentée ci-dessous. Les espèces en vert sont des espèces exotiques et en orange issu de cultivar. Le nombre total d'individus recensé est de 283.

Tableau 1 : Liste des espèces d'arbres et arbustes inventoriés avec leurs effectifs respectifs et leurs statuts de conservation

NOM_VALID_TAXREFv14	Nom vernaculaire	Nombre individus observés	Liste rouge Pays de la Loire	Liste rouge France
Acer campestre L., 1753	Erable champêtre	3	LC	LC
Acer pseudoplatanus L., 1753	Erable sycomore	47	NA	LC
Alnus glutinosa (L.) Gaertn., 1790	Aulne glutineux	16	LC	LC
Cornus sanguinea L., 1753	Cornouiller sanguin	9	LC	LC
Fraxinus excelsior L., 1753	Frêne commun	65	LC	LC
Ligustrum vulgare L., 1753	Troène commun	2	LC	LC
Platanus occidentalis L., 1753	Platane d'Occident	9	NA	NA
Populus x canadensis Moench, 1785	Peuplier du Canada	9	NA	NA
Populus tremula L., 1753	Peuplier tremble	24	LC	LC
Prunus cerasus L., 1753	Prunier cerisier	5	NA	NA
Prunus laurocerasus L., 1753	Prunier laurier-cerise	1	NA	NA
Pterocarya fraxinifolia (Lam.) Spach, 1834	Noyer du Caucase	40	NA	NA
Pyracantha crenulata (D.Don) M.Roem., 1847	Pyracantha du Népal	1	NA	NA
Salix alba L., 1753	Saule blanc	5	LC	LC
Salix atrocinerea Brot., 1804	Saule gris cendré foncé	43	LC	LC
Tilia x europaea L., 1753	Tilleul d'Europe	1	NA	NA
Ulmus laevis Pall., 1784	Orme lisse	2	LC	LC
Ulmus minor Mill., 1768	Orme mineur	1	LC	LC
	Nombre d'espèces observées	**18**		

Espèce exotique
Espèce issue de cultivar

Sur les 18 espèces inventoriées sur la zone, 5 espèces sont exotiques, 1 espèce est issue de cultivar et 12 espèces sont locales.

Aucune espèce patrimoniale ou protégée n'a été identifiée lors de l'inventaire. Les quadrats avec la répartition des individus sont présentés sur les cartes ci-dessous.

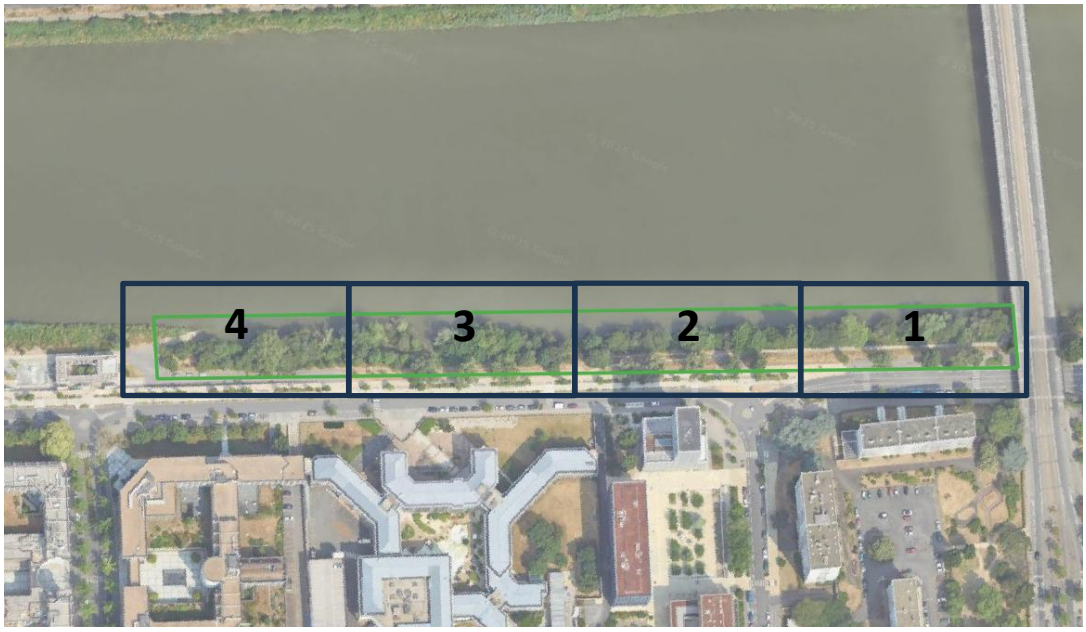


Figure 2 : Découpage des 4 cartes présentant la répartition des arbres et arbustes par quadras de 10 m sur le quai Doumergue à Nantes

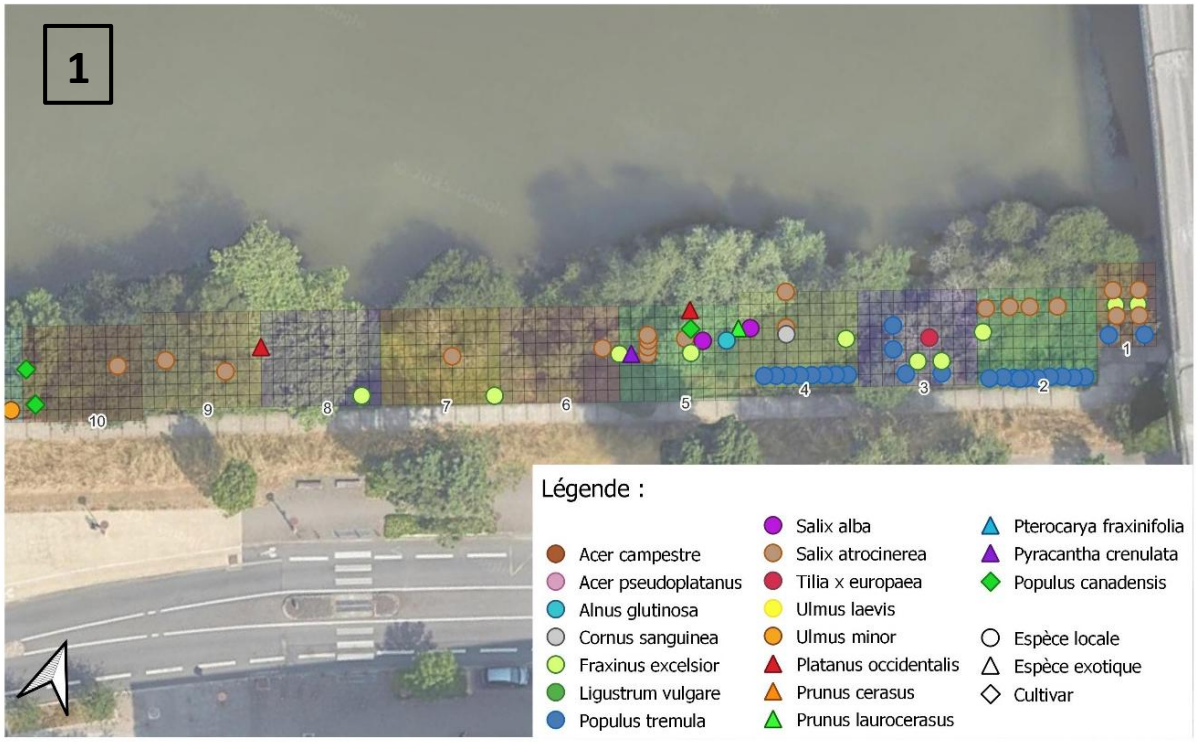


Figure 3 : Cartographie de la répartition des arbres et arbustes sur le quai Doumergue à Nantes (1)

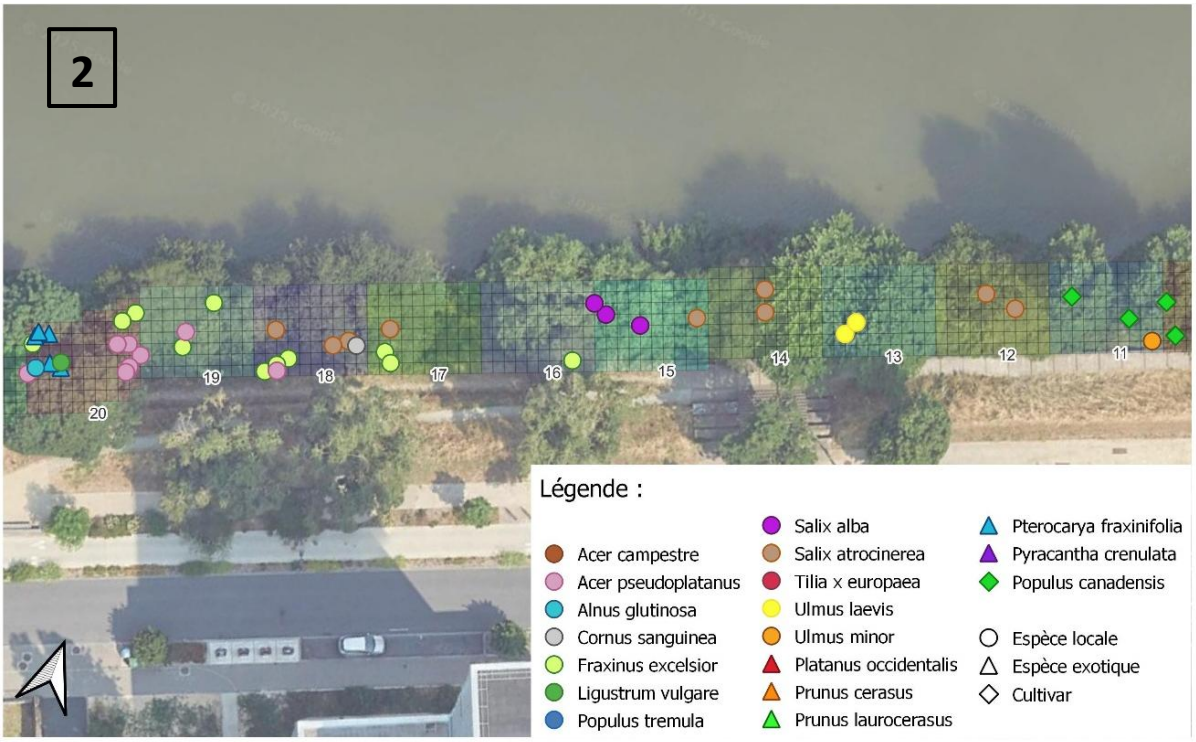


Figure 4 : Cartographie de la répartition des arbres et arbustes sur le quai Doumergue à Nantes (2)

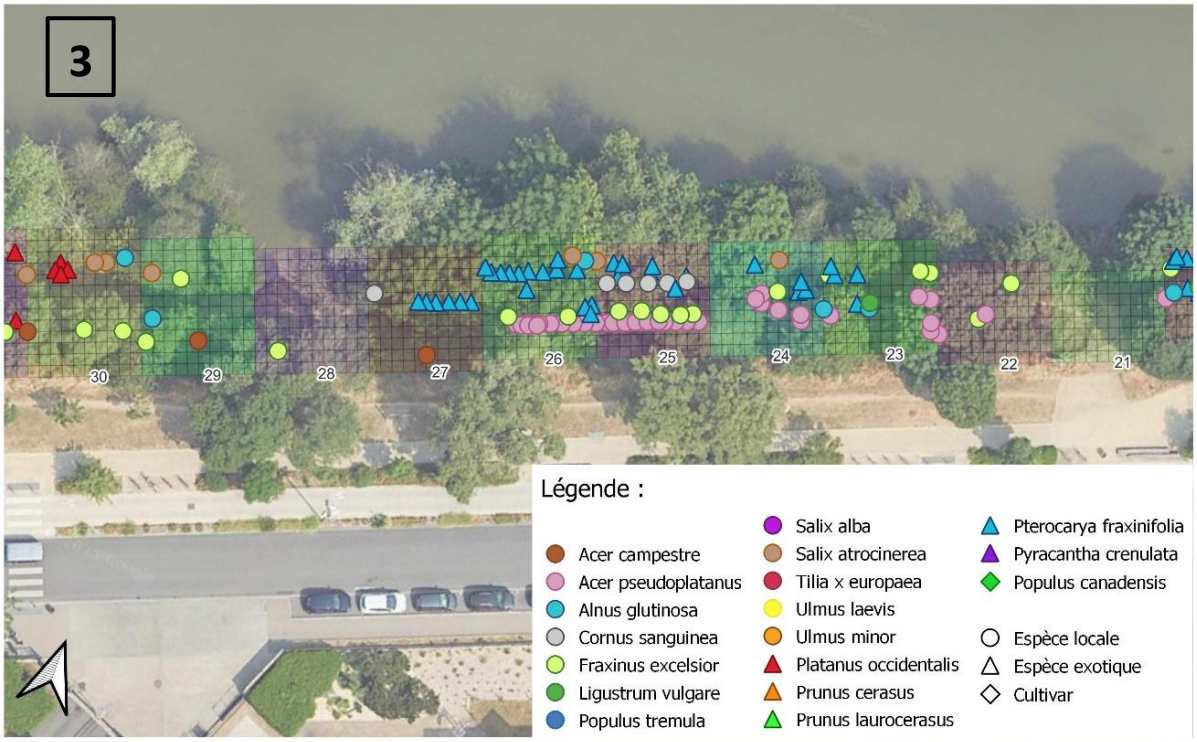


Figure 5 : Cartographie de la répartition des arbres et arbustes sur le quai Doumergue à Nantes (3)

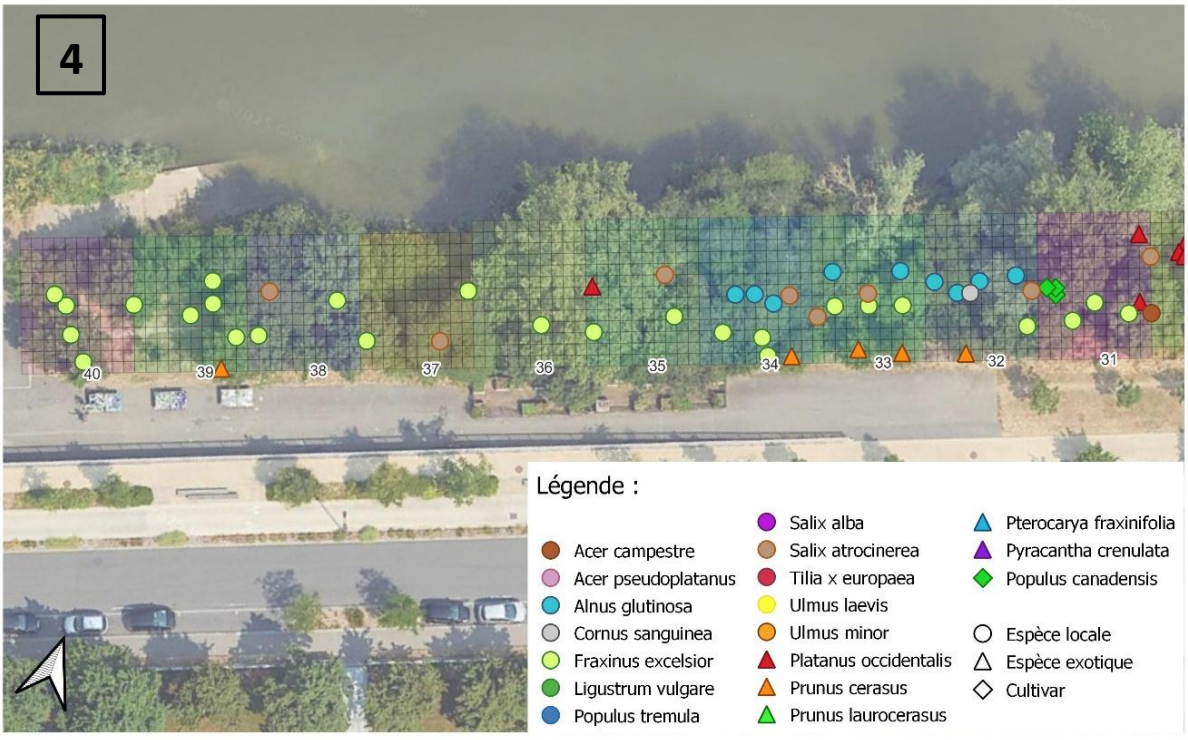


Figure 6 : Cartographie de la répartition des arbres et arbustes sur le quai Doumergue à Nantes (4)

3 INVENTAIRE DE LA FAUNE

3.1 Les coléoptères saproxylophages

3.1.1 Protocole

L'ensemble des arbres présent sur la zone d'étude ont été étudiés. Les prospections ont porté sur la recherche de traces de présence des coléoptères saproxylophages, soit des trous d'émergence, des restes d'individus (élytres, tête…), de la présence de terreau en sortie de trous d'émergence ou au sein de cavités.

Les prospections ont eu lieu le 1er aout 2023.

3.1.2 Résultats

Aucun arbre du site ne présente de traces d'émergence ou autres indices de présence de coléoptères saproxylophages patrimoniaux.

Les espèces d'arbres en présence et notamment l'espèce dominante (Salix atrocinerea), ne correspondent pas aux habitats les plus couramment colonisés par le grand Capricorne, la Rosalie des Alpes, le Lucane Cerf-volant ou encore le pique prune qui affectionnent davantage les chênes, hêtres et frênes âgés ou sénescents.

En l'absence d'habitat favorable sur la zone étudiée, l'absence d'observation n'est donc pas étonnante. De fait, les enjeux sur ces espèces ne sont pas présents sur la zone d'étude.

3.2 Les mammifères semi-aquatiques

3.2.1 Protocole

L'ensemble du linéaire de berges sur la zone d'étude a été étudié. Les prospections ont porté sur la recherche de traces de présence des mammifères semi-aquatiques patrimoniaux (loutre, castor, campagnol amphibie).

Les indices de présence sont souvent des épreintes (déjections), des empreintes, ou encore des restes de repas (crayons pour les castors par exemple).

Les prospections ont eu lieu le 1er aout 2023.

3.2.2 Résultats

Aucun indice de présence n'a été décelé lors des prospections.

La zone d'étude ne présente pas d'intérêt pour ces espèces en raison de son contexte urbain et de milieux ne répondant pas les exigences écologiques des espèces visées.

Du fait des caractéristiques anthropiques de la zone d'étude, l'absence d'observation n'est pas étonnante. De fait, les enjeux sur les mammifères ne sont pas présents sur la zone d'étude.

3.3 Les chiroptères

3.3.1 Protocole

Les recherches se sont exclusivement concentrées sur la présence de gîtes arboricoles.

L'ensemble des arbres présents sur la zone d'étude ont été étudiés. Les prospections ont porté sur la recherche de cavités favorables à l'accueil des individus et la présence de traces indiquant une occupation de celle-ci (traces d'urines ou fèces).

Les prospections ont eu lieu le 1er aout 2023.

3.3.2 Résultats

Aucune cavité n'a été identifiée au sein des arbres du site.

Là encore, du fait d'un habitat dominant à saule roux, les potentialités de présence de cavités pour les chiroptères au sein des arbres sont faibles. Il n'est donc pas étonnant de ne pas avoir trouvé de gîte favorable pour les chauves-souris.

Les données bibliographiques indiquent la présence de colonie ou de gîtes à proximité. Il est donc fort probable que le site serve de zone de chasse.

Les enjeux sur les chiroptères sont nuls quant à la présence de gîte au sein du site d'étude.

3.4 Les reptiles

3.4.1 Protocole

Le site a été prospecté par un cheminement à pas lent le long des habitats propices à la présence des espèces, soit au niveau du talus et des zones anthropisées. Les individus sont recherchés à vue.

Les prospections ont eu lieu le 1er aout 2023.

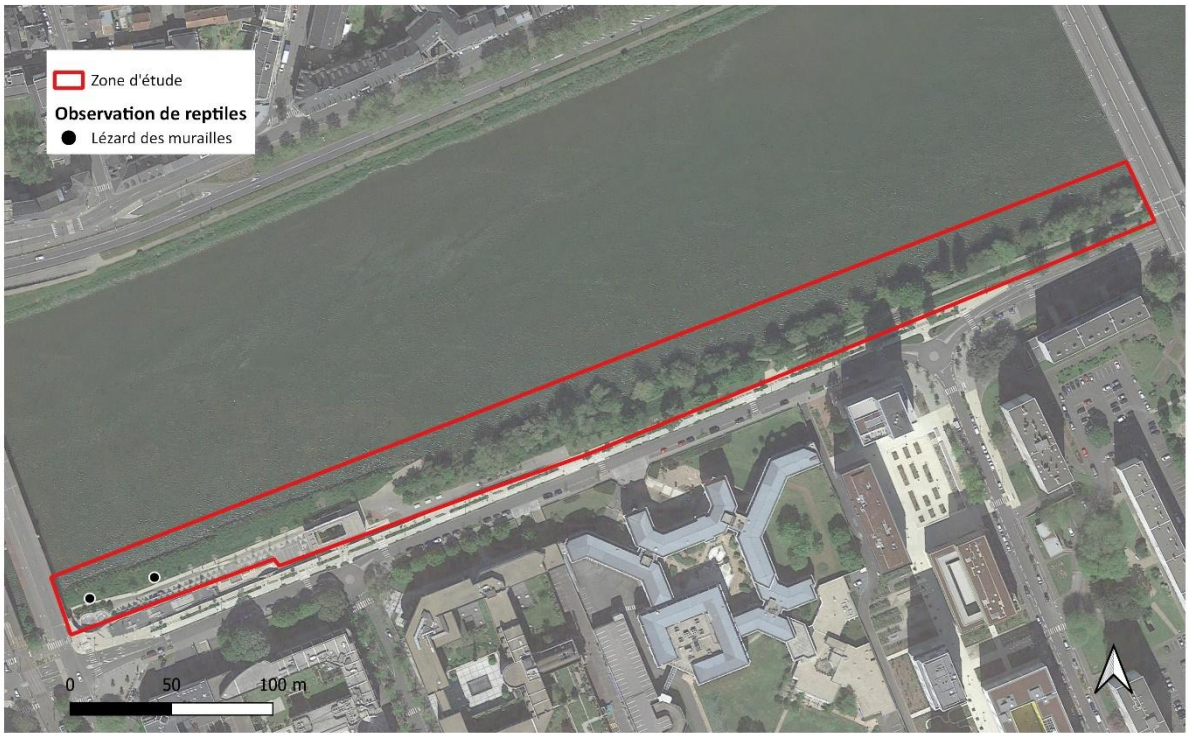
3.4.2 Résultats

Au total, 1 espèce a été inventoriée dans la zone d'étude.

Nom scientifique de l'espèce	Nom vernaculaire de l'espèce	Prot. Nat.*	ZNIEFF (PdL)	Niveau de menace France	Niveau de menace Région
Podarcis muralis (Laurenti, 1768)	Lézard des murailles	X		LC	LC

Deux individus ont été observés à l'ouest du site à l'interface entre l'habitat de mégaphorbiaie et la zone aménagée pour le sport.

Aucune observation n'a été faite dans la partie centrale du site ni à l'est. Les habitats fermés sont en effet nettement moins favorables aux reptiles.



Cartographie des observations de reptiles inventoriés sur site

Des enjeux sont présents pour les reptiles, mais ceux-ci se concentrent en périphérie immédiate des zones aménagées à l'ouest du site. Sur les habitats hygrophiles, par les travaux de restauration du quai, **aucun enjeu n'a été identifié**.

3.5 Les amphibiens

3.5.1 Protocole

Ce groupe n'a pas fait l'objet de prospection à ce jour.

Du fait de la date de démarrage de l'étude (juillet 2023), la période favorable pour l'étude de l'occupation du site en période de reproduction était déjà passée (de mars à mai).

3.5.2 Résultats

Non concerné

Bien qu'aucun suivi n'a été mis en œuvre, la visite du site et l'étude des habitats mettent en avant des caractéristiques non favorables à la présence d'amphibiens sur le site. Les débits de la Loire trop importants, la submersion régulière des habitats en berge et la salinité sont autant de conditions défavorables à la présence d'amphibiens sur le site.

3.6 L'avifaune

3.6.1 Protocole

- *Date de prospection*

Les résultats des inventaires décrits ci-après sont ceux des prospections réalisées lors de trois passages, le 8 mars, le 21 mai et le 24 octobre 2024.

- *Méthodologie*

Les espèces sont recherchées par recherche visuelle et par points d'écoute. Le protocole utilisé pour le suivi est basé sur la méthode des Indices Ponctuels d'Abondance (IPA), élaborée et décrite par Blondel, Ferry et Frochot en 1970 et qui permet de suivre l'évolution des effectifs des différentes espèces d'oiseaux communes nicheuses sur le territoire national.

Tous les contacts auditifs ou visuels avec des oiseaux sont notés sans limites de distance.

Pour chaque passage, le même protocole de suivi est appliqué (points d'écoute identiques).

La recherche visuelle vient compléter les points d'écoute. Elle est réalisée à l'aide de jumelles Bushnell (excursion AX 10 x 42) et d'une longue-vue Bushnell (Trophy Xtreme 20-60 x 65).

Compte tenu de la taille du site à étudier, 4 points d'écoute ont été définis pour permettre d'inventorier les oiseaux présents sur le site du quai Doumergue et d'appréhender au mieux les potentiels oiseaux nicheurs sur le site. Chaque point d'écoute a été géolocalisé grâce à un GPS, et cartographié.
La zone d'étude a été élargie pour mieux cerner la population des berges de la Loire sur le secteur.

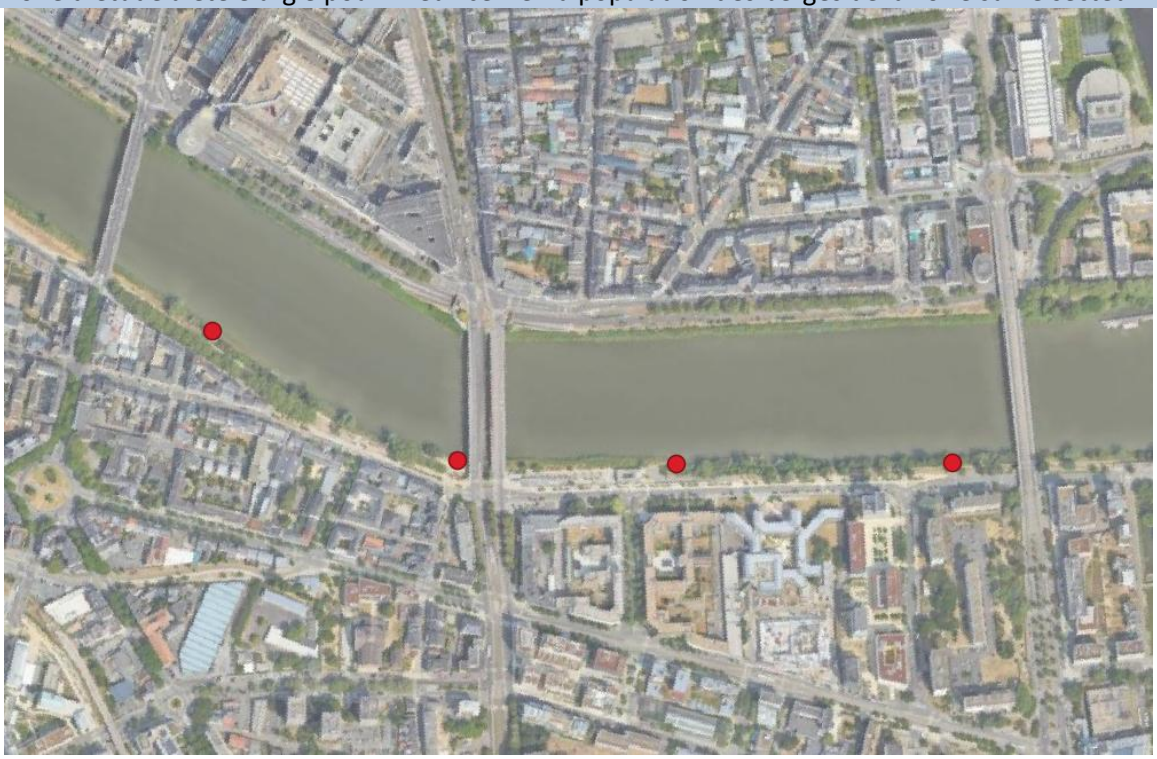


Figure 7 : Localisation des 4 points d'écoute sur le quai Doumergue à Nantes

3.6.2 Résultats

Au total, lors des trois passages, ce sont 23 espèces d'oiseaux qui ont été inventoriées. La liste complète des oiseaux inventoriés avec leurs effectifs respectifs et leurs statuts de conservation est présentée ci-dessous.

Tableau 2 : Liste des espèces d'oiseaux inventoriés avec leurs effectifs respectifs par date d'observation et leurs statuts de conservation

NOM_VALID_TAXREFv14	Nom vernaculaire	Effectif 08/03/2024	Effectif 21/05/2024	Effectif 24/10/2024	Liste rouge Pays de la Loire	Liste rouge France
Alcedo atthis (Linnaeus, 1758)	Martin pêcheur	-	-	1	LC	VU
Anas platyrhynchos Linnaeus, 1758	Canard colvert	3	-	-	LC	LC
Apus apus (Linnaeus, 1758)	Martinet noir	-	7	-	LC	NT
Calidris alpina (Linnaeus, 1758)	Bécasseau variable	-	-	1	NE	LC
Certhia brachydactyla C.L. Brehm, 1820	Grimpereau des jardins	1	-	-	LC	LC
Chroicocephalus ridibundus (Linnaeus, 1766)	Mouette rieuse	-	-	13	LC	NT
Columba livia Gmelin, 1789	Pigeon biset	7	13	4	LC	DD
Columba palumbus Linnaeus, 1758	Pigeon ramier	9	2	10	LC	LC
Corvus corone Linnaeus, 1758	Corneille noire	2	-	11	LC	LC
Corvus frugilegus Linnaeus, 1758	Corbeau freux	12	1	2	LC	LC
Cyanistes caeruleus (Linnaeus, 1758)	Mésange bleue	3	2	1	LC	LC
Erithacus rubecula (Linnaeus, 1758)	Rougegorge familier	1	2	4	LC	LC
Fringilla coelebs Linnaeus, 1758	Pinson des arbres	2	-	1	LC	LC
Gallinula chloropus (Linnaeus, 1758)	Poule d'eau	-	-	1	LC	LC
Garrulus glandarius (Linnaeus, 1758)	Geai des chênes	-	1	-	LC	LC
Parus major Linnaeus, 1758	Mésange charbonnière	2	3	3	LC	LC
Passer domesticus (Linnaeus, 1758)	Moineau domestique	-	2	-	LC	LC
Phylloscopus collybita (Vieillot, 1817)	Pouillot véloce	-	-	1	LC	LC
Pica pica (Linnaeus, 1758)	Pie bavarde	3	1	3	LC	LC
Prunella modularis (Linnaeus, 1758)	Accenteur mouchet	3	-	1	LC	LC
Sturnus vulgaris Linnaeus, 1758	Etourneau sansonnet	-	-	4	LC	LC
Troglodytes troglodytes (Linnaeus, 1758)	Troglodyte mignon	1	1	2	LC	LC
Turdus merula Linnaeus, 1758	Merle noir	2	3	2	LC	LC
	Nombre d'espèces observées	**14**	**12**	**18**		

Sur les 23 espèces inventoriées sur la zone d'étude, 22 sont classées en « préoccupation mineure » sur la Liste rouge des Pays de la Loire (PDL) et une espèce n'a pas de statut d'évaluation. Ces données indiquent que ces espèces sont relativement communes et que leur effectif reste suffisant pour la survie de l'espèce dans la région.

Néanmoins, le Martinet noir (*Apus apus*) et la Mouette rieuse (*Chroicocephalus ridibundus*) sont classés en « Quasi menacée » et le Martin-pêcheur (*Aceto atthis*) est classé en « Vulnérable » sur la Liste rouge France. Ainsi, la destruction intentionnelle des individus, de leur nid ou des zones nécessaires à la réalisation de leur cycle biologique est interdite.

Une espèce inscrite sur la liste des espèces déterminantes ZNIEFF pour les Pays de la Loire a été inventoriée. Il s'agit du Bécasseau variable (*Calidris alpina*). Celui-ci a été observé au niveau d'une cale au bord de la Loire.

Une seule espèce identifiée dans la synthèse bibliographique a été observée, il s'agit du Martin-pêcheur.

3.6.3 Bilan des enjeux

Nous avons choisi de concentrer notre analyse sur les espèces présentant des statuts de conservation dégradés que ce soit au niveau national ou régional, ainsi que les espèces déterminantes ZNIEFF pour les Pays de la Loire. Ces espèces peuvent être considérées comme espèces parapluies et permettent d'étudier les enjeux pour les différents types d'oiseaux fréquentant le site du quai Doumergue.

Ainsi, quatre espèces identifiées en mai et octobre au niveau du site, ont un statut de conservation dégradé soit à l'échelon national ou régional ou bien sont déterminantes ZNIEFF.

L'observation de la Mouette rieuse (*Chroicocephalus ridibundus*) et du Bécasseau variable (*Calidris alpina*) sur la zone d'étude du quai Doumergue en octobre n'est pas étonnante. Ce sont des oiseaux migrateurs et hivernants communs qui fréquentent tout ce type de lieux humides : cours d'eau, vasière côtière et littoral. La Mouette rieuse niche sur des milieux plus stagnants comme des étangs et des marais d'eau douce et le Bécasseau variable niche en Arctique et Europe du Nord.

Concernant le Martin-pêcheur (*Aceto atthis*) observé à l'automne, c'est un oiseau nicheur, migrateur, et hivernant peu commun ayant une densité de population plus faible dans les zones urbanisées. Il y a une augmentation des effectifs entre septembre et octobre correspondant à l'arrivée des migrateurs d'Europe. Cet oiseau niche dans de petites galeries en bord de berge des cours d'eau, habitat qui n'est pas présent sur le site.

Quant aux Martinets noirs (*Apus apus*), ils sont présents d'avril à la mi-juillet sur le territoire métropolitain et nichent sur les bâtiments des villes comme ceux de l'agglomération nantaise.

Pour ces quatre espèces d'oiseaux, **leurs habitats préférentiels en période de nidification ne sont pas présents sur l'emprise même de la zone d'étude du quai Doumergue**. Ils peuvent potentiellement utiliser ce site en période migratoire ou d'hivernage.

Les autres espèces inventoriées sont communes et une partie d'entre elles, protégées au niveau national, se reproduit potentiellement sur le site (au sein des zones arborées ou arbustives). Pour ces espèces, les enjeux se concentrent notamment sur la période de reproduction.

Enfin la zone d'étude est située au sein d'un corridor boisé discontinu qui borde la Loire. Elle fait donc partie de zone de déplacement et d'alimentation des espèces avec une importance des milieux arborés et arbustifs qu'il conviendra de conserver au maximum lors des travaux.

Les enjeux sont donc également faibles pour ce groupe faunistique.

4 SYNTHESE DES ENJEUX REELS

Les prospections de terrain effectué en 2023 et 2024 ont permis d'affiner les enjeux présents sur l'emprise du projet parmi ceux identifiés lors de la phase de bibliographie.

Groupe	Présence sur le site	Rareté/vulnérabilité	Niveau d'enjeux
Flore	Deux espèces végétales protégées sont présentes. Le scirpe triquètre (*Schoenoplectus triqueter*) est présent en pied de berge. Les principales stations sont à l'ouest du site et de petites stations sont également présentes à l'est. L'Angélique des estuaires (*Angelica heterocarpa*) est présente en haut de berge depuis le centre du site jusqu'à l'est. Les observations portent sur des individus relativement isolés. L'habitat de saulaie est dans son intégralité favorable à l'espèce.	Fort	Fort
Habitats	Un seul habitat montre en soi un intérêt communautaire, il s'agit de la mégaphorbiaie occupant l'ouest du site (et les quelques patchs sur le reste de la zone d'étude)	Moyen	Moyen
Avifaune	Les suivis ont montré une fréquentation du site par 23 espèces. Les espèces présentant un enjeu en raison des menaces sur leur population sont au nombre de 4. Leur biologie permet cependant d'indiquer que le site est essentiellement utilisé de manière ponctuelle au sein de leur aire de nutrition, mais il n'y a pas de reproduction possible de ces espèces au sein du Quai Doumergue. Les autres espèces inventoriées sont communes et une partie d'entre elles, protégées au niveau national, se reproduisent potentiellement sir le site (au sein des zones arborées ou arbustives. Pour ces espèces, les enjeux se concentrent notamment sur la période de reproduction.	Faible	Moyen
Reptiles	Deux individus de lézard de murailles ont été observés à l'ouest du site à proximité des zones aménagées.	Faible	Faible
Amphibiens	Aucun suivi n'a été mené, mais les caractéristiques du site ne permettent pas d'accueillir d'amphibiens		Nul
Mammifères Semi-aquatique	Aucun indice de présence n'a été observé. L'implantation du site en contexte urbain n'est pas favorable à la présence des espèces patrimoniale.		Nul
Chiroptères	Aucun gite (cavité arboricole) n'a été décelé sur la zone d'étude. Une utilisation du site en zone de chasse est très probable		Faible
Insectes	Aucune trace de présence des coléoptères saproxylophages patrimoniaux n'a été constatée. Les autres groupes d'insectes n'ont pas l'objet de suivi, mais les caractéristiques du site sont limitantes.		Nul

5 LES MESURES ERC

Le détail des mesures ERC feront l'objet d'un autre document une fois les caractéristiques du projet pleinement arrêté et la définition précise des impacts menée. Les grandes lignes de ces mesures sont toutefois décrites ci-dessous.

5.1 Scirpe Triquètre

Les impacts du projet porteront sur :

- la destruction d'individus,
- la destruction d'habitat.

L'évitement ne peut être réalisé, car la nécessité des travaux relève de problématique de sécurité des personnes.

La réduction peut porter au ciblage le plus précis des zones de travaux de façon à l'imiter au maximum leur emprise sur le linéaire de berge. Un impact résiduel sera toutefois encore présent.

Des mesures de compensation doivent donc être définies pour les 2 impacts identifiés.

Concernant la destruction d'habitat, le projet va générer un impact temporaire de l'habitat en lui-même. Le nouveau profil des berges doit permettre au maximum, dans la mesure des contraintes physiques liées à la stabilité et la pérennité de l'ouvrage dans le temps, de recréer une zone d'implantation des ceintures de scirpes halophiles avec notamment une capacité de rétention des vases afin de recréer un substrat favorable aux développements des individus.

Concernant la destruction des individus, les mesures de compensations doivent inclure la transplantation des individus en dehors des périodes de croissance, floraison et fructification, soit entre mars et septembre /octobre). La récolte des individus doit s'effectuer dès octobre avant la disparition des parties aériennes. Les prélèvements doivent se faire par motte en maintenant les rhizomes dans leur substrat par action mécanique ou manuelle selon le contexte.

Les mottes ainsi prélevées doivent être replantées à proximité au même niveau topographique, soit en pied de berge. Les zones de réimplantation doivent être préparées en amont de l'opération. Les lieux de réimplantation seront précisés dans le prochain document.

Il est important de conserver des zones sources à proximité.

5.2 Angélique des estuaires

Les impacts du projet porteront sur :

- la destruction d'individus,
- la destruction d'habitat.

L'évitement ne peut être réalisé, car la nécessité des travaux relève de problématique de sécurité des personnes.

La réduction peut porter au ciblage le plus précis des zones de travaux de façon à l'imiter au maximum leur emprise sur le linéaire de berge. Un impact résiduel sera toutefois encore présent.

Des mesures de compensation doivent donc être définies pour les 2 impacts identifiés.

Concernant la destruction d'habitat, le projet va générer un impact temporaire de l'habitat en lui-même. Le nouveau profil des berges doit permettre au maximum, dans la mesure des contraintes physiques liées à la stabilité et la pérennité de l'ouvrage dans le temps, de recréer une zone d'implantation des mégaphorbiaies, ou habitats de saulaies au niveau de positionnement topographique équivalent. La présence de zone plus ouverte après projet pourrait s'avérer bénéfique avec une meilleure capacité de production de graine (dans un temps long). Dans ce contexte, les données issues de l'inventaire du patrimoine boisé peuvent être utilisées pour cibler les travaux de gestion de la végétation à mener. Dans certains cas, il pourrait s'avérer plus judicieux d'arracher un individu de Saule roux, que de le couper au risque de densifier le couvert arbustif et donc de réduire les capacités d'accueil pour l'Angélique des estuaires.

Concernant la destruction des individus, les mesures de compensations doivent inclure la transplantation des individus en dehors des périodes de croissance, floraison et fructification, soit en période de repos végétatif (de septembre à mars).

Le site devra tout d'abord être visité au mois de juillet afin de repérer et numéroter tous les individus et différencier ceux en floraison des autres. Seulement les individus non en floraison seront à prélever. Afin de maximiser les chances de survie des individus, la transplantation doit se faire en motte.

Les individus seront replantés sur site. Il convient donc de prévoir un lieu d'accueil pendant la phase de travaux et dans les conditions favorables à l'espèce (cf guide du savoir-faire et bonne pratique).

La période du 1er novembre au 15 mars sera à respecter impérativement, pour la replantation également.

Pour les individus en floraison, les graines pourront être prélevées afin d'être disséminées sur le site après réalisation des travaux.

Les mottes ainsi prélevées doivent être replantées à proximité au même niveau topographique, soit en haut de berge occasionnellement inondée. Les zones de réimplantation doivent être préparées en amont de l'opération. Les lieux de réimplantation seront précisés dans le prochain document.

5.3 Avifaune

Les enjeux identifiés portent majoritairement sur la période de reproduction d'espèces communes en contexte urbain.

Les travaux devront ainsi être menés hors période de reproduction soit entre aout et mars.

La zone du projet est également localisée au sein d'un corridor boisé discontinu le long de la Loire. La définition des interventions doit essayer de conserver un maximum d'individus d'arbres et arbustes afin de conserver des parties arborées et conserver les fonctions de corridors de la zone. L'emploi des données de l'inventaire du patrimoine boisé va permettre de cibler précisément les interventions et les essences concernées.

Les interventions devront au maximum privilégier les coupes par rapport à l'arrachage, notamment sur les essences arbustives et chercher à conserver les plus vieux individus notamment de Saule blancs. Par ailleurs, la dominance de Saule roux dans le peuplement assure des repousses rapides et un impact temporaire sur cette thématique.

5.4 Reptiles

Bien que des observations aient été faites, le projet ne concerne pas la zone où les individus ont été observés.

6 CONCLUSION

La zone de travaux a fait l'objet en 2023 et 2024 d'un inventaire des espèces floristiques associé à la réalisation de la cartographie des habitats du site. En complément, les principaux taxons faunistiques susceptibles d'être impactés par les travaux et identifiés dans la littérature ont fait l'objet de suivis (amphibiens, mammifères semi-aquatiques, chiroptères, coléoptères saproxylophages, reptiles et avifaune).

Les inventaires ont permis de montrer que les sites possèdent une richesse patrimoniale moyenne avec une dominance d'habitat assez commun (Saulaie, fourrés, ronciers) et en partie anthropisé (présence d'espèces exotiques). Un habitat remarquable est toutefois présent sur le site (mégaphorbiaie) dans sa partie ouest. Le faible intérêt des habitats est cependant contrebalancé par la présence de deux espèces protégées au niveau national (Angélique des estuaires - *Angelica heterocarpa*) ou régional (Scirpe triquètre- *Schoenoplectus triqueter*) présentes respectivement sur les hauts de berges au sein des saulaies ou en pied de berges.

Concernant l'Angélique des estuaires, c'est un total de 27 stations* (occupant un linéaire total de 77 mètres sur les 572 m concernés) qui sont colonisées par l'espèce, avec un total de 113 individus dénombrés, dont 4 pieds fleuris, 46 pieds de plus de 50cm non fleuris (plants), et 63 pieds de moins de 50cm (plantules).

Pour le Scirpe triquètre, c'est un total de 81 mètres de berges (sur les 572 m concernés) qui sont colonisés par l'espèce avec un total d'environ 4890 tiges dénombrées.

Sur les groupes faunistiques, les enjeux sont globalement faibles en raison du contexte urbain dans lequel le site s'inscrit. Les enjeux les plus importants sont sur le groupe de l'avifaune. Toutefois, le cortège observé est majoritairement composé d'espèces communes en zone urbaine et ne présentant pas de niveau de menace de leur population. 4 espèces patrimoniales ont bien été observées sur le site, mais leur occupation de la zone de travaux est ponctuelle (secteur au sein de leur aire de présence ou en contexte de migration (pour le Martin-pêcheur)). Du fait de leur biologie, ces espèces, dont les populations sont menacées, ne se reproduisent pas sur le site et ne représentent donc pas au bilan un enjeu réel sur le site.

Les projets ont pour objectif de consolider les berges de la Loire sur le Quai Doumergue à Nantes qui montrent des zones d'érosion marquées pouvant entrainer un risque d'effondrement des chemins piétons et de la voirie en second lieu. Les travaux comprennent des interventions sur les arbres et arbustes présents sur le haut de berge et des interventions de renfort des berges par enrochement.

Les impacts identifiés sur les éléments remarquables concernent majoritairement l'Angélique des estuaires et le scirpe triquètre, aussi bien sur les individus que sur le maintien de leur habitat.

Des préconisations ont été faites pour intégrer les enjeux patrimoniaux du site dans la conception des travaux de façon à réduire ou supprimer les impacts sur ces espèces.

Les impacts du projet sont présents lors des travaux, mais peuvent être réduits et évités en appliquant les mesures suivantes :

- **Prélèvement des individus d'Angélique des estuaires en amont des chantiers pour leur mise en jauge et leur replantation après travaux.**
- **Création/maintien d'habitat pour l'Angélique dans la conception des berges (intégration de « banquette » permettant l'implantation des individus.**

- **Gestion des arbres et arbustes pour améliorer les capacités d'accueil des habitats à Angélique, aujourd'hui limités par la densité de la strate arbustive et de l'ombrage associé.**

- **Prélèvement des individus de Scirpe triquètre en amont du chantier (octobre) et dépôt sur zones favorables à l'espèce aux alentours.**

- **Intervention en dehors des périodes de reproduction de l'avifaune, soit entre octobre et mars**

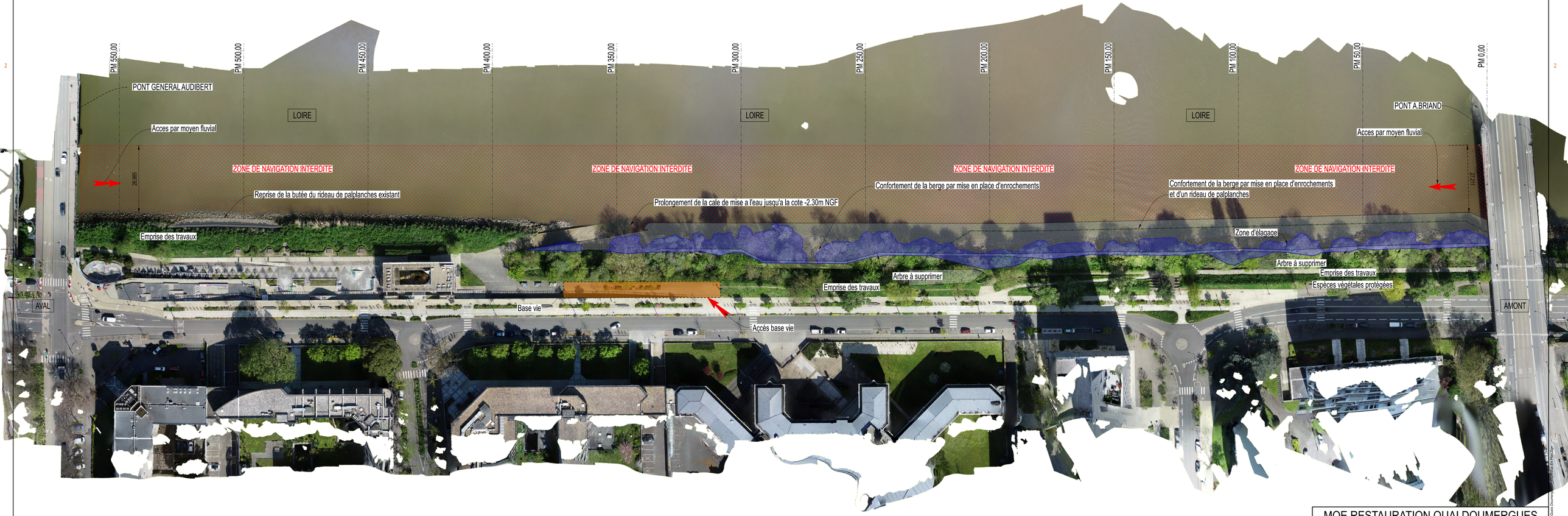
7 ANNEXE

7.1 Liste des espèces végétales inventoriées

Nom vernaculaire	Nom scientifique	Liste Rouge Nationale	Liste Rouge région (PDL)	Déterm. ZNIEFF (PDL)	Prot Nat.	Prot. Région (PDL)
Schénoplecte triquètre, Scirpe triquètre, Scirpe à tige trigone, Scirpe à trois angles	Schoenoplectus triqueter (L.) Palla, 1888	LC	LC	oui		X
Éléocharide à une écaille, Scirpe à une écaille, Éléocharis à une écaille	Eleocharis uniglumis (Link) Schult., 1824	LC	LC			
Éléocharide de Buenos Aires, Scirpe de Buenos Aires, Souchet de Buenos Aires, Éléocharis de Buenos Aires	Eleocharis bonariensis Nees, 1840	NAa	LC			
Salicaire commune, Salicaire pourpre	Lythrum salicaria L., 1753	LC	LC			
Phragmite austral, Roseau, Roseau commun, Roseau à balais, Phragmite commun	Phragmites australis (Cav.) Trin. ex Steud., 1840	LC	LC			
Liseron des haies, Liset, Calystégie des haies	Convolvulus sepium L., 1753	LC	LC			
Véronique mouron-d'eau, Mouron aquatique, Mouron-d'eau	Veronica anagallis-aquatica L., 1753	LC	LC			
Renoué poivre d'eau	Persicaria hydropiper (L.) Spach, 1841	LC	LC			
Cresson officinal, Cresson des fontaines, Rorippe cresson-d'eau	Nasturtium officinale W.T.Aiton, 1812	LC	LC			
Rorippe amphibie	Rorippa amphibia (L.) Besser, 1821	LC	LC			
Iris faux acore, Iris jaune, Flambe d'eau, Iris des marais	Iris pseudacorus L., 1753	LC	LC			
Bident feuillé, Bident à fruits noirs, Bident feuillu	Bidens frondosa L., 1753	NAa	LC			
Guimauve officinale, Guimauve sauvage	Althaea officinalis L., 1753	LC	LC			
Ortie dioïque, Grande ortie	Urtica dioica L., 1753	LC	LC			
Alpiste roseau, Baldingère faux roseau, Fromenteau	Phalaris arundinacea L., 1753	LC	LC			
Œnanthe jaune safran, Œnanthe safranée	Oenanthe crocata L., 1753	LC	LC			
Vesce cracca, Jarosse, Vesce à épis	Vicia cracca L., 1753	LC	LC			
Grande bardane, Bardane commune, Bardane élevée, Bardane à gros capitules, Bardane à grosses têtes	Arctium lappa L., 1753	LC	LC			
Mauve sauvage	Malva sylvestris L., 1753	LC	LC			
Patience agglomérée, Oseille agglomérée, Rumex aggloméré	Rumex conglomeratus Murray, 1770	LC	LC			
Morelle douce-amère, Douce amère, Bronde	Solanum dulcamara L., 1753	LC	LC			
Picride fausse épervière, Picride épervière, Herbe-aux-vermisseaux, Picris fausse épervière	Picris hieracioides L., 1753	LC	LC			
Menthe aquatique, Baume d'eau, Baume de rivière, Bonhomme de rivière, Menthe rouge, Riolet, Menthe à grenouilles	Mentha aquatica L., 1753	LC	LC			

Saule des vanniers, Osier blanc	Salix viminalis L., 1753	LC	LC			
Jacobée aquatique, Séneçon aquatique	Jacobaea aquatica (Hill) G.Gaertn., B.Mey. & Scherb., 1801	LC	LC			
Chiendent rampant, Chiendent commun, Élytrigie rampante	Elytrigia repens (L.) Desv. ex Nevski, 1934	LC	LC			
Armoise commune, Herbe de feu	Artemisia vulgaris L., 1753	LC	LC			
Morelle noire	Solanum nigrum L., 1753	LC	LC			
Saule gris cendré foncé, Saule à feuilles d'Olivier, Saule acuminé, Saule roux	Salix atrocinerea Brot., 1804	LC	LC			
Lycope d'Europe, Chanvre d'eau, Marrube aquatique, Herbe des Égyptiens	Lycopus europaeus L., 1753	LC	LC			
Renoncule rampante, Bouton-d'or rampant	Ranunculus repens L., 1753	LC	LC			
Frêne commun, Frêne, Frêne d'Europe, Frêne élevé	Fraxinus excelsior L., 1753	LC	LC			
Aulne glutineux, Verne, Vergne	Alnus glutinosa (L.) Gaertn., 1790	LC	LC			
Saule cendré	Salix cinerea L., 1753	LC	DD	oui		0
Ronce commune	Rubus fruticosus L., 1753	LC	LC			
Houblon lupulin, Houblon, Vigne du Nord, Houblon grimpant	Humulus lupulus L., 1753	LC	LC			
Angélique à fruits variés, Angélique à fruits variables	Angelica heterocarpa J.Lloyd, 1859	LC	NT	oui	Article 1	0
Clématite des haies, Clématite vigne blanche, Herbe aux gueux	Clematis vitalba L., 1753	LC	LC			
Platane	Platanus occidentalis L., 1753	LC	LC			
Érable à feuilles d'obier, Érable opale, Érable d'Italie	Acer opalus Mill., 1768	LC	LC			
Chêne sessile, Chêne rouvre, Chêne à trochets	Quercus petraea (Matt.) Liebl., 1784	LC	LC			
Dactyle aggloméré, Pied-de-poule	Dactylis glomerata L., 1753	LC	LC			
Solidage géant, Solidage glabre, Solidage tardif, Verge-d'or géante	Solidago gigantea Aiton, 1789	NAa	LC			
Pariétaire officinale, Herbe à bouteille	Parietaria officinalis L., 1753	LC	LC			
Géranium herbe-à-Robert, Géranium Robert, Herbe tangue	Geranium robertianum L., 1753	LC	LC			
Sureau noir, Sampéchier	Sambucus nigra L., 1753	LC	LC			
Rosier des chiens, Rosier des haies, Églantier, Églantier des chiens	Rosa canina L., 1753	LC	LC			
Chèvrefeuille des bois, Chèvrefeuille grimpant, Cranquillier	Lonicera periclymenum L., 1753	LC	LC			
Cornouiller sanguin, Sanguine, Cornouiller femelle	Cornus sanguinea L., 1753	LC	LC			

Épipactide helléborine, Épipactis à larges feuilles, Épipactis à feuilles larges, Elléborine à larges feuilles, Helléborine	Épipactis helleborine (L.) Crantz, 1769	LC	LC			
Origan commun, Marjolaine sauvage	Origanum vulgare L., 1753	LC	LC			
Mélisse officinale, Mélisse citronnelle, Citronnelle	Melissa officinalis L., 1753	LC	LC			
Porcelle enracinée, Salade-de-porc	Hypochaeris radicata L., 1753	LC	LC			
Fromental élevé, Avoine élevée, Fromental, Fénasse, Ray-grass français	Arrhenatherum elatius (L.) P.Beauv. ex J.Presl & C.Presl, 1819	LC	LC			
Liseron des champs, Vrillée, Petit liseron	Convolvulus arvensis L., 1753	LC	LC			
Lierre grimpant, Herbe de saint Jean, Lierre commun	Hedera helix L., 1753	LC	LC			
Ptérocarya à feuilles de frêne, Noyer du Caucase, Pterocaryer à feuilles de frêne, Ptérocaryer du Caucase	Pterocarya fraxinifolia (Poir.) Spach, 1834	NAa	LC			
Érable champêtre, Acéraille	Acer campestre L., 1753	LC	LC			
Érable sycomore, Grand Érable, Érable faux platane	Acer pseudoplatanus L., 1753	LC	LC			
Troène commun, Troène, Raisin de chien	Ligustrum vulgare L., 1753	LC	LC			
Peuplier tremble, Tremble	Populus tremula L., 1753	LC	LC			
Peuplier du canada (cultivar)	Populus x canadensis Moench, 1785	NAa	LC			
Cerisier acide, Griottier, Cerisier vrai, Prunier cerisier	Prunus cerasus L., 1753	NAa	LC			
Prunier laurier-cerise, Laurier-cerise, Laurier-palme	Prunus laurocerasus L., 1753	NAa	LC			
Pyraconthe crénelé ; buisson ardent	Pyracantha crenulata (D.Don) M.Roem., 1847	NAa	LC			
Tilleul	Tilia x europaea L., 1753	LC r	LC			
Orme lisse, Orme blanc, Orme pédonculé	Ulmus laevis Pall., 1784	LC	LC			
Orme mineur, Petit orme, Orme cilié, Orme champêtre, Ormeau	Ulmus minor Mill., 1768	LC	LC			



ECHELLE : 1/500 (A1S2)

0 5,00 10,00 25,00 50,00 m

Nord

O E S

MOE RESTAURATION QUAI DOUMERGUES NANTES

AVP

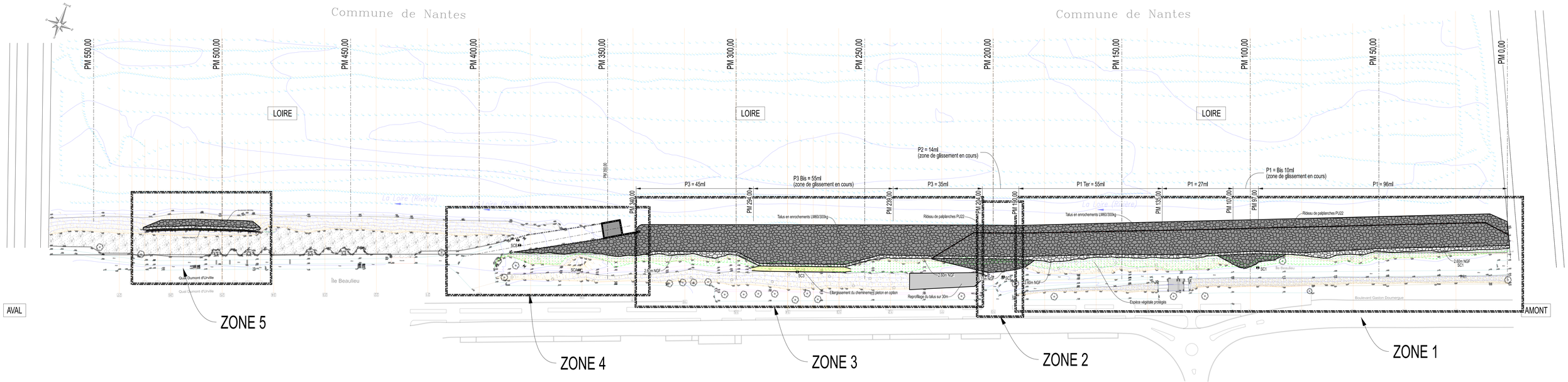
ACCES ET BASE VIE
VUE EN PLAN

ISL INGÉNIERIE
25-27 rue Lemoyne
49100 ANGERS
FRANCE
Tel : (+33)02.41.36.01.77
E-mail : info@isl.fr
www.isl.fr

DATE : 28/11/2023	ÉTABL. : ROR	VÉRIF. : TNO	APPRO. : ATA

N° AFFAIRE	PHASE	NUMÉRO	INDICE
23F121	AVP	001	A

Document : D:\Dossiers - ISL Ingenierie\Affaires\23F121 Quais Doumergues\Dessins et Plans\AVP



LEGENDE GEOTECHNIQUE:

- G1 - FONDASOL - 2017
- G2 AVP - GINGER - 2018

ECHELLE : 1/500 (A1S2)

0 5,00 10,00 25,00 50,00 m

Nord

MOE RESTAURATION QUAI DOUMERGUES NANTES

AVP

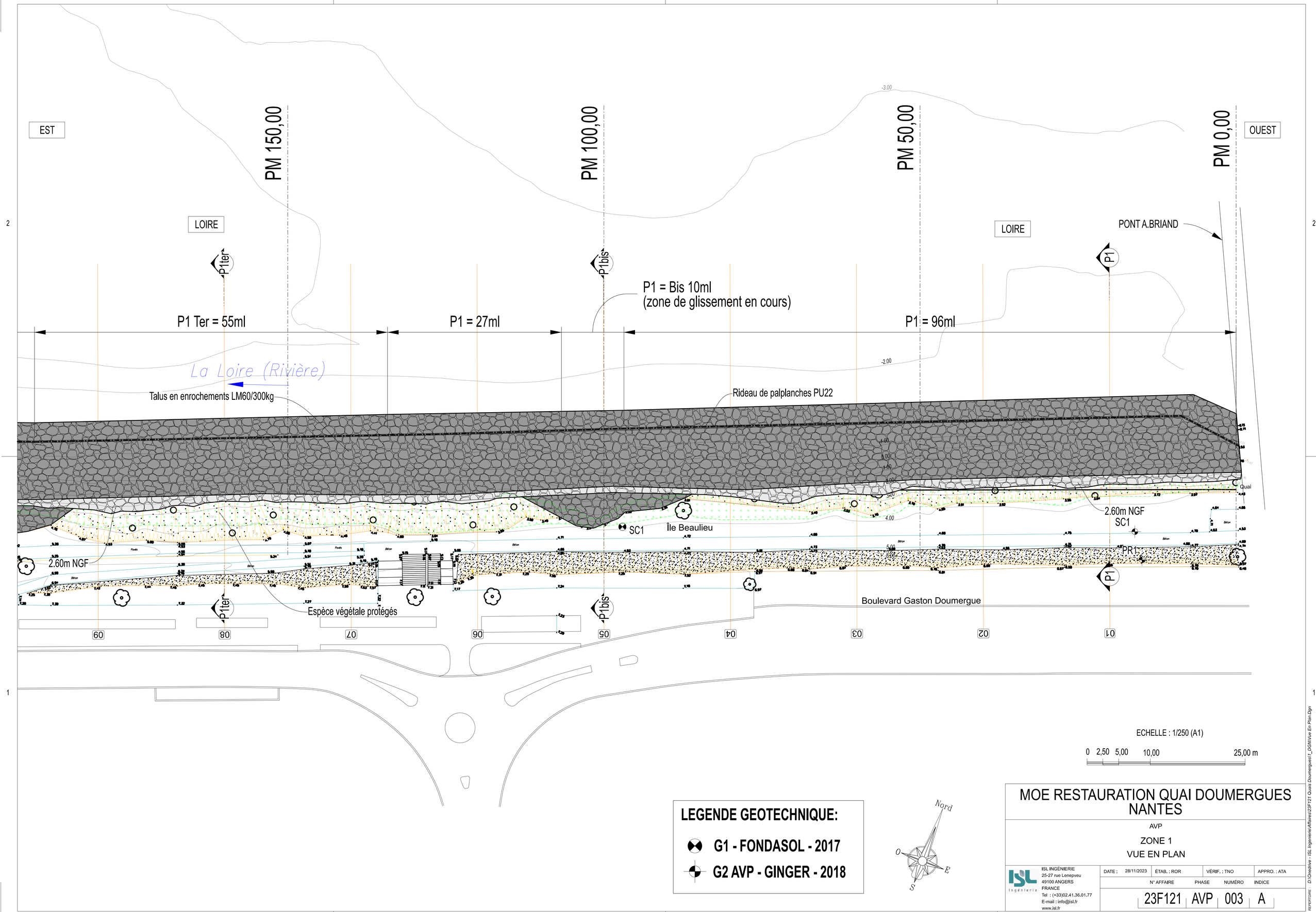
ZONAGE

VUE EN PLAN

ISL INGÉNIERIE
25-27 rue Lenepveu
49100 ANGERS
FRANCE
Tel : (+33)02.41.36.01.77
E-mail : info@isl.fr
www.isl.fr

DATE : 28/11/2023	ÉTAB. : ROR	VÉRIF. : TNO	APPRO. : ATA
N° AFFAIRE	PHASE	NUMÉRO	INDICE
23F121	AVP	002	A

Fichier source : D:\Dirección - ISL Ingeniería\Affaires\23F121 Quais Doumergues\1_DOA\Vue En Plan.Dgn



ECHELLE : 1/250 (A1)

0 2,50 5,00 10,00 25,00 m

LEGENDE GEOTECHNIQUE:

- G1 - FONDASOL - 2017
- G2 AVP - GINGER - 2018

Nord

MOE RESTAURATION QUAI DOUMERGUES NANTES

AVP

ZONE 1

VUE EN PLAN

ISL INGÉNIERIE
25-27 rue Lenepveu
49100 ANGERS
FRANCE
Tel : (+33)02.41.36.01.77
E-mail : info@isl.fr
www.isl.fr

DATE : 28/11/2023	ÉTAB. : ROR	VÉRIF. : TNO	APPRO. : ATA

N° AFFAIRE	PHASE	NUMÉRO	INDICE
23F121	AVP	003	A

REPERTOIRE D:\Onedrive - ISL Ingenierie\Affaires\23F121 Quais Doumergues\1_DGM\Vue En Plan.Dgn

PM 300,00

PM 250,00

PM 200,00

LOIRE

EST

OUEST

P2 = 14ml
(zone de glissement en cours)

P3 = 45ml

P3 Bis = 55ml
(zone de glissement en cours)

P3 = 35ml

Talus en enrochements LM60/300kg

Rideau de palplanches PU22

2.60m NGF

SC3

2.60m NGF

6.15m NGF

SC2

2.60m

Ellargissement du cheminement pieton en option

Reprofilage du talus sur 30m

ECHELLE : 1/200 (A1)

0 2,00 5,00 10,00 20,00 m

LEGENDE GEOTECHNIQUE:

- G1 - FONDASOL - 2017
- G2 AVP - GINGER - 2018

Nord

MOE RESTAURATION QUAI DOUMERGUES NANTES

AVP

ZONE 02 ET 03

VUE EN PLAN

ISL INGÉNIERIE
25-27 rue Lenepveu
49100 ANGERS
FRANCE
Tel : (+33)02.41.36.01.77
E-mail : info@isl.fr
www.isl.fr

DATE : 28/11/2023	ÉTAB. : ROR	VÉRIF. : TNO	APPRO. : ATA

N° AFFAIRE	PHASE	NUMÉRO	INDICE
23F121	AVP	004	A

REPERTOIRE : D:\Onedrive - ISL Ingenierie\Affaires\23F121 Quais Doumergues\1_DGN\Vue En Plan.Dgn

D C B A

2 2

EST

OUEST

PM 350,00

-4.00

-3.00

-2.00

La Loire (Rivière)

Cale existante

Palplanches existantes

Prolongement de la cale avec des dalles préfabriquées

Palplanches PU22

Enrochements LM60/300kg

Poutre de couronnement

-2.30m NGF

-1.44m NGF

7,566

5,800

43,597

14,454

-1.00

0.00

Palplanches PU22

Pente 2H/1V

Pente 1:1.00

2.00

51,449

3.00

4.00

5.00

SC2

SPB

SCB

SCA

PR2

Palplanches existantes

Espece végétale protegée

3,66

6,96

A B C

20 19 18 1

LEGENDE GEOTECHNIQUE:

- G1 - FONDASOL - 2017
- G2 AVP - GINGER - 2018

ECHELLE : 1/100 (A1)

0 1,00 2,50 5,00 10,00 m

Nord

O E S

MOE RESTAURATION QUAI DOUMERGUES NANTES

AVP

ZONE 4

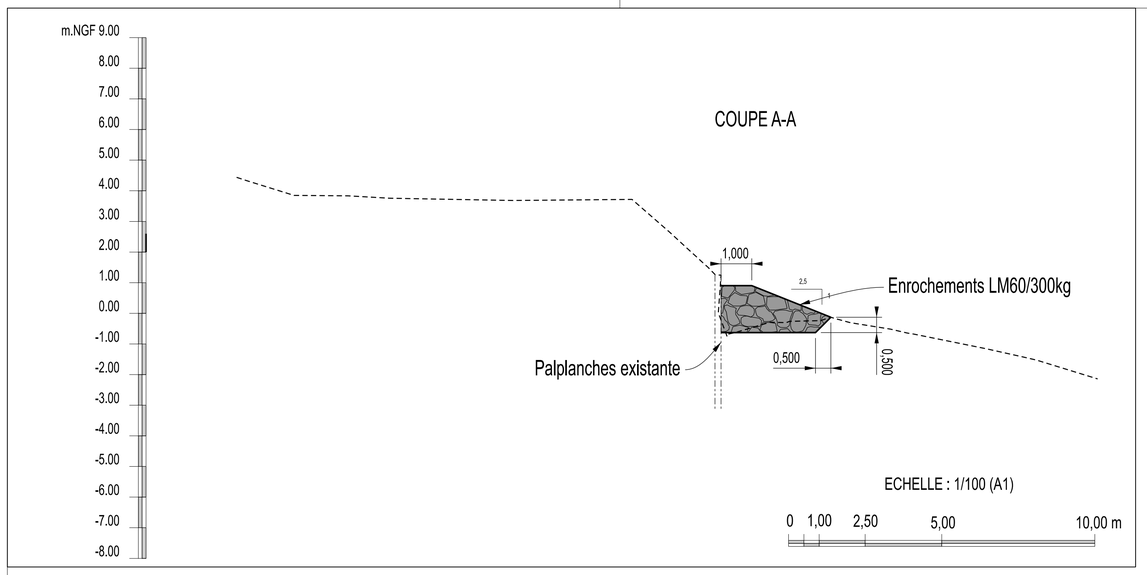
VUE EN PLAN

ISL INGÉNIERIE
25-27 rue Lenepveu
49100 ANGERS
FRANCE
Tel : (+33)02.41.36.01.77
E-mail : info@isl.fr
www.isl.fr

DATE : 28/11/2023	ÉTAB. : ROR	VÉRIF. : TNO	APPRO. : ATA

N° AFFAIRE	PHASE	NUMÉRO	INDICE
23F121	AVP	005	A

REPERTOIRE : D:\Onedrive - ISL Ingenierie\Affaires\23F121 Quais Doumergues\1_DAO\Vue En Plan.Dgn



EST

OUEST

PM 500,00

Enrochements LM60/300kg

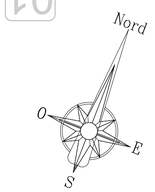
Palplanches existantes

Palplanches

Béton

Pavés

Quai Dumont d'Urville



ECHELLE : 1/100 (A1)

0 1,00 2,50 5,00 10,00 m

MOE RESTAURATION QUAI DOUMERGUES NANTES

AVP

ZONE 05

VUE EN PLAN

ISL INGÉNIERIE
25-27 rue Lenepveu
49100 ANGERS
FRANCE
Tel : (+33)02.41.36.01.77
E-mail : info@isl.fr
www.isl.fr

DATE : 28/11/2023	ÉTAB. : ROR	VÉRIF. : TNO	APPRO. : ATA

N° AFFAIRE	PHASE	NUMÉRO	INDICE
23F121	AVP	006	A

RÉPERTOIRE : D:\Onedrive - ISL Ingenierie\Affaires\23F121 Quais Doumergues\1_DGN\Vue En Plan.Dgn

MOE RESTAURATION QUAI DOUMERGUES NANTES

AVP

ZONE 1

COUPES

ISL INGÉNIERIE
25-27 rue Lenepveu
49100 ANGERS
FRANCE
Tel : (+33)02.41.36.01.77
E-mail : info@isl.fr
www.isl.fr

DATE : 28/11/2023	ÉTAB. : ROR	VÉRIF. : TNO	APPRO. : ATA

N° AFFAIRE	PHASE	NUMÉRO	INDICE
23F121	AVP	007	A

ECHELLE : 1/100 (A1)

0 1,00 2,50 5,00 10,00 m

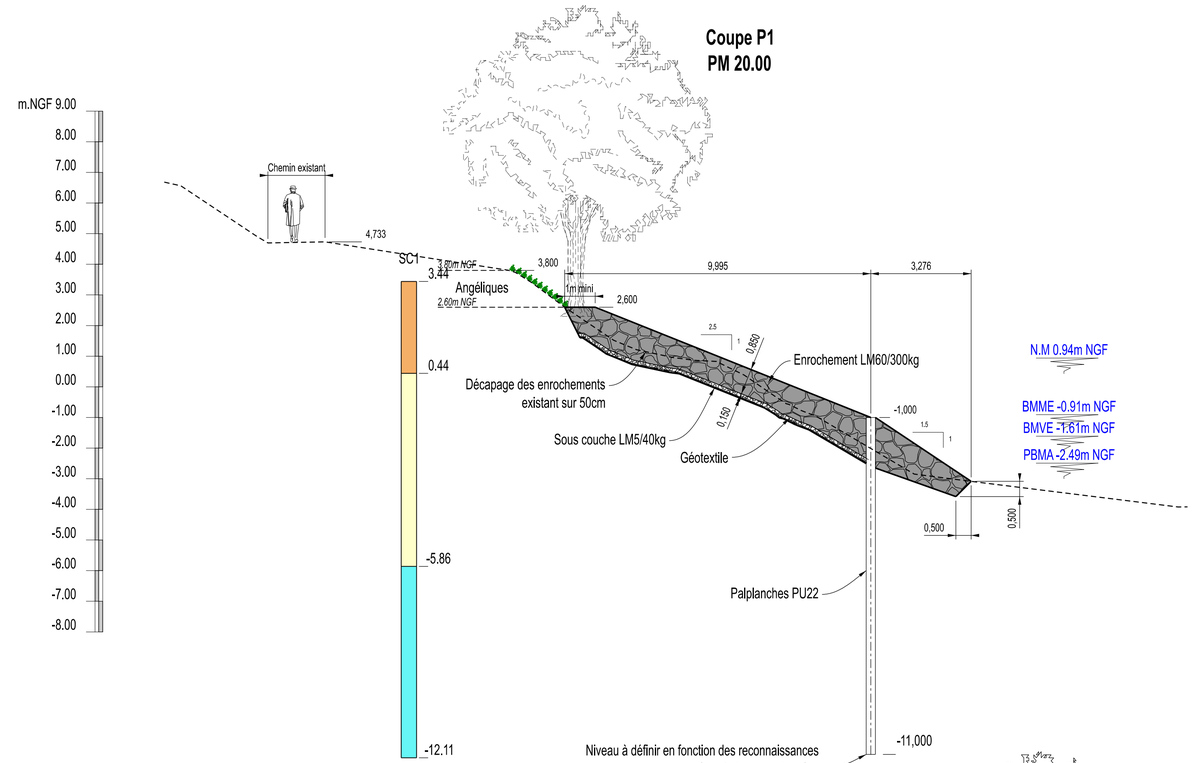
LEGENDE :

- Remblai anthropique
- Alluvions sableuses
- Argile plastique à molle
- Micashiste altéré
- Béton

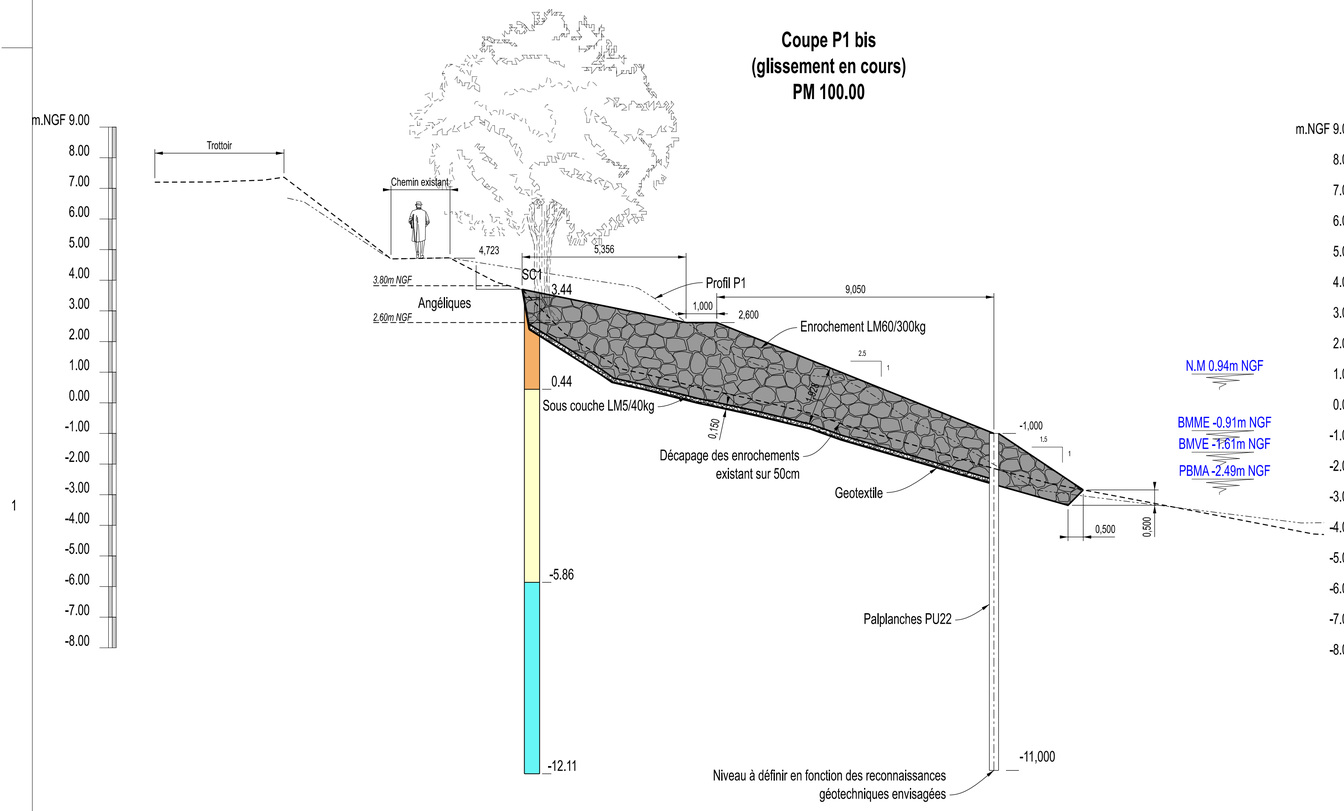
LEGENDE :

N.M : Niveau moyen
BMME : Basse Mer moyenne de Morte-Eau
BMVE : Basse Mer moyenne de Vive-Eau
PBMA : Plus Basse Mer Astronomique

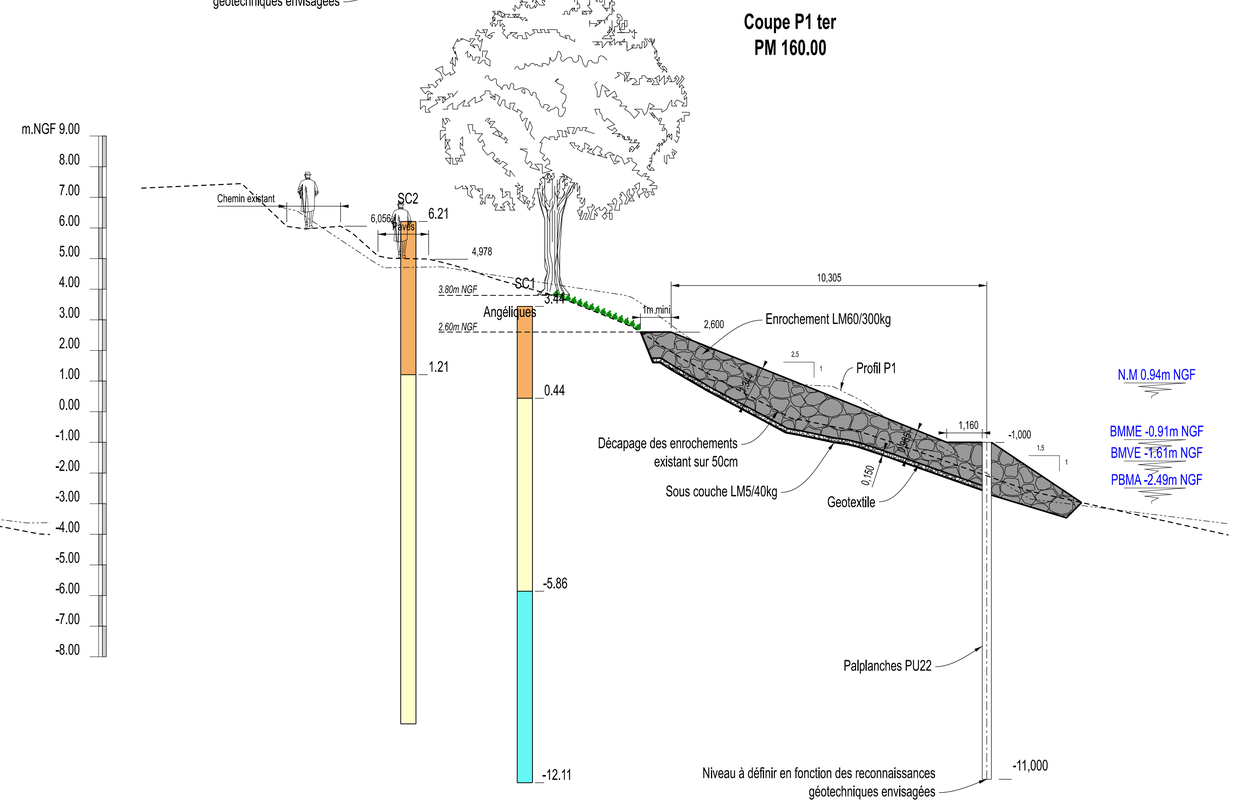
Coupe P1
PM 20.00



Coupe P1 bis
(glissement en cours)
PM 100.00



Coupe P1 ter
PM 160.00



REPERTOIRE : D:\Onedrive - ISL Ingenierie\Affaires\23F121 Quais Doumergues\1_DONNee En Plan.Dgn

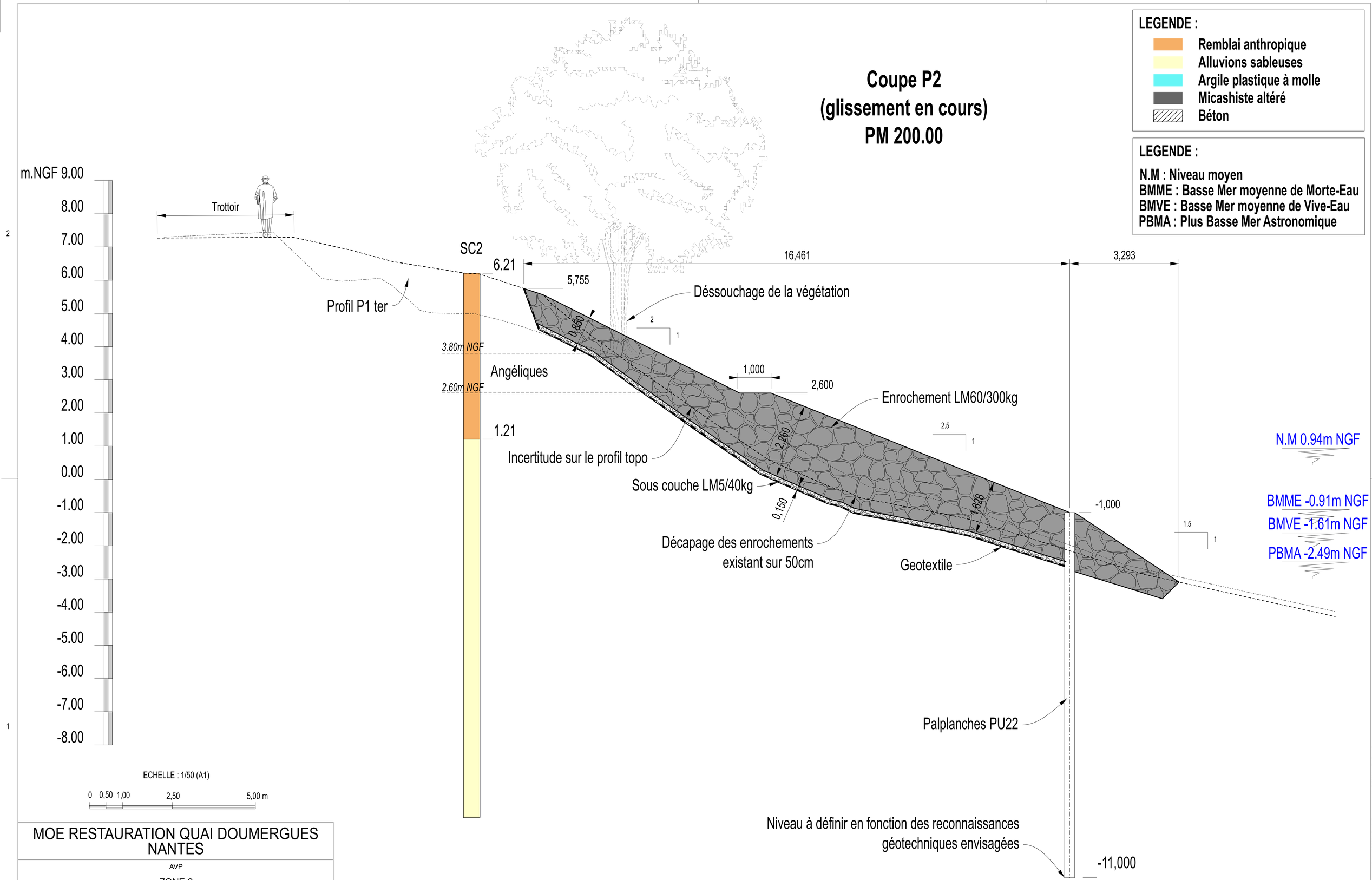
Coupe P2
(glissement en cours)
PM 200.00

LEGENDE :

- Remblai anthropique
- Alluvions sableuses
- Argile plastique à molle
- Micashiste altéré
- Béton

LEGENDE :

N.M : Niveau moyen
BMME : Basse Mer moyenne de Morte-Eau
BMVE : Basse Mer moyenne de Vive-Eau
PBMA : Plus Basse Mer Astronomique



ECHELLE : 1/50 (A1)

0 0,50 1,00 2,50 5,00 m

MOE RESTAURATION QUAI DOUMERGUES NANTES				
AVP				
ZONE 2				
COUPES				
ISL INGÉNIERIE 25-27 rue Lenepveu 49100 ANGERS FRANCE Tel : (+33)02.41.36.01.77 E-mail : info@isl.fr www.isl.fr	DATE : 28/11/2023	ÉTAB. : ROR	VÉRIF. : TNO	APPRO. : ATA
	N° AFFAIRE	PHASE	NUMÉRO	INDICE
	23F121	AVP	008	A

REFERTUNE: D:\Onedrive - ISL Ingenierie\Affaires\23F121 Quais Doumergues\1_DGN\Vue En Plan.Dgn

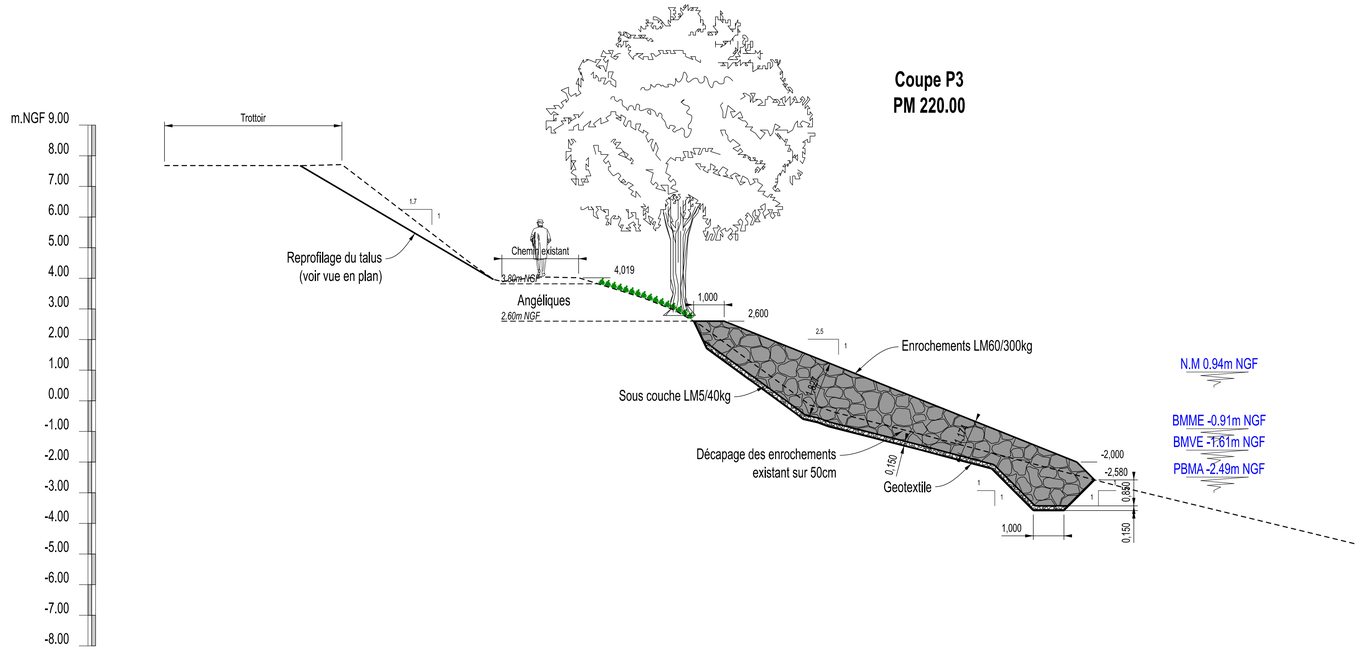
LEGENDE :

- Remblai anthropique
- Alluvions sableuses
- Argile plastique à molle
- Micashiste altéré
- Béton

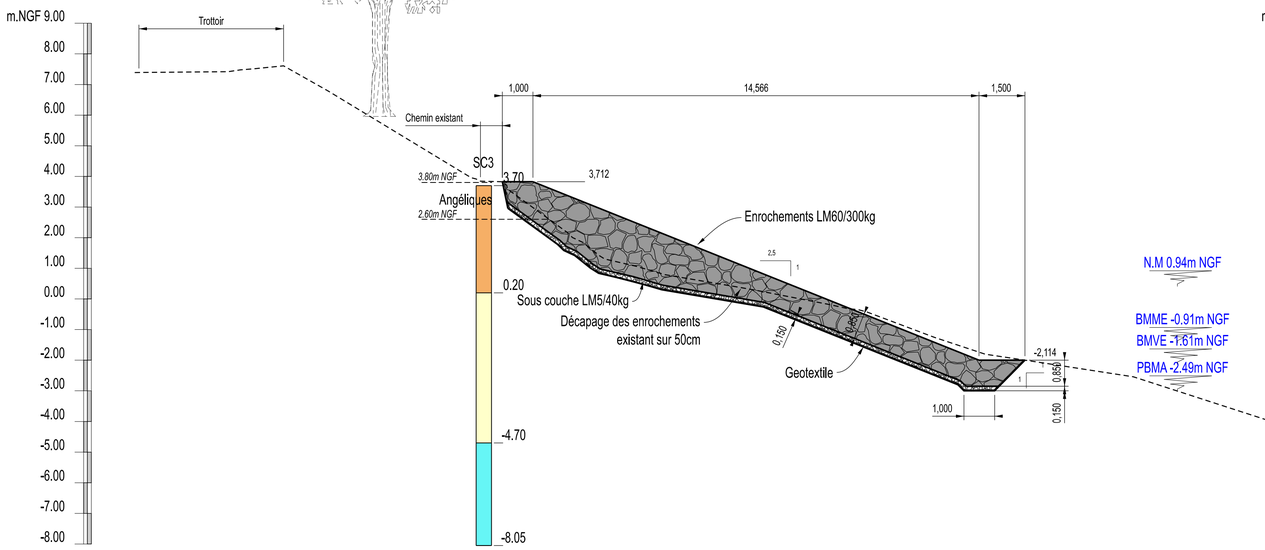
LEGENDE :

N.M : Niveau moyen
BMME : Basse Mer moyenne de Morte-Eau
BMVE : Basse Mer moyenne de Vive-Eau
PBMA : Plus Basse Mer Astronomique

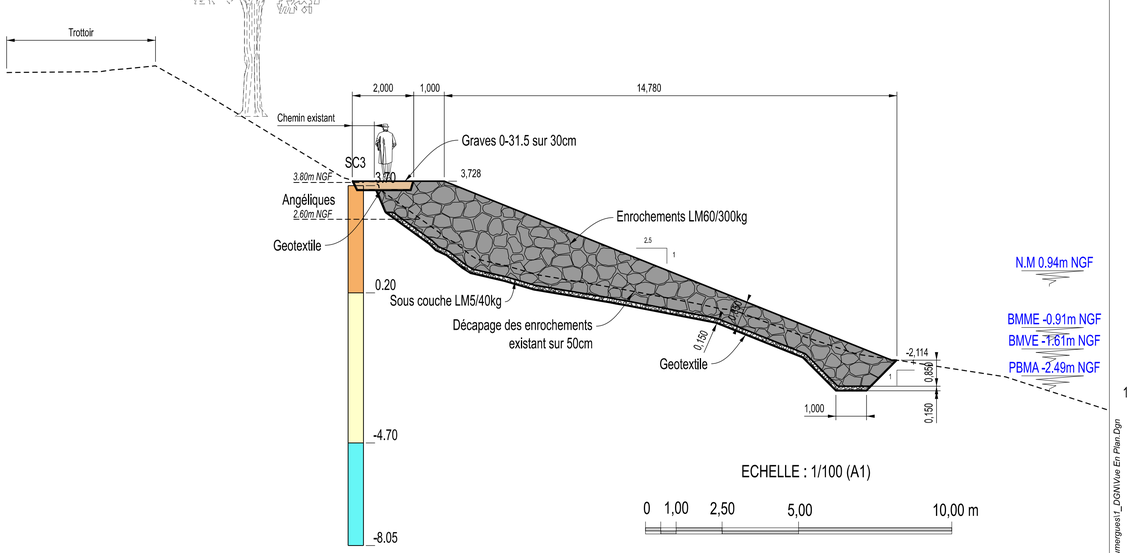
Coupe P3
PM 220.00



Coupe P3 bis
(glissement en cours)
Option : sans maintient du chemin d'accès
PM 265.00



Coupe P3 bis
(glissement en cours)
Option : maintient du chemin d'accès
PM 265.00



ECHELLE : 1/100 (A1)

0 1,00 2,50 5,00 10,00 m

MOE RESTAURATION QUAI DOUMERGUES NANTES

AVP

ZONE 3

COUPES

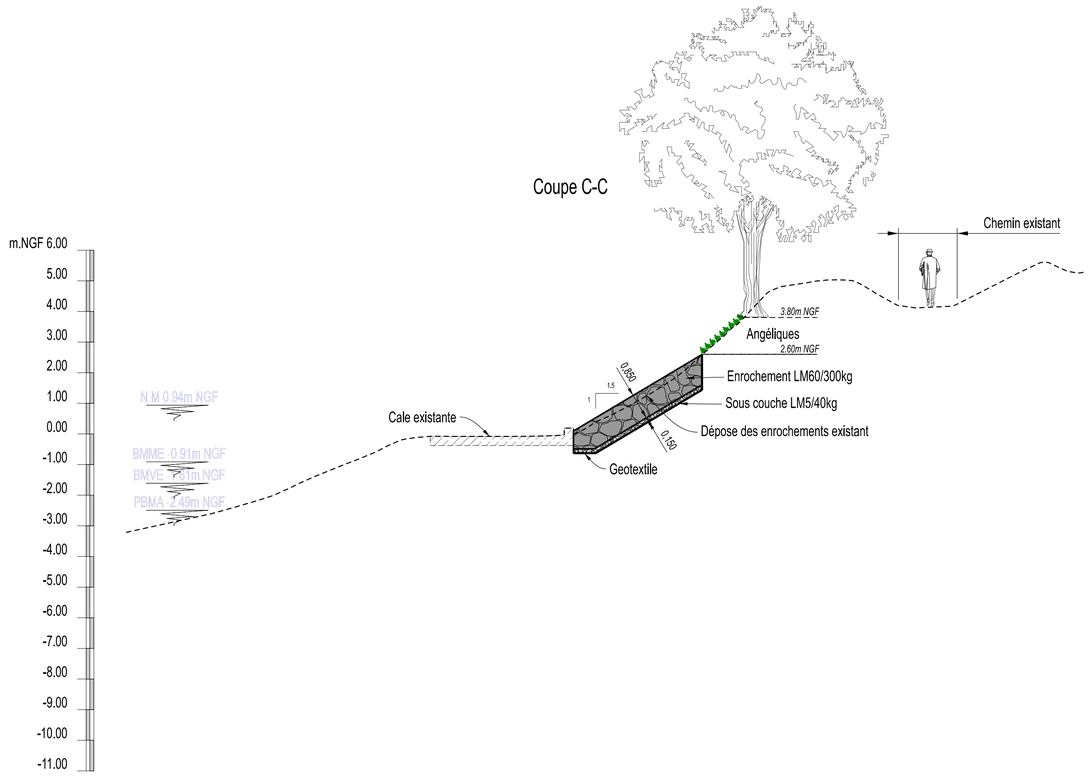
ISL INGÉNIERIE
25-27 rue Lenepveu
49100 ANGERS
FRANCE
Tel : (+33)02.41.36.01.77
E-mail : info@isl.fr
www.isl.fr

DATE : 28/11/2023	ÉTAB. : ROR	VÉRIF. : TNO	APPRO. : ATA

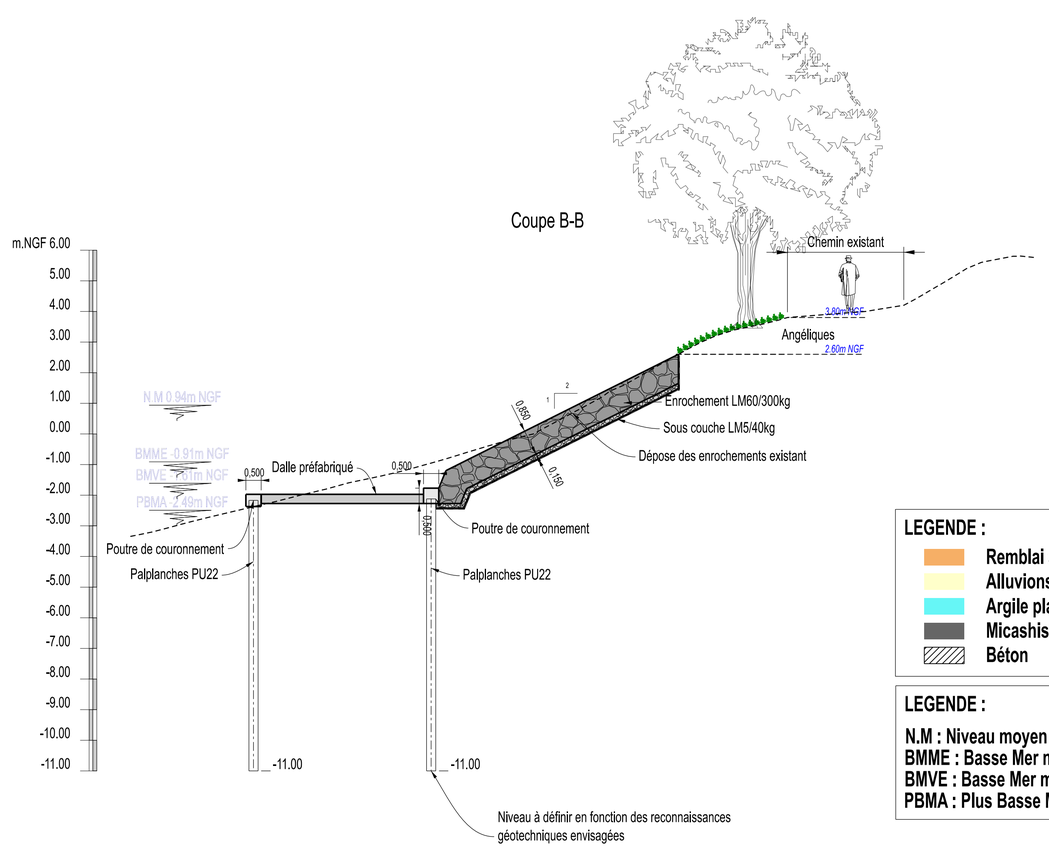
N° AFFAIRE	PHASE	NUMÉRO	INDICE
23F121	AVP	009	A

RÉPERTOIRE : D:\Onedrive - ISL Ingenierie\Affaires\23F121 Quais Doumergues\1_DOING\us En Plan.Dgn

Coupe C-C



Coupe B-B



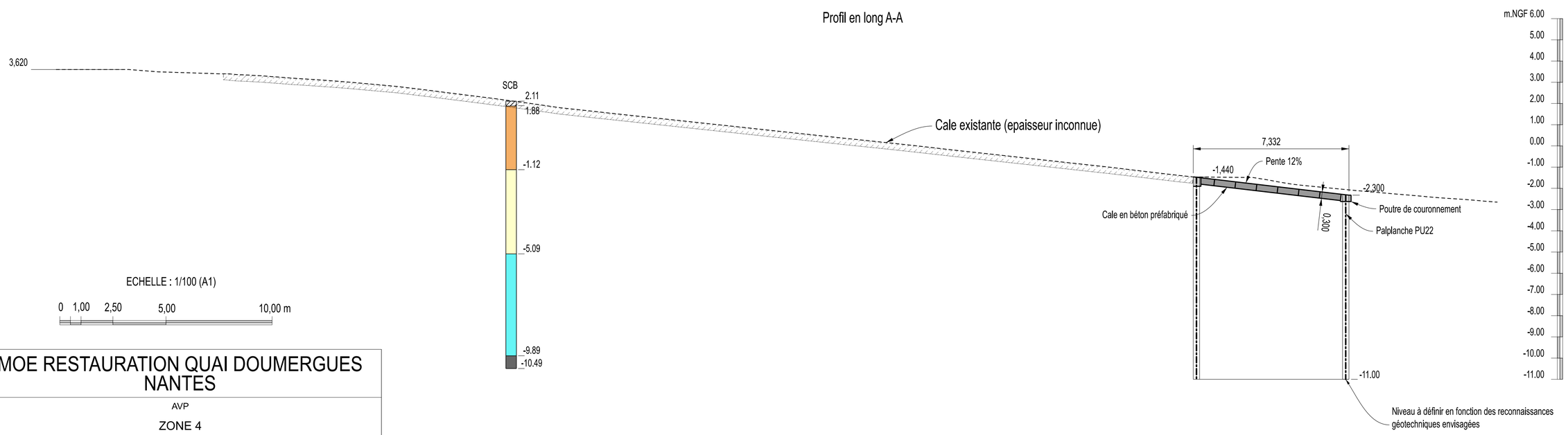
LEGENDE :

- Remblai anthropique
- Alluvions sableuses
- Argile plastique à molle
- Micashiste altéré
- Béton

LEGENDE :

N.M : Niveau moyen
BMME : Basse Mer moyenne de Morte-Eau
BMVE : Basse Mer moyenne de Vive-Eau
PBMA : Plus Basse Mer Astronomique

Profil en long A-A



ECHELLE : 1/100 (A1)

0 1,00 2,50 5,00 10,00 m

MOE RESTAURATION QUAI DOUMERGUES NANTES

AVP

ZONE 4

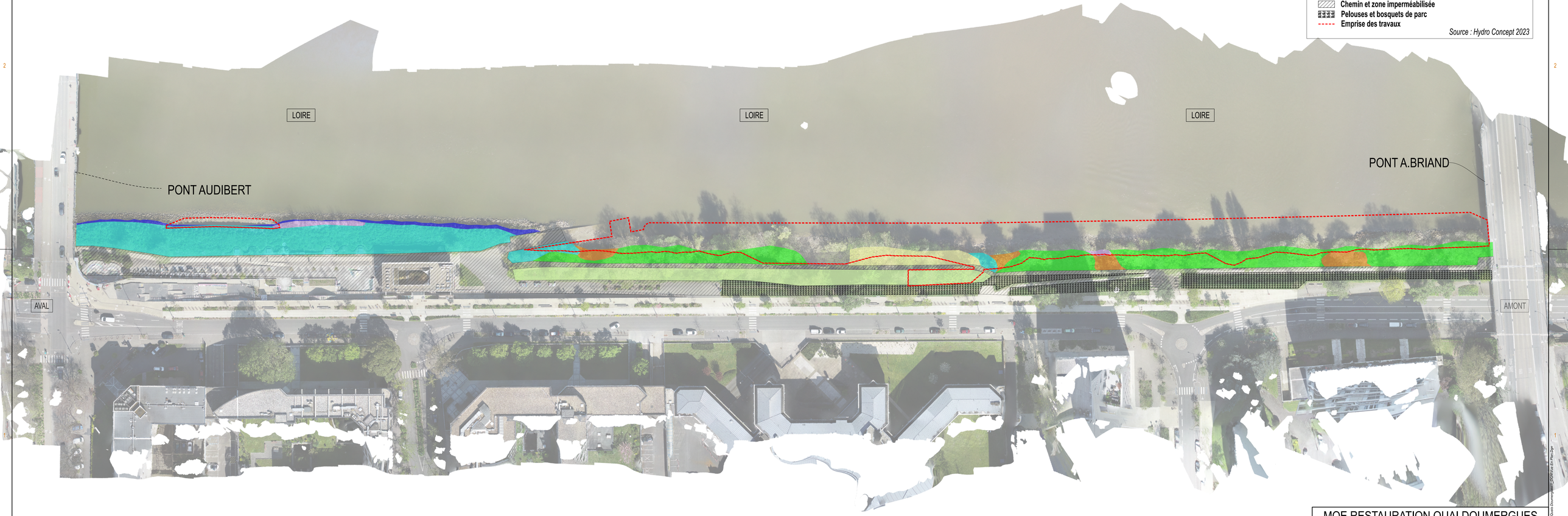
COUPES

ISL INGÉNIERIE
25-27 rue Lenepveu
49100 ANGERS
FRANCE
Tel : (+33)02.41.36.01.77
E-mail : info@isl.fr
www.isl.fr

DATE : 28/11/2023	ÉTAB. : ROR	VÉRIF. : TNO	ATA

N° AFFAIRE	PHASE	NUMÉRO	INDICE
23F121	AVP	010	A

REPERTOIRE : D:\Onedrive - ISL Ingenierie\Affaires\23F121 Quais Doumergues\1_DGN\Vue En Plan.Dgn



LEGENDE :

- Saulaie
- Ronciers
- Roselières
- Mégaphorbiaie (Communautés fluviales à Angelica heterocarpa)
- Boisements de Noyers du Caucase
- Berge de vase à végétation clairsemée
- Scirpaie halophiles
- Fourrés mésophiles
- Chemin et zone imperméabilisée
- Pelouses et bosquets de parc
- Emprise des travaux

Source : Hydro Concept 2023

ECHELLE : 1/500 (A1S2)

0 5,00 10,00 25,00 50,00 m

Nord

O E

S

MOE RESTAURATION QUAI DOUMERGUES NANTES

AVP

CARTE DES HABITATS
VUE EN PLAN

ISL INGENIERIE
25-27 rue Lemaçons
49100 ANGERS
FRANCE
Tel : (+33)02.41.36.01.77
E-mail : info@isl.fr
www.isl.fr

DATE : 28/11/2023	ÉTAB. : ROR	VÉRIF. : TNO	APPRO. : TNO

N° AFFAIRE	PHASE	NUMÉRO	INDICE
23F121	AVP	011	A

Document : D:\Dossiers - ISL Ingenierie\Affaires\23F121 Quais Doumergues (DOM)\Vol 4\1 Plan.dgn

TRAVAUX - CONFORTEMENT DES BERGES DU QUAI DOUMERGUE

				SANS CONSERVER LE CHEMIN PIETON EN ZONE 3		AVEC CHEMIN PIETON EN ZONE 3	
N°	DESIGNATION DES TRAVAUX	Unités	Prix U (€HT)	Quantité	TOTAL (€HT)	Quantité	TOTAL (€HT)
1	**PRIX GENERAUX**						
1,01	Installation générale et repliement du chantier	fft	300000	1	300 000 €	1	300 000 €
1,02	Contrôle qualité	fft	5000	1	5 000 €	1	5 000 €
1,03	Etudes d'exécution	fft	60000	1	60 000 €	1	60 000 €
1,04	Travaux préparatoires (accès et débroussaillage)	fft	20000	1	20 000 €	1	20 000 €
1,05	Mesures environnementales	fft	15000	1	15 000 €	1	15 000 €
1,06	Piquetage et contrôle topographique	fft	7500	1	7 500 €	1	7 500 €
1,07	Dossier des ouvrages exécutés	fft	10000	1	10 000 €	1	10 000 €
1,08	Amené et repli atelier de mise en œuvre palplanches - voie nautrique	fft	150000	1	150 000 €	1	150 000 €
1,09	Amené et repli atelier de terrassement - voie nautrique	fft	150000	1	150 000 €	1	150 000 €
1,10	Amené et repli atelier de terrassement amphibie	fft	10000	1	10 000 €	1	10 000 €
1,10	Elagage de la zone par voie nautique	m²	20	2300	46 000 €	2300	46 000 €
					773 500 €		**773 500 €**
2	**ZONE P1 (ZONE 1)**						
2,01	Décapage des enrochements existants (yc evacuation)	m3	40	1000	40 000 €	1000	40 000 €
2,02	Fourniture et pose de géotextile	m2	5	1500	7 500 €	1500	7 500 €
2,03	Fourniture et mise en œuvre couche de transition 5-40 kg	m3	100	220	22 000 €	220	22 000 €
2,04	Fourniture et mise en œuvre enrochements de protection 60/300 kg	m3	175	1800	315 000 €	1800	315 000 €
2,05	Fouille à la pelle (libération emprise rideau palplanches)	ml	50	130	6 500 €	130	6 500 €
2,06	Fourniture de palplanche de type PU22	t	2070	156	322 920 €	156	322 920 €
2,07	Mise en fiche et battage	ml	230	130	29 900 €	130	29 900 €
2,08	Battage des palplanches	m²	17,25	1430	24 668 €	1430	24 668 €
2,09	Recépage des palplanches	ml	250	130	32 500 €	130	32 500 €
					800 988 €		**800 988 €**
3	**ZONE P1bis (ZONE 1)**						
3,01	Décapage des enrochements existants (yc evacuation)	m3	40	130	5 200 €	130	5 200 €
3,02	Fourniture et pose de géotextile	m2	5	200	1 000 €	200	1 000 €
3,03	Fourniture et mise en œuvre couche de transition 5-40 kg	m3	100	35	3 500 €	35	3 500 €
3,04	Fourniture et mise en œuvre enrochements de protection 60/300 kg	m3	175	400	70 000 €	400	70 000 €
3,05	Fouille à la pelle (libération emprise rideau palplanches)	ml	50	15	750 €	15	750 €
3,06	Fourniture de palplanche de type PU22	t	2070	18	37 260 €	18	37 260 €
3,07	Mise en fiche	ml	230	15	3 450 €	15	3 450 €
3,08	Battage des palplanches	m²	17,25	150	2 588 €	150	2 588 €
3,09	Recépage des palplanches	ml	250	15	3 750 €	15	3 750 €
					127 498 €		**127 498 €**
4	**ZONE P1ter (ZONE 1)**						
4,01	Décapage des enrochements existants (yc evacuation)	m3	40	450	18 000 €	450	18 000 €
4,02	Fourniture et pose de géotextile	m2	5	800	4 000 €	800	4 000 €
4,03	Fourniture et mise en œuvre couche de transition 5-40 kg	m3	100	130	13 000 €	130	13 000 €
4,04	Fourniture et mise en œuvre enrochements de protection 60/300 kg	m3	175	1000	175 000 €	1000	175 000 €
4,05	Fouille à la pelle (libération emprise rideau palplanches)	ml	50	60	3 000 €	60	3 000 €
4,06	Fourniture de palplanche de type PU22	t	2070	72	149 040 €	72	149 040 €
4,07	Mise en fiche	ml	230	60	13 800 €	60	13 800 €
4,08	Battage des palplanches	m²	17,25	600	10 350 €	600	10 350 €
4,09	Recépage des palplanches	ml	250	60	15 000 €	60	15 000 €
					401 190 €		**401 190 €**
5	**ZONE P2 (ZONE 2)**						
5,01	Décapage des enrochements existants (yc evacuation)	m3	40	180	7 200 €	180	7 200 €
5,02	Fourniture et pose de géotextile	m2	5	300	1 500 €	300	1 500 €
5,03	Fourniture et mise en œuvre couche de transition 5-40 kg	m3	100	45	4 500 €	45	4 500 €
5,04	Fourniture et mise en œuvre enrochements de protection 60/300 kg	m3	175	500	87 500 €	500	87 500 €
5,05	Fouille à la pelle (libération emprise rideau palplanches)	ml	50	18	900 €	18	900 €
5,06	Fourniture de palplanche de type PU22	t	2070	21,6	44 712 €	21,6	44 712 €
5,07	Mise en fiche	ml	230	18	4 140 €	18	4 140 €
5,08	Battage des palplanches	m²	17,25	180	3 105 €	180	3 105 €
5,09	Recépage des palplanches	ml	250	18	4 500 €	18	4 500 €
					158 057 €		**158 057 €**
6	**ZONE P3 (ZONE 3)**						
6,01	Décapage des enrochements existants (yc evacuation)	m3	40	750	30 000 €	750	30 000 €
6,02	Fourniture et pose de géotextile	m2	5	1350	6 750 €	1350	6 750 €
6,03	Fourniture et mise en œuvre couche de transition 5-40 kg	m3	100	200	20 000 €	200	20 000 €
6,04	Fourniture et mise en œuvre enrochements de protection 60/300 kg	m3	175	1650	288 750 €	1650	288 750 €
6,05	Reprofilage talus haut	m3	30	100	3 000 €	100	3 000 €
					348 500 €		**348 500 €**
7	**ZONE P3bis (ZONE 3)**						
7,01	Décapage des enrochements existants (yc evacuation)	m3	40	800	32 000 €	650	26 000 €
7,02	Fourniture et pose de géotextile	m2	5	1200	6 000 €	1300	6 500 €
7,03	Fourniture et mise en œuvre couche de transition 5-40 kg	m3	100	160	16 000 €	160	16 000 €
7,04	Fourniture et mise en œuvre enrochements de protection 60/300 kg	m3	175	950	166 250 €	1450	253 750 €
7,05	Mise en œuvre chemin piéton	ml	200	55	11 000 €	55	11 000 €
					231 250 €		**313 250 €**
8	**ALLONGEMENT DE LA CALLE (ZONE 4)**						
8,01	Décapage des enrochements existants (yc evacuation)	m3	40	350	14 000 €	350	14 000 €
8,02	Fourniture et pose de géotextile	m2	5	330	1 650 €	330	1 650 €
8,03	Fourniture et mise en œuvre couche de transition 5-40 kg	m3	100	45	4 500 €	45	4 500 €
8,04	Fourniture et mise en œuvre enrochements de protection 60/300 kg	m3	175	250	43 750 €	250	43 750 €
8,05	Réalisation des poutres de couronnement en béton armé	m3	1000	12	12 000 €	12	12 000 €
8,06	Dalle en béton préfabriqué	m3	1000	12	12 000 €	12	12 000 €
8,07	Fouille à la pelle (libération emprise rideau palplanches)	ml	50	35	1 750 €	35	1 750 €
8,08	Fourniture de palplanche de type PU22	t	2070	42	86 940 €	42	86 940 €
8,09	Mise en fiche	ml	230	35	8 050 €	35	8 050 €
8,10	Battage des palplanches	m²	17,25	350	6 038 €	350	6 038 €
8,11	Recépage des palplanches	ml	250	35	8 750 €	35	8 750 €
					199 428 €		**199 428 €**
9	**REPRISE BUTEE RIDEAU PALPLANCHES EXISTANT (ZONE 5)**						
9,01	Décapage des enrochements existants (yc evacuation)	m3	40	65	2 600 €	65	2 600 €
9,02	Fourniture et mise en œuvre enrochements de protection 60/300 kg	m3	175	170	29 750 €	170	29 750 €
					32 350 €		**32 350 €**
TOTAL HT					**3 072 759,50 €**		**3 154 759,50 €**
Aléas (15%)					**460 913,93 €**		**473 213,93 €**
TOTAL avec aléas € HT					**3 533 673,43 €**		**3 627 973,43 €**

TRAVAUX - CONFORTEMENT DES BERGES DU QUAI DOUMERGUE - PRIORITE 1

				SANS CONSERVER LE CHEMIN PIETON EN ZONE 3		AVEC CHEMIN PIETON EN ZONE 3	
N°	**DESIGNATION DES TRAVAUX**	**Unités**	**Prix U (€HT)**	**Quantité**	**TOTAL (€HT)**	**Quantité**	**TOTAL (€HT)**
1	**PRIX GENERAUX**						
1,01	Installation générale et repliement du chantier	fft	200 000 €	1	200 000 €	1	200 000 €
1,02	Contrôle qualité	fft	5 000 €	1	5 000 €	1	5 000 €
1,03	Etudes d'exécution	fft	30 000 €	1	30 000 €	1	30 000 €
1,04	Travaux préparatoires (accès et débroussaillage)	fft	10 000 €	1	10 000 €	1	10 000 €
1,05	Mesures environnementales	fft	10 000 €	1	10 000 €	1	10 000 €
1,06	Piquetage et contrôle topographique	fft	4 000 €	1	4 000 €	1	4 000 €
1,07	Dossier des ouvrages exécutés	fft	5 000 €	1	5 000 €	1	5 000 €
1,08	Amené et repli atelier de mise en œuvre palplanches - voie nautrique	fft	150 000 €	1	150 000 €	1	150 000 €
1,09	Amené et repli atelier de terrassement - voie nautrique	fft	150 000 €	1	150 000 €	1	150 000 €
1,10	Amené et repli atelier de terrassement amphibie	fft	10 000 €	1	10 000 €	1	10 000 €
1,10	Elagage de la zone par voie nautique	m²	20	1300	26 000 €	1300	26 000 €
					600 000 €		**600 000 €**
2	**ZONE P1 (ZONE 1)**						
2,01	Décapage des enrochements existants (yc evacuation)	m3	40	1000	40 000 €	1000	40 000 €
2,02	Fourniture et pose de géotextile	m2	5	1500	7 500 €	1500	7 500 €
2,03	Fourniture et mise en œuvre couche de transition 5-40 kg	m3	100	220	22 000 €	220	22 000 €
2,04	Fourniture et mise en œuvre enrochements de protection 60/300 kg	m3	175	1800	315 000 €	1800	315 000 €
2,05	Fouille à la pelle (libération emprise rideau palplanches)	ml	50	130	6 500 €	130	6 500 €
2,06	Fourniture de palplanche de type PU22	t	2070	156	322 920 €	156	322 920 €
2,07	Mise en fiche et battage	ml	230	130	29 900 €	130	29 900 €
2,08	Battage des palplanches	m²	17,25	1430	24 668 €	1430	24 668 €
2,09	Recépage des palplanches	ml	250	130	32 500 €	130	32 500 €
					800 988 €		**800 988 €**
3	**ZONE P1bis (ZONE 1)**						
3,01	Décapage des enrochements existants (yc evacuation)	m3	40	130	5 200 €	130	5 200 €
3,02	Fourniture et pose de géotextile	m2	5	200	1 000 €	200	1 000 €
3,03	Fourniture et mise en œuvre couche de transition 5-40 kg	m3	100	35	3 500 €	35	3 500 €
3,04	Fourniture et mise en œuvre enrochements de protection 60/300 kg	m3	175	400	70 000 €	400	70 000 €
3,05	Fouille à la pelle (libération emprise rideau palplanches)	ml	50	15	750 €	15	750 €
3,06	Fourniture de palplanche de type PU22	t	2070	18	37 260 €	18	37 260 €
3,07	Mise en fiche	ml	230	15	3 450 €	15	3 450 €
3,08	Battage des palplanches	m²	17,25	150	2 588 €	150	2 588 €
3,09	Recépage des palplanches	ml	250	15	3 750 €	15	3 750 €
					127 498 €		**127 498 €**
5	**ZONE P2 (ZONE 2)**						
5,01	Décapage des enrochements existants (yc evacuation)	m3	40	180	7 200 €	180	7 200 €
5,02	Fourniture et pose de géotextile	m2	5	300	1 500 €	300	1 500 €
5,03	Fourniture et mise en œuvre couche de transition 5-40 kg	m3	100	45	4 500 €	45	4 500 €
5,04	Fourniture et mise en œuvre enrochements de protection 60/300 kg	m3	175	500	87 500 €	500	87 500 €
5,05	Fouille à la pelle (libération emprise rideau palplanches)	ml	50	18	900 €	18	900 €
5,06	Fourniture de palplanche de type PU22	t	2070	21,6	44 712 €	21,6	44 712 €
5,07	Mise en fiche	ml	230	18	4 140 €	18	4 140 €
5,08	Battage des palplanches	m²	17,25	180	3 105 €	180	3 105 €
5,09	Recépage des palplanches	ml	250	18	4 500 €	18	4 500 €
					158 057 €		**158 057 €**
7	**ZONE P3bis (ZONE 3)**						
7,01	Décapage des enrochements existants (yc evacuation)	m3	40	800	32 000 €	650	26 000 €
7,02	Fourniture et pose de géotextile	m2	5	1200	6 000 €	1300	6 500 €
7,03	Fourniture et mise en œuvre couche de transition 5-40 kg	m3	100	160	16 000 €	160	16 000 €
7,04	Fourniture et mise en œuvre enrochements de protection 60/300 kg	m3	175	950	166 250 €	1450	253 750 €
7,05	Mise en œuvre chemin piéton	ml	200	55	11 000 €	55	11 000 €
					231 250 €		**313 250 €**
TOTAL HT					**1 917 792,00 €**		**1 999 792,00 €**
Aléas (15%)					**287 668,80 €**		**299 968,80 €**
TOTAL avec aléas € HT					**2 205 460,80 €**		**2 299 760,80 €**

TRAVAUX - CONFORTEMENT DES BERGES DU QUAI DOUMERGUE - PRIORITE 2

				SANS CONSERVER LE CHEMIN PIETON EN ZONE 3		AVEC CHEMIN PIETON EN ZONE 3	
N°	DESIGNATION DES TRAVAUX	Unités	Prix U (€HT)	Quantité	TOTAL (€HT)	Quantité	TOTAL (€HT)
1	**PRIX GENERAUX**						
1,01	Installation générale et repliement du chantier	fft	150000	1	150 000 €	1	150 000 €
1,02	Contrôle qualité	fft	5000	1	5 000 €	1	5 000 €
1,03	Etudes d'exécution	fft	15000	1	15 000 €	1	15 000 €
1,04	Travaux préparatoires (accès et débroussaillage)	fft	10000	1	10 000 €	1	10 000 €
1,05	Mesures environnementales	fft	5000	1	5 000 €	1	5 000 €
1,06	Piquetage et contrôle topographique	fft	3000	1	3 000 €	1	3 000 €
1,07	Dossier des ouvrages exécutés	fft	2500	1	2 500 €	1	2 500 €
1,08	Amené et repli atelier de mise en œuvre palplanches - voie nautrique	fft	150000	1	150 000 €	1	150 000 €
1,09	Amené et repli atelier de terrassement - voie nautrique	fft	150000	1	150 000 €	1	150 000 €
1,10	Amené et repli atelier de terrassement amphibie	fft	10000	1	10 000 €	1	10 000 €
1,10	Elagage de la zone par voie nautique	m²	20	1000	20 000 €	1000	20 000 €
					520 500 €		**520 500 €**
4	**ZONE P1ter (ZONE 1)**						
4,01	Décapage des enrochements existants (yc evacuation)	m3	40	450	18 000 €	450	18 000 €
4,02	Fourniture et pose de géotextile	m2	5	800	4 000 €	800	4 000 €
4,03	Fourniture et mise en œuvre couche de transition 5-40 kg	m3	100	130	13 000 €	130	13 000 €
4,04	Fourniture et mise en œuvre enrochements de protection 60/300 kg	m3	175	1000	175 000 €	1000	175 000 €
4,05	Fouille à la pelle (libération emprise rideau palplanches)	ml	50	60	3 000 €	60	3 000 €
4,06	Fourniture de palplanche de type PU22	t	2070	72	149 040 €	72	149 040 €
4,07	Mise en fiche	ml	230	60	13 800 €	60	13 800 €
4,08	Battage des palplanches	m²	17,25	600	10 350 €	600	10 350 €
4,09	Recépage des palplanches	ml	250	60	15 000 €	60	15 000 €
					401 190 €		**401 190 €**
6	**ZONE P3 (ZONE 3)**						
6,01	Décapage des enrochements existants (yc evacuation)	m3	40	750	30 000 €	750	30 000 €
6,02	Fourniture et pose de géotextile	m2	5	1350	6 750 €	1350	6 750 €
6,03	Fourniture et mise en œuvre couche de transition 5-40 kg	m3	100	200	20 000 €	200	20 000 €
6,04	Fourniture et mise en œuvre enrochements de protection 60/300 kg	m3	175	1650	288 750 €	1650	288 750 €
6,05	Reprofilage talus haut	m3	30	100	3 000 €	100	3 000 €
					348 500 €		**348 500 €**
TOTAL HT					**1 270 190,00 €**		**1 270 190,00 €**
Aléas (15%)					**190 528,50 €**		**190 528,50 €**
TOTAL avec aléas € HT					**1 460 718,50 €**		**1 460 718,50 €**

TRAVAUX - CONFORTEMENT DES BERGES DU QUAI DOUMERGUE - PRIORITE 3

				SANS CONSERVER LE CHEMIN PIETON EN ZONE 3		AVEC CHEMIN PIETON EN ZONE 3	
N°	DESIGNATION DES TRAVAUX	Unités	Prix U (€HT)	Quantité	TOTAL (€HT)	Quantité	TOTAL (€HT)
1	**PRIX GENERAUX**						
1,01	Installation générale et repliement du chantier	fft	65000	1	65 000 €	1	65 000 €
1,02	Contrôle qualité	fft	5000	1	5 000 €	1	5 000 €
1,03	Etudes d'exécution	fft	15000	1	15 000 €	1	15 000 €
1,04	Travaux préparatoires (accès et débroussaillage)	fft	5000	1	5 000 €	1	5 000 €
1,05	Mesures environnementales	fft	2000	1	2 000 €	1	2 000 €
1,06	Piquetage et contrôle topographique	fft	1000	1	1 000 €	1	1 000 €
1,07	Dossier des ouvrages exécutés	fft	2500	1	2 500 €	1	2 500 €
1,08	Amené et repli atelier de mise en œuvre palplanches - voie nautrique	fft	150000	1	150 000 €	1	150 000 €
1,09	Amené et repli atelier de terrassement - voie nautrique	fft	150000	1	150 000 €	1	150 000 €
1,10	Amené et repli atelier de terrassement amphibie	fft	10000	1	10 000 €	1	10 000 €
1,10	Elagage de la zone par voie nautique	m²	20	0	- €	0	- €
					405 500 €		**405 500 €**
8	**ALLONGEMENT DE LA CALLE (ZONE 4)**						
8,01	Décapage des enrochements existants (yc evacuation)	m3	40	350	14 000 €	350	14 000 €
8,02	Fourniture et pose de géotextile	m2	5	330	1 650 €	330	1 650 €
8,03	Fourniture et mise en œuvre couche de transition 5-40 kg	m3	100	45	4 500 €	45	4 500 €
8,04	Fourniture et mise en œuvre enrochements de protection 60/300 kg	m3	175	250	43 750 €	250	43 750 €
8,05	Réalisation des poutres de couronnement en béton armé	m3	1000	12	12 000 €	12	12 000 €
8,06	Dalle en béton préfabriqué	m3	1000	12	12 000 €	12	12 000 €
8,07	Fouille à la pelle (libération emprise rideau palplanches)	ml	50	35	1 750 €	35	1 750 €
8,08	Fourniture de palplanche de type PU22	t	2070	42	86 940 €	42	86 940 €
8,09	Mise en fiche	ml	230	35	8 050 €	35	8 050 €
8,10	Battage des palplanches	m²	17,25	350	6 038 €	350	6 038 €
8,11	Recépage des palplanches	ml	250	35	8 750 €	35	8 750 €
					199 428 €		**199 428 €**
9	**REPRISE BUTEE RIDEAU PALPLANCHES EXISTANT (ZONE 5)**						
9,01	Décapage des enrochements existants (yc evacuation)	m3	40	65	2 600 €	65	2 600 €
9,02	Fourniture et mise en œuvre enrochements de protection 60/300 kg	m3	175	170	29 750 €	170	29 750 €
					32 350 €		**32 350 €**
TOTAL HT					**637 277,50 €**		**637 277,50 €**
Aléas (15%)					**95 591,63 €**		**95 591,63 €**
TOTAL avec aléas € HT					**732 869,13 €**		**732 869,13 €**