

RAPPORT TECHNIQUE AVP

MISSION DE MAITRISE D'ŒUVRE POUR LE CONFORTEMENT DE BERGE DE LA SIAGNE

8 octobre 2021



Informations relatives au document

INFORMATIONS GÉNÉRALES

Auteur(s)	Aristeidis MIKROUTSIKOS, Moussa TALL, Veronique GOMAS
Volume du document	
Version	V1
Référence	MED0217

HISTORIQUE DES MODIFICATIONS

Version	Date	Vérfié par	Fonction
V0	08-Oct-2021	Aristeidis MIKROUTSIKOS	Chef de projet
V1	04-Jan-2022	Aristeidis MIKROUTSIKOS	Chef de projet

Version	Date	Approuvé par	Fonction
V0	08-Oct-2021	Marion BOUCAULT	Directrice de projet
V1	04-Jan-2022	Marion BOUCAULT	Directrice de projet

DESTINATAIRES

Nom	Entité
M. CAREDDU Michel	MAIRIE DE MANDELIEU
M. ANCEL Rémy	MAIRIE DE MANDELIEU

SOMMAIRE

1 - PREAMBULE.....	6
1.1 - Contexte et objectif de l'étude	6
1.2 - Contenu du dossier.....	6
1.3 - Localisation de la zone d'étude.....	6
2 - ETAT INITIAL	8
2.1 - Réunion de démarrage – Visite du 07/09/2021.....	8
2.2 - Synthèse des données existantes.....	9
2.2.1 - Etudes antérieures.....	9
2.2.2 - Synthèse des investigations géotechniques G2-AVP	9
2.2.3 - Inventaire des réseaux.....	12
2.2.4 - Environnement.....	13
2.3 - Contexte Règlementaire	13
2.3.1 - Zonage au titre du Code de l'Environnement.....	13
2.3.2 - Zonage au titre du Code de l'Urbanisme.....	18
3 - ENJEUX, CONTRAINTES ET DIFFICULTES D'EXECUTION.....	20
3.1 - Contraintes liées à la navigation des plaisanciers et la circulation des golfeurs	20
3.2 - Contraintes liées à la circulation ferroviaire et routière.....	20
3.3 - Incertitudes techniques.....	21
3.4 - Contrainte planning	21
3.5 - Contraintes environnementales	21
3.6 - Submersion marine	21
3.7 - Premier cadrage réglementaire et procédure associées.....	22
4 - ORGANISATION DU CHANTIER	24
5 - AMENAGEMENTS PROJETES	25
5.1 - Introduction	25
5.2 - Solution A : Réalisation d'un « écran droit » en rivière, remblayé à l'arrière	25
5.2.1 - Description	25
5.2.1.1 - Zones aval et amont le viaduc SNCF	25
5.2.1.2 - Franchissement au droit de la pile SNCF	26
5.2.2 - Phasage	27
5.2.3 - Délais	27
5.2.4 - Avantages et inconvénients de la solution A	28
5.3 - Solution B : Confortement de la berge existante et réalisation d'un quai fondé sur pieux.....	29
5.3.1 - Description	29
5.3.1.1 - Zones aval et amont le viaduc SNCF	29
5.3.1.2 - Franchissement au droit de la pile SNCF	31

5.3.2 - Phasage	31
5.3.3 - Délais	31
5.3.4 - Avantages et inconvénients de la solution B	31
5.4 - Solution Mixte	32
6 - ANALYSE COMPARATIVE DES SCENARIOS	34
7 - CONCLUSIONS - RECOMMANDATIONS	36
ANNEXE 1 – CALCULS DE PREDIMENSIONNEMENT	37
8 - RIDEAU MIXTE	38
8.1 - Hypothèses géotechniques et autres	38
8.2 - Charges	38
8.2.1 - Charges permanentes	38
8.2.2 - Charges d'exploitation.....	38
8.2.3 - Séisme	39
8.3 - Phasage.....	39
8.4 - Résultats	39
8.4.1 - Stabilité générale.....	39
8.4.2 - Stabilité interne	39
9 - QUAI OUVERT.....	41
9.1 - Principe de la solution.....	41
9.2 - Rideau de soutènement devant l'ouvrage existant	41
9.3 - Structure ouverte.....	43
9.3.1 - Modélisation Robot.....	43
9.3.2 - Pieux	43
9.3.3 - Poutres	44
9.3.4 - Portance	44
10 - STRUCTURE AU DROIT DE LA PILE SNCF	47
ANNEXE 2 – PLANS	48

FIGURES

Figure 1: PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE (SOURCE GOOGLE EARTH).....	7
--	---

Figure 2: Localisation des sondages réalisés par ERG Géotechnique en 2021 (source : ERG Géotechnique)	11
Figure 3: NAVIGATION SUR LA SIAGNE	20
Figure 4: Voie SNCF (Ligne à grande vitesse)	20
Figure 5: Extrait PAC submersion marine TRI Mandelieu-Cannes-Nice	22
Figure 6: Installation de chantier et accès au droit de la berge rive gauche	24
Figure 7: Principe de Combi-wall	25
Figure 8: Coupe type de la Solution A (Zone aval Viaduc SNCF)	26
Figure 9: Coupe type de la Solution au droit du Viaduc SNCF	27
Figure 10: Principe de la Solution	29
Figure 11: Coupe type de la Solution B (Zone aval Viaduc SNCF)	30
Figure 12: Solution Mixte (Zone Amont Viaduc SNCF)	33

TABLEAUX

Tableau 1: Résultats des sondages carottés SC1 et SC2	12
Tableau 2: Récapitulatif des réseaux existants et gestionnaires concernés par la DT	12

1 - PREAMBULE

1.1 - Contexte et objectif de l'étude

Le territoire de la commune de Mandelieu La Napoule est traversé par deux cours d'eau qui se jettent dans le Golfe de la Napoule : le Riou de l'Argentière et la Siagne. Cette dernière a toujours constitué un espace naturel très apprécié compte tenu de la présence d'un environnement très boisé du golf du Country club et des nombreuses activités générées par la Siagne.

D'importants travaux de remplacement du viaduc enjambant la Siagne ont été entrepris par la SNCF en 2017. Les études préalables de stabilité des terres ont permis de déceler une problématique de stabilité de la rive gauche en aval du viaduc. Des travaux d'urgence de confortement de type palplanches avaient par ailleurs été prévus fin 2017 sur une partie de la berge. Ce projet a été finalement abandonné en cours de travaux en raison de l'obtention de refus de pénétration des palplanches ; notons que les palplanches réalisées dans le cadre de cette intervention sont toujours en place et présentes sur site.

Des désordres, de type affaissement et fissurations de la chaussée en tête des berges, se produisent régulièrement sur ce cours d'eau en rive gauche aval du viaduc SNCF. Il convient donc de réaliser des travaux de confortement pour éviter des détériorations accrues de berges et de multiples réfections du trottoir et de la route.

Il s'agit donc dans cette mission MOE, de procéder à un confortement pérenne de la portion rive gauche de la Siagne en aval du viaduc SNCF, sur un linéaire de l'ordre de 100 m. La zone du projet concerne également la zone ~30 m en amont du pont SNCF, dans une logique de continuité d'aménagements urbains. En effet, ces travaux s'inscrivent dans un projet plus global de réaménagement du littoral et du bord de mer. Le projet se situe à proximité de l'Avenue de la mer et du viaduc ferroviaire de la SNCF traversant la Siagne et dont les piles sont protégées par des gabions et enrochements périphériques immergés.

1.2 - Contenu du dossier

Le présent document est le rapport de l'étude Avant-Projet (AVP). Le rapport débouchera sur la proposition de deux solutions techniques de confortement des berges. Une analyse multicritère permettra la définition de la meilleure solution et la validation de la suite du projet.

1.3 - Localisation de la zone d'étude

La zone d'étude se situe dans le département des Alpes-Maritimes (06). Le cours d'eau de la Siagne traverse la commune de Mandelieu-la-Napoule avant de se jeter dans la mer Méditerranée.

Le périmètre de l'opération est un site sensible du point de vue environnement et contribue aux diverses activités nautiques et touristiques de la commune de Mandelieu.

Le projet se situe au niveau de la rive gauche de la Siagne, à proximité de l'embouchure du fleuve, à environ 200 m au Nord-Ouest du bord de mer de la commune de Mandelieu de la Napoule.



FIGURE 1: PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE (SOURCE GOOGLE EARTH)

2 - ETAT INITIAL

2.1 - Réunion de démarrage – Visite du 07/09/2021

La réunion de démarrage du Projet a eu lieu le 07/09/2021 à Mandelieu la Napoule. La réunion a permis aux différents acteurs (Ville de Mandelieu, Egis, ERG et SETEC) d'échanger sur les objectifs, enjeux et contraintes concernant le Projet, (cf. Compte-rendu de réunion du 07/09/21).

A la suite de cette réunion, une visite du site a été réalisée par Egis :

- Aristeidis MIKROUTSIKOS, Chef de Projet – Phase étude ;
- Stéphane PACESCHI, Directeur technique études et travaux.

La visite a permis de visualiser l'état actuel de la zone et d'identifier sur place les différentes contraintes et enjeux du projet. Ci-après quelques photos de la visite :



Vue du viaduc SNCF depuis l'amont



Passage de l'Avenue de la Mer sous le viaduc SNCF



Barge (passage de golfeurs)



Zone de confortement (aval) avec rideau de palplanches existant



Déformation de la berge (déplacement de blocs, mur béton)



Présence de réseaux sous le trottoir de la berge

2.2 - Synthèse des données existantes

2.2.1 - Etudes antérieures

Les données de référence et documents principaux, utilisés dans le cadre de la présente étude, sont consignés dans le paragraphe suivant :

- Rapport étude de l'impact hydraulique du projet de confortement de la rive gauche de la Siagne au droit du viaduc SNCF – SUEZ – 2020 ;
- Levé topographique et bathymétrique du canal de la Siagne, mars 2019 ;
- Rapport mission G2-PRO, dans le cadre du projet de remplacement du viaduc de la Siagne – FONDASOL – 2017 ;
- Rapport mission G2-AVP, dans le cadre du projet de confortement des berges de la Siagne K 186.6-Ligne 930 000 – FONDASOL – 2015 ;
- Rapport DOE, dans le cadre des ouvrages de confortement des berges de type palplanches – BET SEFAB – 2018 ;
- Rapport mission G2-AVP – Erg Géotechnique – 2021
- Investigations Faune et Flore sous-marine Rives droite et gauche de la Siagne du pont SNCF à la mer – Mandelieu La Napoule – 2021

2.2.2 - Synthèse des investigations géotechniques G2-AVP

Dans le cadre de la mission de confortement de berge de la Siagne une étude géotechnique de conception phase avant-projet (G2 AVP) a été réalisée en janvier et en juin 2021 par la société ERG Géotechnique. Les investigations ont été les suivantes :

- 5 sondages de reconnaissance géologique destructifs, notés SP1 à SP5, descendus entre 17 m et 23 m de profondeur environ, comportant 7 à 8 essais pressiométriques chacun (39 essais au total) ;
- 2 sondages carottés, notés SC1 et SC2, descendus à 15 m de profondeur, avec prélèvement de quatre échantillons intacts pour essais en laboratoire ;

- Des essais en laboratoire à partir d'échantillons intacts et remaniés, comprenant :
 - o 2 essais à l'appareil triaxial de révolution CU+u,
 - o 4 analyses granulométriques,
 - o 4 déterminations de la masse volumique des sols,
 - o 4 déterminations de la valeur du sol VBS.

La figure de la page suivante est une vue en plan de la localisation des différents sondages extraite du rapport d'investigations géotechniques réalisé par la société ERG Géotechnique en 2021.

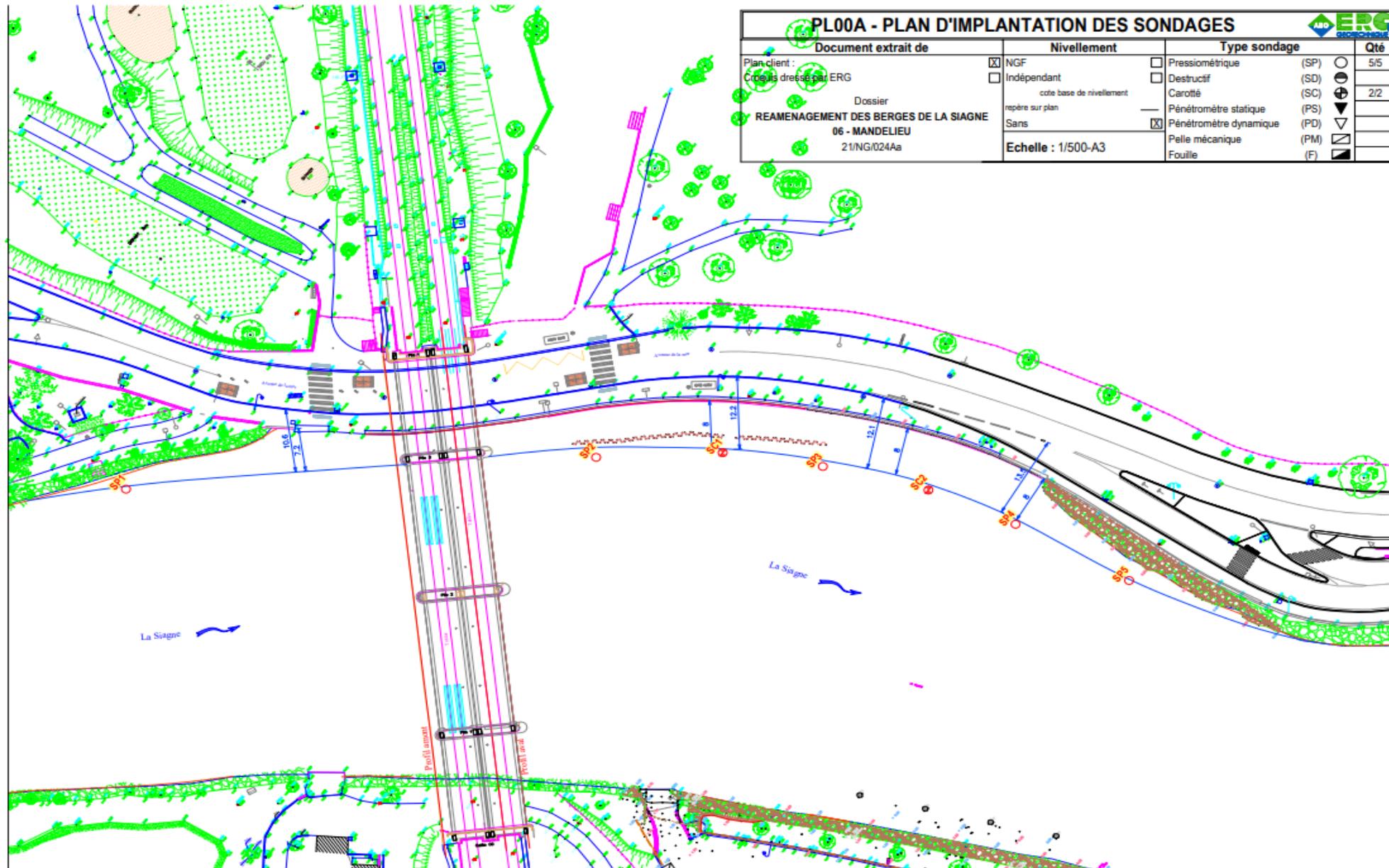


FIGURE 2: LOCALISATION DES SONDAGES REALISES PAR ERG GEOTECHNIQUE EN 2021 (SOURCE : ERG GEOTECHNIQUE)

Le tableau ci-dessous résume les formations mises en évidence au droit des sondages carottés SC1 et SC2, classées du haut vers le bas.

TABLEAU 1: RESULTATS DES SONDAGES CAROTTES SC1 ET SC2

Sondages	Formation	Profondeur (m)
SC1	Sables grossiers gris à galets, graves et blocs	Jusqu'à 2 m
	Sables moyens gris à graves, cailloux et cailloutis	Jusqu'à 3.5 m
	Sables fins à moyens limoneux gris (un bloc rocheux d'une épaisseur de 10 cm a été rencontré vers 6.5 m de profondeur)	Jusqu'à 9 m
	Limons à sables fin gris foncé et matière organique	Jusqu'à 15 m
SC2	Sables grossiers gris à galets, graves, blocs et matière organique	Jusqu'à 6 m
	Limons à sables fin gris/noir et matière organique	Jusqu'à 15 m

Au stade de la G2-AVP, deux solutions de réaménagement des berges avaient été envisagées par ERG Géotechnique à savoir :

- La réalisation d'un rideau en palplanches avec un remblai entre les palplanches et la berge existante.
- La réalisation d'un quai fondé à l'aide de fondations de type pieux.

Compte tenu des difficultés de mise en œuvre des palplanches (possibilité d'obtention de refus prématurés) et de l'importance du volume de remblaiement nécessaire à l'arrière des palplanches pour rattraper le niveau des berges actuelles, l'étude s'était orientée vers la solution de quai sur pieux.

2.2.3 - Inventaire des réseaux

Après relance des déclarations de travaux (DT) le long de la Siagne, sur la zone d'étude (côté av. de la mer), à proximité de l'embouchure du fleuve, l'intégralité des concessionnaires a répondu aux DT.

Plusieurs réseaux enterrés sont localisés le long de la Siagne ainsi que des réseaux aériens d'éclairage. Ces réseaux sont susceptibles d'être sur l'emprise des terrassements et peuvent gêner les travaux de confortement des berges.

Les concessionnaires concernés par le projet sont : ENEDIS, GRDF, SNCF, NUMERICABLE, ORANGE, VEOLIA, MAIRIE DE MANDELIEU.

Les réseaux secs et humides recensés ont été consignés dans le tableau présenté ci-dessous.

TABLEAU 2: RECAPITULATIF DES RESEAUX EXISTANTS ET GESTIONNAIRES CONCERNES PAR LA DT

Réseaux	Constat	Actions vis-à-vis des solutions proposées ci-après
ENEDIS	Présence de branchements réseau souterrain HTA sans affleurant et/ou aéro-souterrain sur l'emprise des travaux	Pas de dévoiement nécessaire Nécessité de réalisation d'une DICT avant le début des travaux
GRDF	Présence sur l'emprise des travaux, ou à proximité, des ouvrages GAZ sont identifiés avec une profondeur réduite d'enfouissement (pouvant être inférieure à 60 cm)	Pas de dévoiement nécessaire.
SNCF	Présence d'infrastructures ferroviaires sur l'emprise des travaux	Pas de dévoiement nécessaire Demande de l'accord de l'Unité Voie Référente avant travaux

NUMERICABLE	Des branchements de réseau de télécommunication non cartographiés sont présents	Pas de dévoiement nécessaire
ORANGE	Présence de conduite enrobé dans l'emprise des travaux	Pas de dévoiement nécessaire
VEOLIA	Présence de conduite d'eau potable, d'eau usée, eau pluviale et de station de pompage dans l'emprise des travaux	Pas de dévoiement nécessaire
MAIRIE DE MANDELIEU	Réseau Eclairage Public (400V) Réseau Fibre Optique Enterré	Pas de dévoiement nécessaire

2.2.4 - Environnement

Les investigations faunistiques et floristiques (Investigations Faune et Flore sous-marine - Rives droite et gauche de la Siagne du pont SNCF à la mer, mai 2021) ont permis d'identifier une faune et une flore sous-marine très pauvres composées d'espèces communes des petits fonds de Méditerranée au droit des embouchures de fleuves côtiers.

Aucune espèce faunistique et/ou floristique protégée n'a été identifiée dans les zones investiguées en rive droite et en rive gauche de La Siagne.

Dans le cadre de la présente étude, M. Pierre REBOUILLON, auteur de la note des investigations faunistiques et floristiques cité ci-avant, a été contacté. Lors de la réunion téléphonique du 13/09/2021, M REBOUILLON :

- A confirmé les conclusions de la note des investigations (*Aucune espèce faunistique et/ou floristique protégée n'a été identifiée dans les zones investiguées en rive droite et en rive gauche de La Siagne*).
- N'a pas exprimé de préférence vers une solution technique particulière, au vu des faibles enjeux recensés du point de vue environnemental.
- Pour les solutions présentées, d'un point de vue procédure réglementaire, une demande d'autorisation sans enquête publique est probable.

2.3 - Contexte Règlementaire

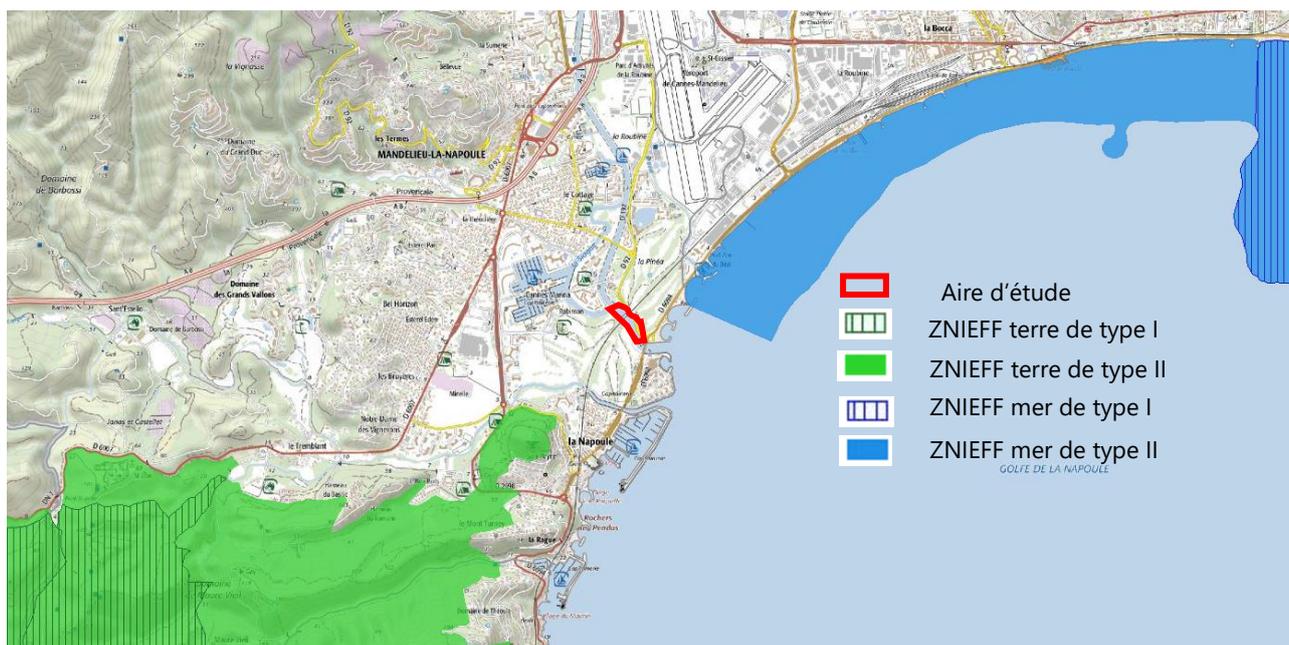
La zone d'étude a la particularité de se trouver à proximité de l'embouchure de la Siagne dans la mer Méditerranée.

2.3.1 - Zonage au titre du Code de l'Environnement

Cette zone est donc sujette à des remontées d'eau marine pouvant conférer un lieu de qualité et de forte sensibilité d'un point de vue espèces naturelles. Toutefois, la consultation des cartes d'inventaire et de zonages de protection des milieux établies par la DREAL PACA ne relèvent pas la zone d'étude comme une zone sensible ou « à protéger » d'un point de vue biotope.

Citons ci-après les périmètres de protection les plus proches de la zone :

➤ ZNIEFF et Site Natura 2000



Source : DREAL PACA

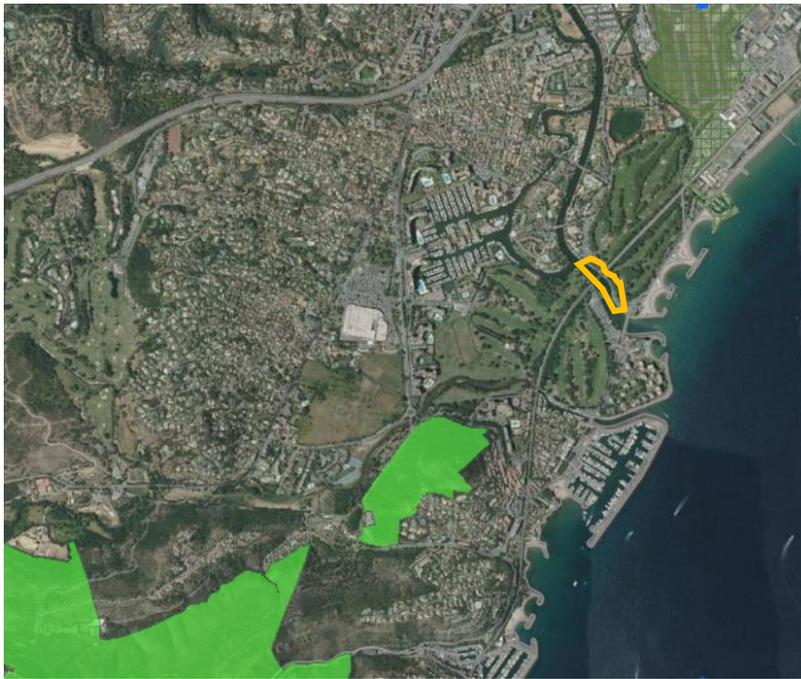
D'après le porter à connaissance de la DREAL PACA, le site Natura 2000 le plus proche est situé à près de 3,7 km de la zone d'étude. Il s'agit du SIC « Estéral », désigné pour des espèces naturel (Grand Dauphin) ou à faible d'action (invertébrés essentiellement).

La présence de cette zone de protection marine nécessite une prise en compte en phase travaux du programme pour éviter et réduire les risques de pollution mais également de réduire le bruit et vibrations sous-marin.

➤ Espaces naturels sensibles (ENS) :

Les Espaces Naturels Sensibles (ENS) ont pour objectif de préserver la qualité des sites, des paysages, des milieux naturels et des champs d'expansion des crues et d'assurer la sauvegarde des habitats naturels ; mais également d'aménager ces espaces pour être ouverts au public, sauf exception justifiée par la fragilité du milieu naturel.

D'après le porter à connaissance du Conseil Général des Alpes-Maritimes, les deux ENS (appelés également Parc Naturel Départemental) les plus proche de la zone d'étude sont localisés ci-dessous



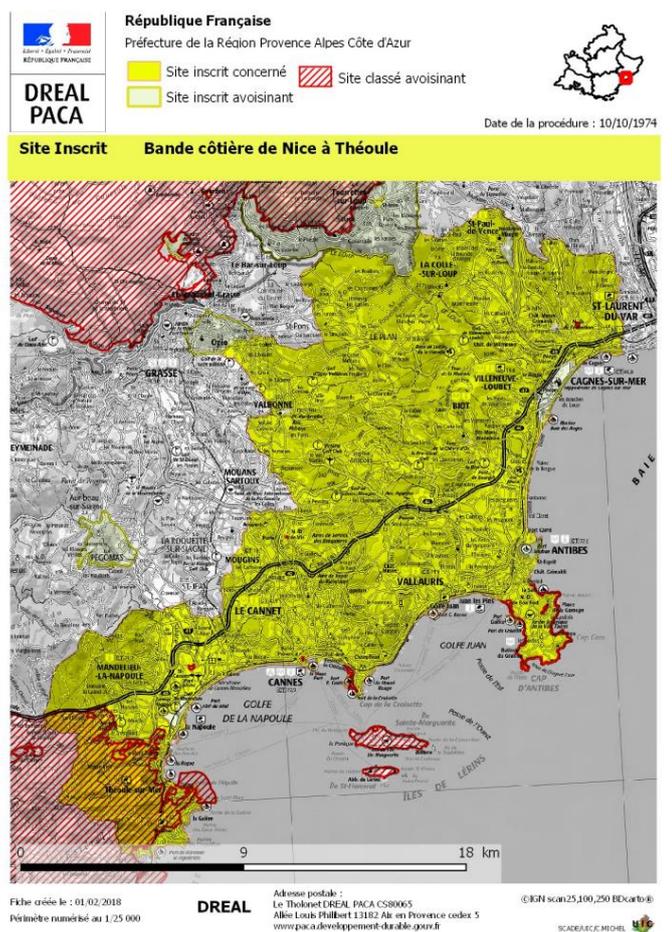
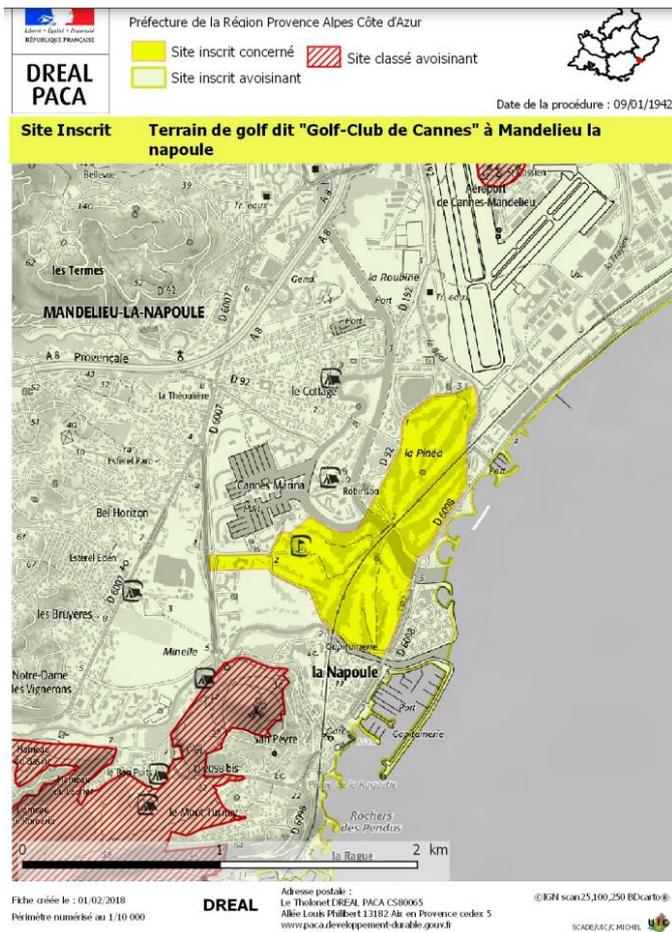
-  Aire d'étude
-  Espaces Naturels Sensibles
-  Site du Conservatoire d'Espaces Naturels PACA

La zone d'étude est hors périmètre ENS et suffisamment éloignée de ces sites pour être l'origine de potentiels impacts.

- Inventaire des sites au titre du patrimoine et des paysages

La zone de projet se situe au coeur de deux sites inscrits au titre du patrimoine et des paysages :

- Terrain de golf dit Golf-Club de Cannes
- Bande côtière de Nice à Théoule



L'inscription est proposée pour des sites présentant un intérêt paysager et patrimonial nécessitant d'être surveillés de près. Les travaux y sont soumis à déclaration auprès de l'Architecte des Bâtiments de France (UDAP). Celui-ci dispose d'un simple avis consultatif sauf pour les permis de démolir où l'avis est conforme. Les sites sont inscrits par arrêté ministériel après avis des communes concernées et enquête publique.

➤ Périmètre du SAGE de La Siagne

La zone de projet est située au cœur du périmètre du SAGE de La Siagne, piloté par le SMIAGE



Source : http://webissimo.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Formulaire_CERFA_autorise_complet_cle0bd115-3.pdf

Les rapports d'état des Lieux (validé en 2017) et de diagnostic (validé en 2019) fixent les enjeux pour la gestion du bassin versant, et plus particulièrement pour la zone aval « Siagne aval et Béal ».

Ci-dessous un extrait du rapport de diagnostic :

Siagne aval et Béal

- ☹️ Une **qualité des eaux superficielles dégradée** par des pollutions diffuses et ponctuelles provenant de l'amont, et qui devrait le rester du fait de pressions croissantes et d'une diminution des débits naturels notamment en étiage (changement climatique)
- 😊 Une **bonne qualité des eaux souterraines** (nappe alluviale de la Siagne, usage AEP satisfait) mais des indices d'altération au niveau de la nappe alluviale et des calcaires et dolomies du Muschelkalk (pollutions diffuses agricoles et urbaines) qui pourraient s'accroître et remettre en cause les usages (AEP, irrigation).
- ☹️ Un **déséquilibre quantitatif de la ressource entre usages et milieux et des besoins en eau agricole à préciser.**
- ☹️ Une **morphologie des cours d'eau altérée** (rectification, ouvrages en travers des cours d'eau, à-coups hydrauliques), une qualité dégradée mais un intérêt patrimonial avéré pour la Siagne (présence d'espèces patrimoniales).
Des améliorations en matière de continuité écologique.
- ☹️ Des **zones humides prioritaires** (intérêt écologique et fonctionnel), **partiellement dégradées** (notamment Siagne et sa ripisylve) nécessitant une restauration.
- ☹️ Une **hydrologie fortement influencée par la gestion du complexe St-Cassien-Tanneron/Le Tignet**, stratégiques pour la satisfaction des usages (notamment AEP et hydroélectricité).
- ☹️ Des **risques inondations forts** par débordement de cours d'eau dans la plaine de la Siagne, et qui le resteront (augmentation des débits de crues : changement climatique, extensions des zones urbanisées, altérations morphologiques des cours d'eau), mais les enjeux exposés ne devraient pas augmenter (PPRi).
Opportunité de s'appuyer notamment sur des actions de restauration hydromorphologique des cours d'eau et de leurs annexes (zones inondables, zones humides) pour réduire le risque inondation.
- ☹️ **Des risques ruissellement forts sur le Béal** et qui pourraient s'aggraver (urbanisation ruissellement).

<https://www.smiagne.fr/documents-siagne-consultation/>

Ce diagnostic permet de mettre en avant les grandes thématiques auxquelles le projet de confortement de la Siagne en rive gauche devra être attentif pour apporter des réponses favorables afin d'être compatible avec cet outil de gestion du bassin versant hydraulique.

➤ Zones d'action anguille en Provence Alpes Côte d'Azur

La Siagne est un des cours présentant une démarche de préservation et repeuplement de l'anguille (depuis 2017)

Ci-dessous carte de location des rivières concernée par le zonage « action anguille » sur le Département 06 (<http://carto.geo-ide.application.developpement-durable.gouv.fr/1131/environnement.map?&layer=Zone%20d%27action%20anguille&extent={box}>)

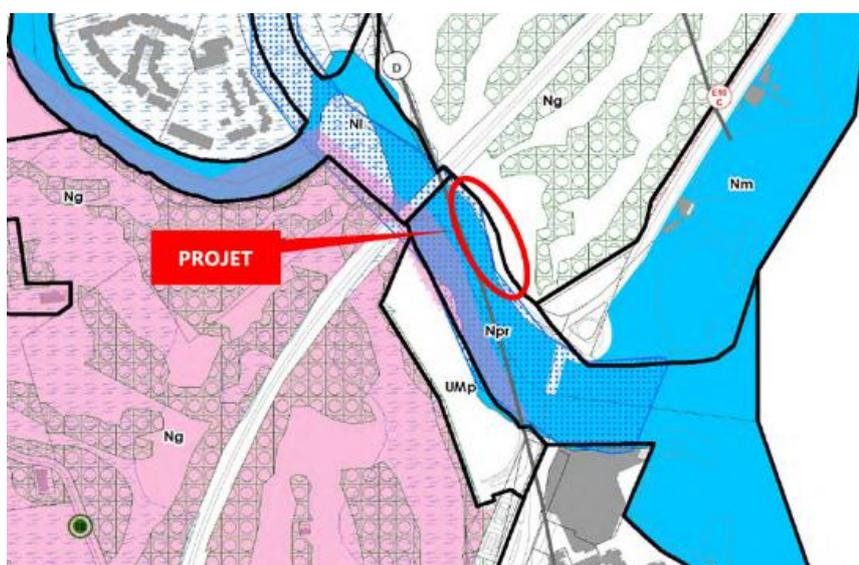


L'objectif de ce classement vise à rétablir la libre circulation des anguilles ou à réaliser des études afin de définir un potentiel d'accueil. Les aménagements de confortement de la berge de la Siagne devront faire l'objet d'un avis de l'ONEMA.

2.3.2 - Zonage au titre du Code de l'Urbanisme

■ Zonage PLU

Le projet se situe en limite de la zone Npr : zone naturelle des espaces remarquables terrestres et maritimes identifiés par la Directive Territoriale d'Aménagement (espace remarquable de la Loi Littoral). Les occupations et utilisations du sol admises sont inscrites à l'article DP AN 2.



SITUATION AU PLU DE L'EMPRISE DU PROJET

Toutefois, le projet constitue des travaux de protection et de maintien de la berge de la Siagne. Les dispositions constructives et la non sensibilité écologique au droit du linéaire de berge concerné par le projet, devront permettre de rentrer dans le champs des aménagements autorisés par le PLU.

Une concertation avec le service urbanisme de la Ville sera nécessaire pour s'assurer de la compatibilité du projet avec le PLU.

■ Espaces Boisés Classés

Le secteur d'étude se situe en limite d'emprise du Golf très réputé « Old Course » qui est un Espace Boisé Classé (EBC).

Les boisements ne devront pas être impactés par le projet.

3 - ENJEUX, CONTRAINTES ET DIFFICULTES D'EXECUTION

La remise en état des berges nécessitera des travaux en rivière, impliquant le respect des procédures Loi sur l'eau et la prise en compte des contraintes diverses dues aux activités nautiques (Navigation, jet ski, pêche, etc.).

De ce fait, diverses contraintes seront à prendre en compte lors des travaux de confortement des berges ou lors des recherches de variantes.

3.1 - Contraintes liées à la navigation des plaisanciers et la circulation des golfeurs



La Siagne, cours d'eau non domanial, dessert plusieurs ports de plaisance ainsi que plusieurs entreprises touristiques (promenades et pêche en mer).

La barge située en amont du viaduc longe le viaduc pour rejoindre les quatre secteurs du golf répartis de part et d'autre de la ligne ferroviaire.

Cette barge est indispensable au fonctionnement du golf dont l'accomplissement du parcours nécessite deux franchissements de la Siagne. L'indisponibilité de la barge entraîne la fermeture du chemin de liaison du golf.

FIGURE 3: NAVIGATION SUR LA SIAGNE

3.2 - Contraintes liées à la circulation ferroviaire et routière



Le viaduc franchissant la rivière Siagne situé au droit du projet, reçoit le trafic international grandes lignes et TGV, de FRET et TER. Les travaux pourraient nécessiter la limitation de vitesse de circulation des trains sur le tronçon (à définir avec la SNCF).

Les méthodes de travaux à envisager doivent prendre en compte la problématique des vibrations. Les limites acceptables en termes de PPV seront à définir avec la SNCF. Une auscultation continue du viaduc pendant la Phase travaux sera nécessaire afin de s'assurer du bon respect de ces limites.

FIGURE 4: VOIE SNCF (LIGNE A GRANDE VITESSE)

La circulation routière sur l'Avenue de la Mer sera également perturbée pendant les travaux. Une cessation complète de la circulation sur l'Avenue nécessiterait une déviation de ~8 km, elle est donc à éviter.

La possibilité de dériver la circulation en une seule voie (circulation alternée) est une mesure beaucoup moins impactante, qui est à favoriser. Pour les mêmes raisons, le recours à des travaux par voies fluviales est à favoriser, dans une limite financière raisonnable.

3.3 - Incertitudes techniques

L'état et la géométrie de certains éléments structurels ne sont pas connus en détail :

- Présence d'enrochements le long des berges, dont la géométrie et méthodologie de mise en œuvre sont inconnues. Des formations de blocs, issues des précédents aménagements des berges, pourraient également être présentes localement en profondeur (déplacement de blocs vers le fond et recouvrement par des sédiments). La présence de blocs était vraisemblablement la cause des refus obtenus lors des travaux de 2017.
- Les plots des murs béton de la berge présentent des déformations entre eux. De plus, leur géométrie et conception ne sont pas connues.

3.4 - Contrainte planning

Il y a deux contraintes majeures dans le planning des travaux :

- La période de crue s'étendant de mi-octobre à fin janvier où les travaux sont à éviter ;
- La période estivale de mi-juin à mi-septembre où les travaux seraient potentiellement trop impactant et gêneraient l'afflux touristique.

Par conséquent, il est souhaitable que les travaux soient planifiés entre février et juin.

3.5 - Contraintes environnementales

Comme vu au Chapitre 2.6 ci avant, la zone du Projet intercepte :

- les sites inscrits du « Golf Old Course Club de Cannes » et la « bande côtière de Nice à Théoule sur Mer »
- la zone « d'Action Anguilles ».

Ces zones induisent :

- Prise en compte de l'insertion paysagère des aménagements
- D'éviter la destruction des individus arborés de l'EBC limitrophe
- De réduire et éviter tout risque de pollution des eaux en phase travaux : départ de MES ou pollution accidentelle
- De réduire et maîtriser les nuisances acoustiques et les vibrations sous-marine

3.6 - Submersion marine

La submersion marine désigne l'inondation temporaire d'une zone littorale par la mer sous des conditions météorologiques extrêmes. Elle est liée à une élévation extrême du niveau de la mer.

Le projet se situe au bord de la mer et donc exposé à l'aléa submersion marine. La cartographie du risque de submersion marine de la commune de Mandelieu est présentée dans la carte ci-dessous.

Il s'agit d'une contrainte à prendre éventuellement en compte de manière globale dans le cadre du Projet Bord de Mer et pas spécifiquement dans le cadre du choix de solution de travaux de la présente analyse.

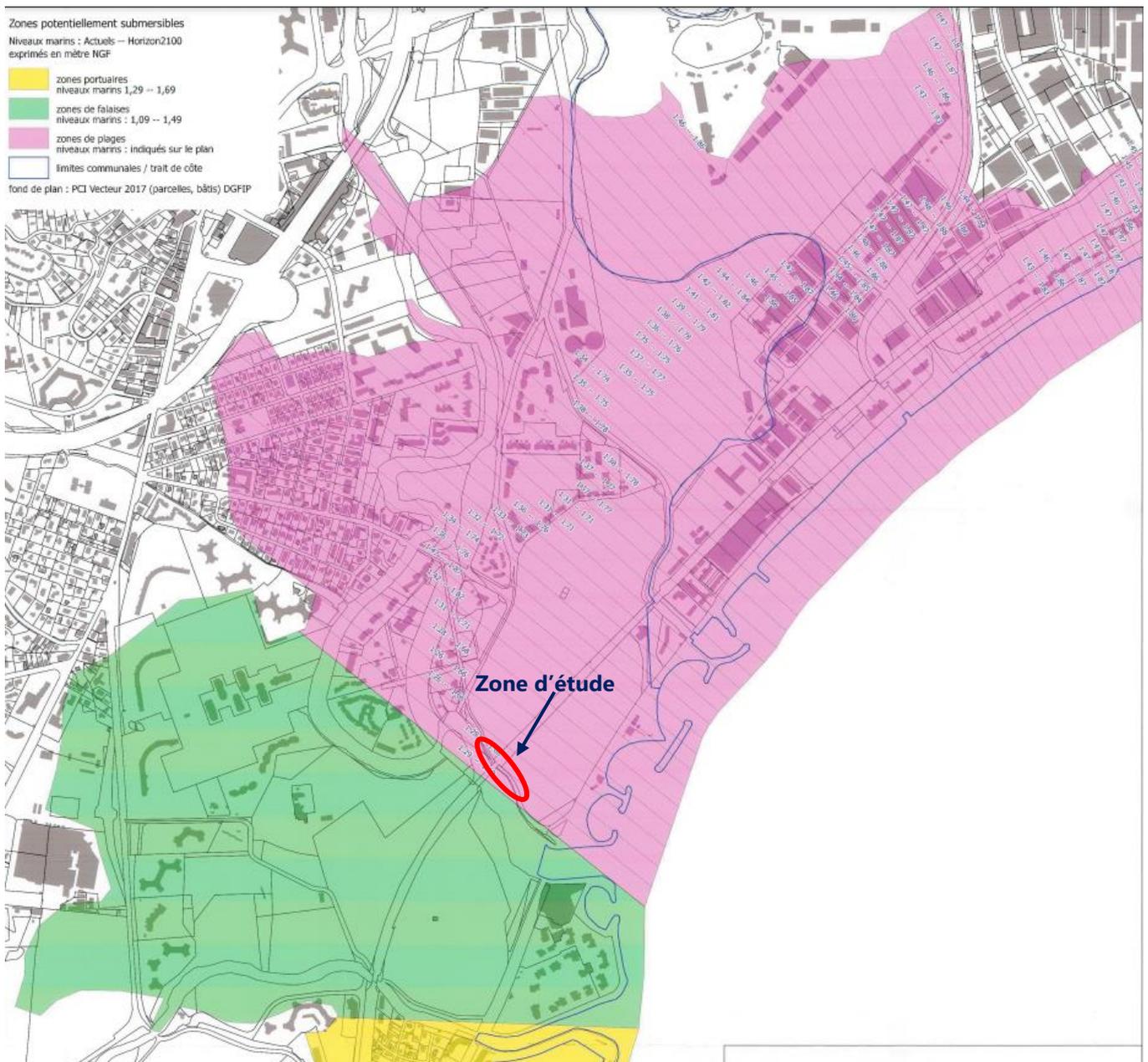


FIGURE 5: EXTRAIT PAC SUBMERSION MARINE TRI MANDELIEU-CANNES-NICE

Source : https://www.alpes-maritimes.gouv.fr/content/download/26648/221070/file/3_Carte%20des%20Niveaux%20marins.pdf

3.7 - Premier cadrage réglementaire et procédure associées

Compte tenu de la nature de l'opération et de son contexte environnemental, le projet est soumis de façon certaine ou potentielle (selon scénario d'aménagement choisi) aux procédures suivantes au titre du code de l'environnement.

Procédure au titre de la Loi sur l'Eau : Les rubriques de la nomenclature Loi Eau possiblement concernées sont les suivantes :

- Rubrique concernée : 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] sur :
 - une longueur de cours d'eau supérieure ou égale à 100 m(A)°

- une longueur de cours d'eau inférieure à 100 m (D)
- Rubrique potentielle : 3.1.4.0. Consolidation ou protection des berges, à l'exclusion des canaux artificiels, par des techniques autres que végétales vivantes :
 - Sur une longueur supérieure ou égale à 200 m (A)
 - Sur une longueur supérieure ou égale à 20 m mais inférieure à 200 m (D)
- Rubrique potentielle : 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 m² de frayères (A) ;
 - 2° Dans les autres cas (D).
- Rubrique potentielle : 4.1.2.0. Travaux d'aménagement portuaires et autres ouvrages réalisés en contact avec le milieu marin et ayant une incidence directe sur ce milieu :
 - 1° D'un montant supérieur ou égal à 1 900 000 euros (A) ;

Dossier de demande de cas-par-cas : le projet se rangeant dans la rubrique n°10 « canalisation et régularisation de cours d'eau, il est soumis à examen au cas par cas au titre de l'article R122-3 CE pour déterminer si le projet est soumis étude d'impact ou non.

Autres procédures à envisager :

- afin d'intervenir dans un cadre réglementaire adapté, il sera nécessaire d'obtenir une Déclaration d'Intérêt Général (DIG) pour mener à bien les travaux.
- étude d'impact ou évaluation environnemental, au titre de la rubrique n°10 « canalisation et régularisation de cours d'eau, de l'annexe au R122-3 CE
- dossier de mise en compatibilité du PLU si service urbanisme l'exige
- consultation pour avis de l'ABF, de l'ONEMA et du SMIAGE

Dès choix du scénario d'aménagement effectué, le projet devra faire l'objet :

- ✓ D'un **cadrage réglementaire** réalisé au titre R 122-4 CE (cadrage propre à l'évaluation environnementale) **ou** la production d'un **certificat de projet** établi au titre du R 181-4 CE.
- ✓ D'un **dossier de demande de « Cas par Cas »** pour l'Autorité Environnementale

4 - ORGANISATION DU CHANTIER

L'installation de chantier se tiendra sur le parking du casino en rive droite de la Siagne. Les ouvrages seront mis en œuvre préférentiellement par voie terrestre depuis la berge, en utilisant le trottoir et/ou une voie de circulation (circulation alternée sur la deuxième voie).

Si une telle mise en œuvre n'est pas envisageable (occupation complète de l'Avenue de la Mer, objection des acteurs -golf, SNCF, etc.), la réalisation des travaux par voie fluviale est également envisageable.

Dans ce cas-là, un cout supplémentaire sera à prendre en compte. Dans le cadre de notre analyse, nous avons estimé le cout de chaque solution pour les deux cas (terrestre/ fluviale).

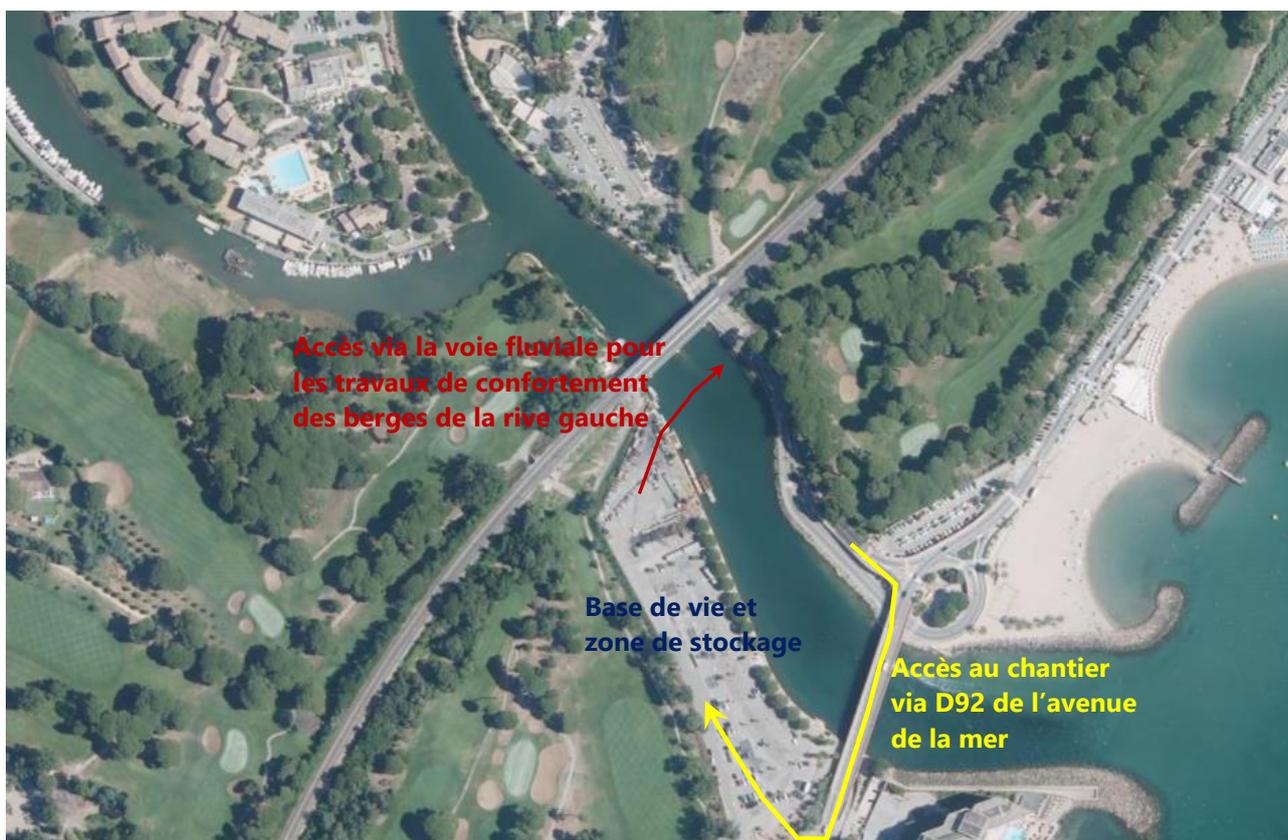


FIGURE 6: INSTALLATION DE CHANTIER ET ACCES AU DROIT DE LA BERGE RIVE GAUCHE

En dehors des interventions « classiques » pour ce poste (amenée / repliement / modifications éventuelles des installations générales de chantier, amenée des engins et du matériel, remise en état du site, etc.), les installations de chantier comprendront notamment :

- La signalisation routière sur la voirie (D 92) de l'Avenue de la Mer ;
- L'isolement complet du chantier, coté Avenue de la Mer. Le chantier sera interdit au public durant l'ensemble de la période d'exécution

Les travaux se réalisant en zone urbaine, des mesures seront mise en place pour limiter le bruit.

Les précautions d'usage et les mesures de bonne gestion du chantier doivent permettre de limiter les risques liés à une pollution accidentelle et d'éviter tout déversement susceptible de polluer les eaux superficielles et le sous-sol.

Il sera impératif de coordonner le planning d'intervention en fonction du régime hydrologique de la Siagne. Les travaux de génie civil en particulier devront être réalisés en dehors des « périodes des plus hautes eaux » de la rivière qui interviennent majoritairement durant les mois de novembre à février.

5 - AMENAGEMENTS PROJETES

5.1 - Introduction

Dans le cadre de la présente étude, deux solutions techniques ont été pre-dimensionnées et analysées :

- Solution A : Ouvrage droit en rivière, remblayé à l'arrière.
- Solution B : Confortement de la berge existante et réalisation d'un quai fondé sur pieux.

5.2 - Solution A : Réalisation d'un « écran droit » en rivière, remblayé à l'arrière

5.2.1 - Description

5.2.1.1 - Zones aval et amont le viaduc SNCF

Le mode de confortement proposé par la solution A est de créer un ouvrage droit de soutènement, implanté jusqu'à 8m devant l'ouvrage existant. Étant donnée le contexte géotechnique (formations alluvionnaires de faible à moyenne capacité) et la difficulté de battage constatée lors de travaux de 2017, une solution technique de type combi-wall paraît pertinente et mieux adaptée qu'une solution classique de type palplanches.

Cette solution consiste en la mise en œuvre de pieux métalliques et palplanches intercalaires. Les profilés retenus seront des tubes de diamètre 914 x 14 espacés d'environ 2,50 m, et des palplanches AZ 13-770-D. Les connections entre tubes et palplanches se feront par l'intermédiaire de verrous (type C6 ou autre) soudés en continu.

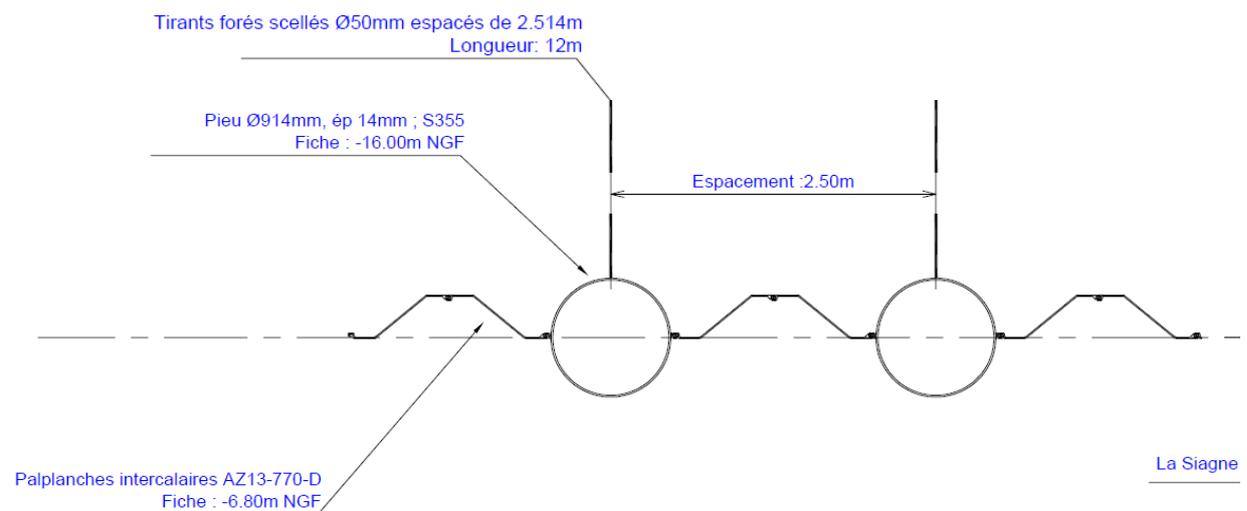


FIGURE 7: PRINCIPE DE COMBI-WALL

Les palplanches permettent de retenir les remblais et de transmettre les efforts (poussée des terres, poussée hydrostatiques, etc.) aux pieux métalliques, qui assurent la stabilité générale de l'ouvrage par fichage jusqu'à une profondeur de 16 m dans le « bon limon ». Une solution de type CombiWall permet donc de « limiter » la profondeur de fichage des palplanches.

Les pieux (tubes) métalliques d'entraxe 2,5 m seront ancrés dans le sol. La longueur d'ancrage sera adaptée en fonction de la distance entre axe (berges existantes – pieux). Un remblaiement sera réalisé à l'arrière du rideau pour atteindre le niveau de la berge existante. Le couronnement sera constitué d'une poutre de couronnement (surface de béton armé de section (L=1,2m x H=1m)), dans laquelle des tirants d'ancrage de diamètre 50 mm, de longueur 12m et espacés de ~2,5 m permettront de contribuer à la stabilité en cas de séisme.

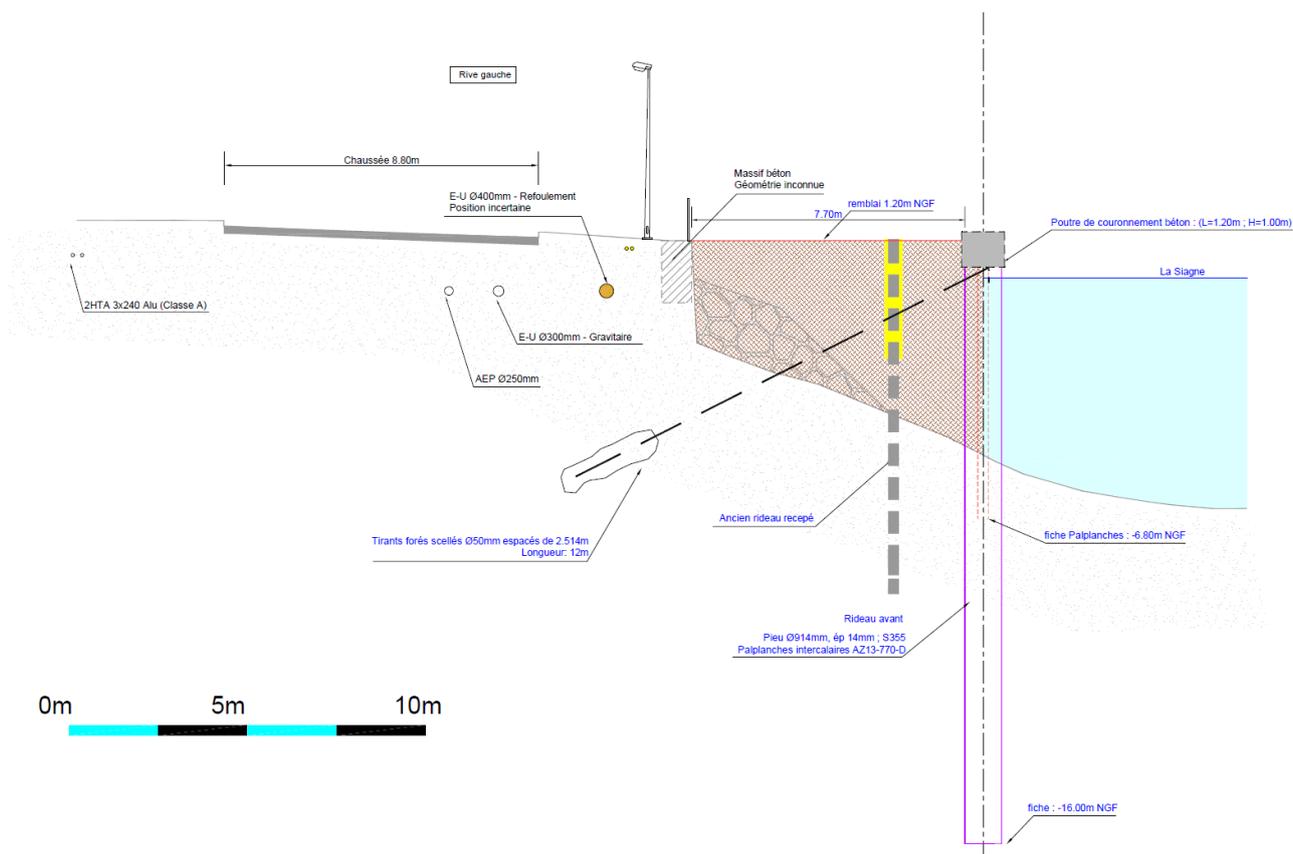


FIGURE 8: COUPE TYPE DE LA SOLUTION A (ZONE AVAL VIADUC SNCF)

5.2.1.2 - Franchissement au droit de la pile SNCF

La solution retenue au droit de la pile SNCF ne dépend pas de la conception retenue pour le reste du projet et n'a pas d'objectif de confortement de berges. Il s'agira donc de la même solution quelle que soit la solution de confortement de la berge retenue en amont et en aval du viaduc SNCF.

Il convient de ne pas ajouter de charge sur la pile SNCF et donc de bien dissocier les structures. Un appui de la passerelle sur la pile n'est pas envisageable, de même que des fondations dans l'emprise de la semelle de la pile.

La solution proposée consiste en la création d'une passerelle de 25m de portée, appuyée de part et d'autre de la pile sur l'ouvrage de confortement (poutre transversale du portique dans la solution quai ouvert et rideau en retour dans la solution quai plein).

La passerelle sera composée de 2 poutres longitudinales en HEB800 et d'un contreventement horizontal en IPE240.

Une dalle béton de 25cm finalisera la surface.

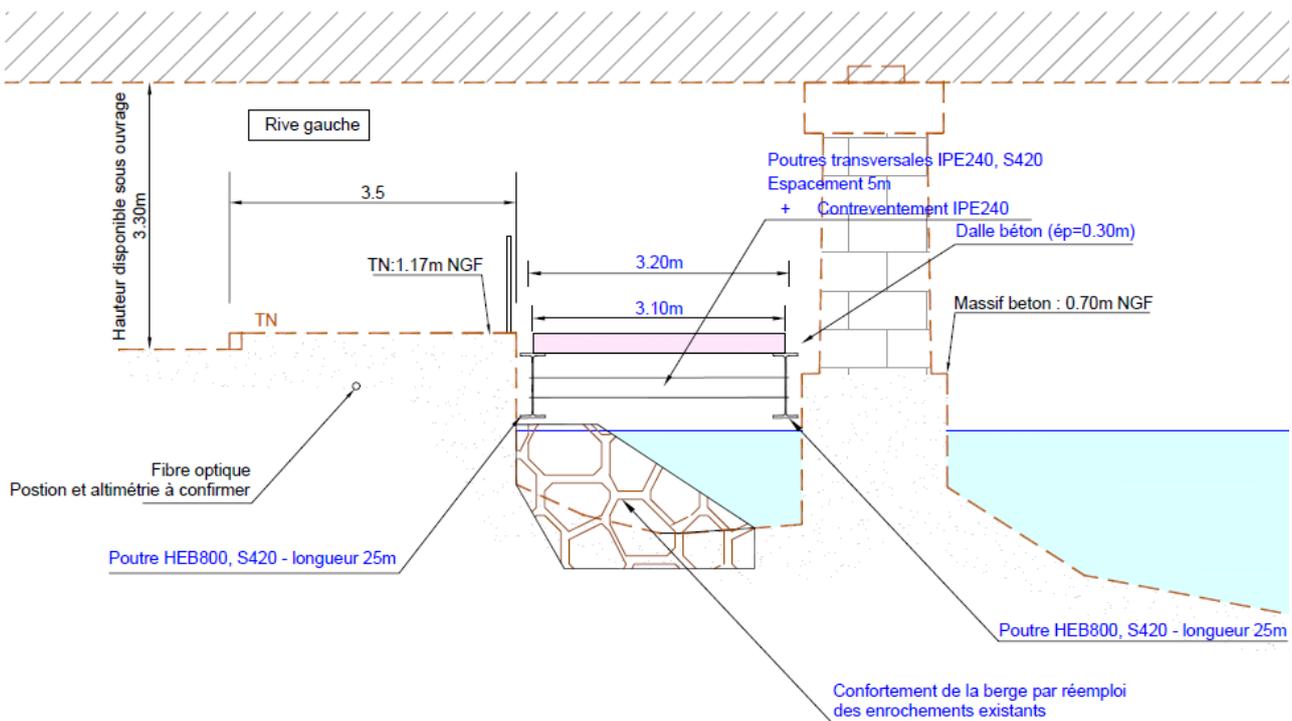


FIGURE 9: COUPE TYPE DE LA SOLUTION AU DROIT DU VIADUC SNCF

5.2.2 - Phasage

Le séquençement envisagé des travaux est présenté ci-après :

- Installation d'instruments d'auscultation sur le viaduc SNCF (géophones)
- Essai de lançage aux droits des tubes (détection et enlèvement des obstacles – blocs rocheux)
- Mise en œuvre des tubes métalliques et des palplanches à l'avancement par voie fluviale. Les travaux démarreront depuis la section la plus éloigné du viaduc et avanceront vers lui (direction aval → amont pour la partie aval, amont → aval pour la partie amont). L'évolution des vibrations sera auscultée à tout moment. Si le niveau de vibrations se rapproche du seuil limite et qu'un seuil d'alerte est franchi, la technique de mise en œuvre sera adaptée en conséquence (adaptation de charges/fréquences de vibrations, changement d'équipement, passage du vibrofonçage au battage, etc.)
- Remblaiement jusqu'à la côte +0.70mNGF à l'intérieure, entre le rideau mixte et la berge
- Ferrailage et bétonnage des têtes de pieux
- Coffrage de la poutre de couronnement
- Mise en œuvre du ferrailage de la poutre, avec réservation pour tirants
- Bétonnage de la poutre
- Mise en œuvre des tirants par voie terrestre
- Remblaiement et couche de forme jusqu'à la côte +1.20m NGF

5.2.3 - Délais

Le délai de réalisation de travaux est estimé à 9 mois :

- Travaux préparatoires du chantier : 1 mois
- Battage du combi wall (zone aval) : 2 mois
- Mise en place du remblai derrière le mur (zone aval) : 0.5 mois
- Mise en place de tirants, bétonnage de têtes etc. (zone aval) : 2 mois
- Battage du combi wall (zone amont) : 1 mois

- Mise en place du remblai derrière le mur (zone amont) : 0.25 mois
- Mise en place de tirants, bétonnage de têtes etc. (zone amont) : 1 mois
- Passerelle au droit de la pile SNCF et dalle béton : 0.5 mois (préfabrication)
- Démobilisation – remis en état des lieux : 0.5 mois

Pour réduire ce délai, il faudrait considérer une réalisation en parallèle de la partie amont et aval. Dans ce cas-là, la durée des travaux serait de l'ordre de 6-7 mois.

5.2.4 - **Avantages et inconvénients de la solution A**

Les avantages majeurs de cette solution consistent en :

- Battage à grande profondeur limité aux pieux (tubes tous les 2.5 mètres) et battage linéaire de palplanches limité en profondeur par rapport à une solution rideau de palplanches classique
- Pas besoin de supprimer les ouvrages (enrochements, palplanches) existants, donc pas de risque de déstabilisation en phase travaux
- Possibilité de réaliser les travaux par voie terrestre avec éventuellement mise en place de circulation alternée. Possibilité également de réaliser les travaux par voie fluviale
- Pas de gêne sur les réseaux souterrains de la zone, pas nécessaire de les déplacer
- Planning potentiellement réalisable dans une seule saison si on considère une réalisation en parallèle de la partie amont et aval
- Impact faible (de quelques cm) sur les niveaux d'eau selon l'étude de Safège. De plus, il y aura un impact positif vis-à-vis de la sédimentation grâce à la suppression des cellules de recirculation, actuellement existants dans la zone

Les inconvénients majeurs de la solution consistent en :

- Gêne de la circulation routière (circulation alternée) ou de la navigation si travaux par voie fluviale
- Génération de vibrations sur le viaduc SNCF, à prendre à compte pendant les travaux

5.3 - Solution B : Confortement de la berge existante et réalisation d'un quai fondé sur pieux

5.3.1 - Description

5.3.1.1 - Zones aval et amont le viaduc SNCF

La solution de mise en œuvre d'un quai fondé sur des pieux permettra à la fois de traverser les blocs éventuels et de s'affranchir de la réalisation d'un remblaiement conséquent. Cette solution de confortement de berge consiste en la mise en œuvre de deux files de pieux en acier battus de diamètre 762x8 surmontés par une trame de poutres longitudinales et transversales.

Un rideau de soutènement en palplanches AZ18-700 sera mis en œuvre 1m devant l'ouvrage existant. Un remblaiement en grave non poussante sera installé entre l'ouvrage existant et ce nouveau rideau. Les pieux de la file arrière s'intercaleront dans les palplanches. Le rideau de palplanches assurera la stabilité de la berge. Les pieux assureront la fondation du quai.

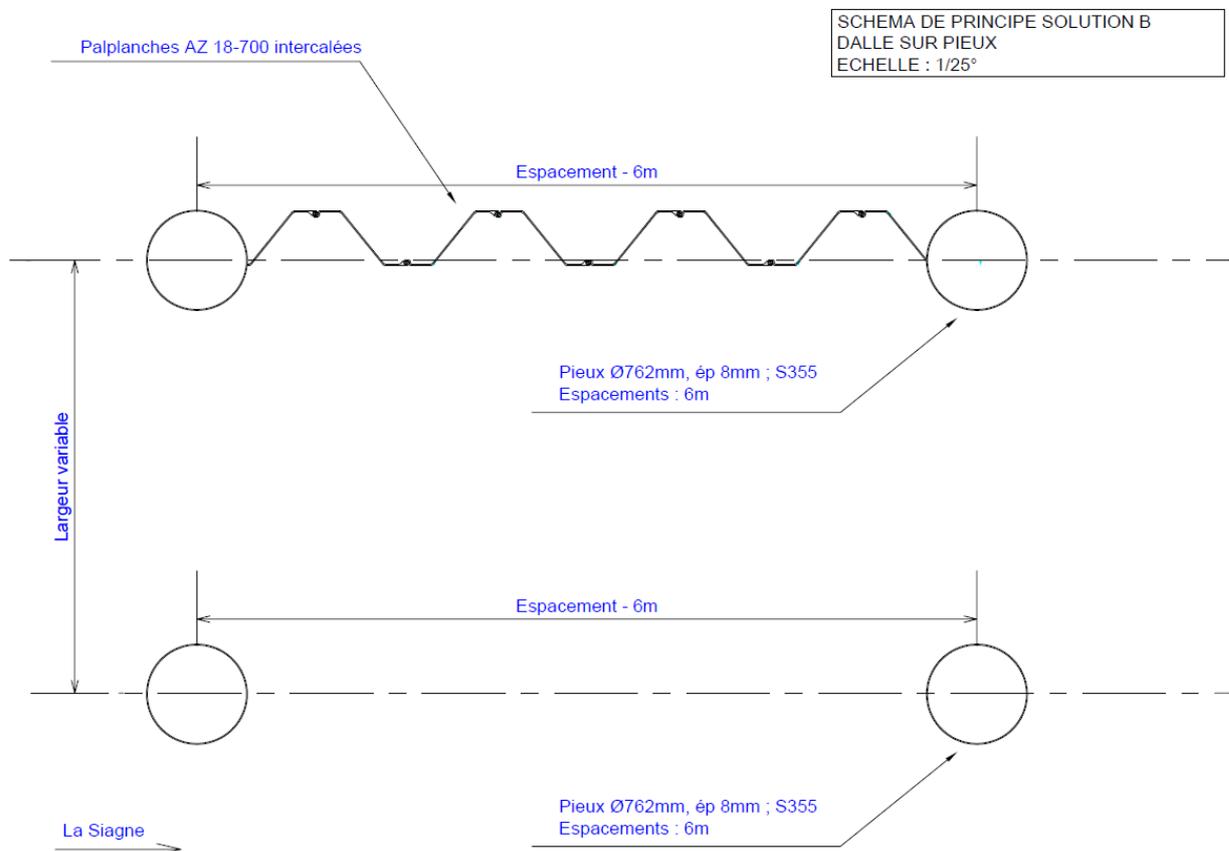


FIGURE 10: PRINCIPE DE LA SOLUTION

Longitudinalement, les pieux seront espacés de 6m. Transversalement, l'espacement entre pieux varie de 2 à 6m. Les poutres auront une section de 90x90cm et supporteront une dalle en béton armé de 30 cm d'épaisseur. La structure est présentée sur le schéma ci-dessous.

Le prédimensionnement pour une coupe géotechnique type est présenté en annexe. Les pieux sont descendus à la côte -8mNGF pour la file arrière et -10m NGF pour la file avant. Les longueurs seront à adapter selon les couches de sol rencontrées et les paramètres de mise en œuvre.

Les fondations seront réalisées selon les référentiels SNCF (IG90033 et IG94589). Des dispositions spécifiques seront étudiées en ce qui concerne les vibrations, les éventuels terrassements et fouilles aux abords du viaduc ferroviaire

La future dalle à réaliser dans le cadre du réaménagement sera dissociée des berges existantes. On veillera à ne pas déchausser les fondations existantes des berges, ou provoquer une décompression des terrains d'assise, qui pourrait engendrer des désordres. D'après les documents disponibles, un remplissage béton a eu lieu sous l'ouvrage existant avant pose des enrochements, ce qui devrait éviter le basculement du quai. Malgré tout, une attention particulière sera apportée en phase provisoire lors de la dépose des enrochements devant l'ouvrage existant, en procédant par passe.

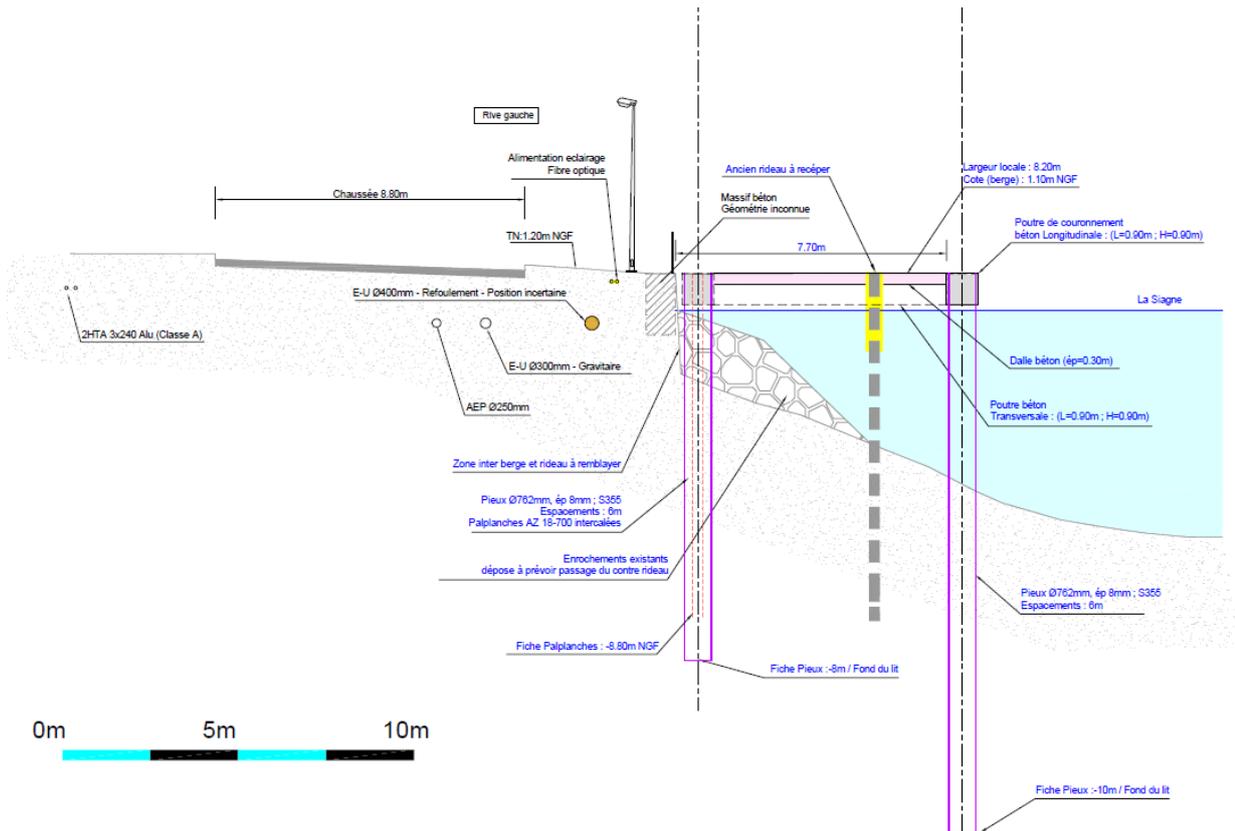


FIGURE 11: COUPE TYPE DE LA SOLUTION B (ZONE AVAL VIADUC SNCF)

5.3.1.2 - Franchissement au droit de la pile SNCF

La solution retenue au droit de la pile SNCF ne dépend pas de la conception retenue pour le reste du projet. Il s'agira donc de la même solution décrite dans le §5.2.1.2 - .

5.3.2 - Phasage

Le séquençage envisagé des travaux est présenté ci-après :

- Installation d'instruments d'auscultation sur le viaduc SNCF (géophones)
- Essai de lancement aux droits des pieux
- Dépose des enrochements 1/2t par passe devant le quai existant et mise en fiche des pieux arrière et des palplanches (coté berge) par voie terrestre et remblaiement entre la berge existante et le rideau de palplanche.
- Mise en œuvre des pieux avant (coté rivière) par voie fluviale
Les travaux démarreront depuis la section la plus éloigné du viaduc et avanceront vers lui (direction aval→amont pour la partie aval, amont→aval pour la partie amont). L'évolution des vibrations sera auscultée à tout moment. Si le niveau de vibrations se rapproche du seuil limite et qu'un seuil d'alerte est franchi, la technique de mise en œuvre sera adaptée en conséquence.
- Ferrailage et bétonnage des têtes de pieux
- Coffrage des poutres / pose des éléments préfabriqués selon mode opératoire retenu
- Bétonnage des poutres jusqu'en sous-face de la dalle
- Coffrage des dalles / pose des éléments préfabriqués selon mode opératoire retenu
- Ferrailage des dalles à couler in situ
- Bétonnage de la dalle

5.3.3 - Délais

Le délai de réalisation de travaux est estimé à 10 Mois :

- Travaux préparatoires du chantier : 1 mois
- Dépose des enrochements et mise en œuvre des pieux (voie fluviale) et palplanches (voie terrestre) (zone aval) : 3 mois
- Construction de la plateforme (poutres, dalle, etc.) (zone aval) : 2 mois
- Dépose des enrochements et mise en œuvre des pieux (voie fluviale) et palplanches (voie terrestre) (zone amont) : 2 mois
- Construction de la plateforme (poutres, dalle, etc.) (zone amont) : 1 mois
- Passerelle au droit de la pile SNCF et dalle béton : 0.5 mois (préfabrication)
- Démobilisation – remise en état des lieux : 0.5 mois

Pour réduire ce délai, il faudrait considérer une réalisation en parallèle de la partie amont et aval. Dans ce cas-là, la durée des travaux serait de l'ordre de 7 mois.

5.3.4 - Avantages et inconvénients de la solution B

Les avantages majeurs de cette solution consistent en :

- Peu de battage, limité aux pieux (Eviter les problèmes de refus constatés en 2017)
- Peu d'impact par rapport à la situation avant travaux : Réduction de la section hydraulique de la Siagne non significative
- Pas de gêne sur les réseaux souterrains de la zone, pas nécessaire de les déplacer
- Planning potentiellement réalisable dans une seule saison si on considère une réalisation en parallèle de la partie amont et aval

- Impact hydraulique faible en termes de vitesses et de niveaux d'eau car l'impact sur la section hydraulique de la Siagne est peu significatif.

Les inconvénients majeurs de la solution consistent en :

- Le dépôt des enrochements risque de déstabiliser provisoirement la berge en phase travaux sur la zone aval
- Coût plus élevé que la solution A
- Gêne de la circulation routière (circulation alternée) et de la navigation
- Génération de vibrations sur le viaduc SNCF, à prendre en compte pendant les travaux

5.4 - Solution Mixte

Étant donné que la zone qui nécessite un confortement de berge est uniquement la zone aval du viaduc, la réalisation des travaux sous le viaduc et sur la zone amont n'est pas nécessaire d'un point de vue stabilité de berge, et a certains impacts sur le projet :

- Un coût de réalisation supplémentaire
- Un planning plus long
- Une interface supplémentaire avec le viaduc SNCF et la berge
- Un dépassement de la limite réglementaire de 100 m de la zone de travaux.

Toutefois, la maîtrise d'ouvrage souhaitant réaliser ces travaux sous le viaduc et en amont, afin notamment d'assurer une continuité de plateforme dans le cadre du projet urbain de réaménagement du front de mer, une solution mixte complémentaire a été étudiée. Elle consiste en la réalisation :

- De la solution de confortement (A ou B) sur la zone aval
- De la passerelle sous le viaduc,
- Du prolongement de la passerelle jusqu'à la berge en amont du viaduc, ce qui permettra la connexion de la piste cyclable existante avec la future plateforme (piste cyclable,...).

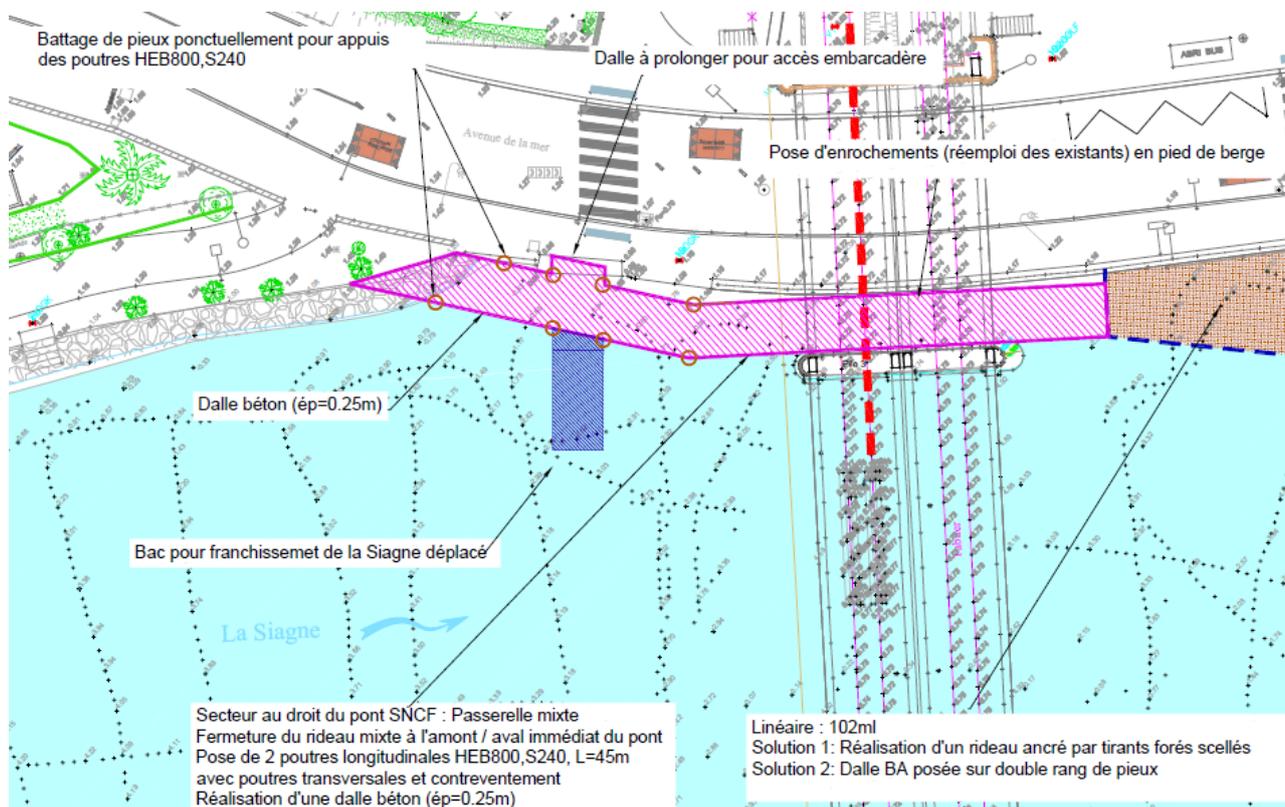


FIGURE 12: SOLUTION MIXTE (ZONE AMONT VIADUC SNCF)

La fondation du prolongement de la passerelle se fera sur 8 pieux.

6 - ANALYSE COMPARATIVE DES SCENARIOS

Cette analyse multicritère doit permettre au maître d'ouvrage de faciliter la prise de décision pour le choix de la solution de confortement.

Critères	Solution A (Ouvrage droit en rivière avec remblais arrière)	Solution B (Quai béton fondé sur pieux)	Solution Mixte	
			Aval : Solution A	Aval : Solution B
Délais	9 mois (6-7 mois si travaux en parallèle)	10 mois (7 mois si travaux en parallèle)	7 mois	8 mois
Stabilité et pérennité des aménagements	Similaires pour les différentes solutions (Solutions stables et pérennes)			
Hydraulique vis-à-vis de la Siagne (crue, sédimentation)	Impact faible sur les niveaux d'eau selon étude Safege	Impact faible en termes de vitesses et de niveaux d'eau car impact sur la section hydraulique peu significatif	Impact faible selon étude Safege	Impact faible en termes de vitesses et de niveaux d'eau car impact sur la section hydraulique peu significatif
	Impact positif vis-à-vis de la sédimentation au niveau des vitesses selon étude Safege		Impact positif vis- à-vis de la sédimentation au niveau des vitesses selon étude Safege	
Contraintes réseaux	Similaires pour les différentes les solutions (Pas de dévoiement de réseaux enterrés)			
Difficulté de Mise en œuvre	Voie terrestre et fluviale	Voie terrestre et fluviale	Voie terrestre et fluviale (que pour pieux amont)	Voie terrestre et fluviale (que pour pieux amont)
Stabilité provisoire pendant les travaux	Pas de dépose du soutènement existant	Dépose nécessaire des enrochements existants	Pas de dépose du soutènement existant	Dépose nécessaire des enrochements existants
Contraintes environnementales	Similaires pour les différentes les solutions (Impact faible, car enjeux faibles selon investigations faunistiques et floristiques)			
Contraintes d'insertions paysagères	Similaires pour les différentes les solutions (La plateforme visible disponible après travaux sera aménagée de la même manière)			
Contraintes réglementaires, foncières, urbanistiques, administratives, juridiques	Maximise les emprises au sol (et dépasse les 100m de linéaire de berge) => à minima autorisation Loi eau	Minimise les emprises au sol sur le milieu aquatique (mais dépasse les 100m de linéaire de berge) => à minima autorisation Loi eau	Intermédiaire (mais dépasse les 100m) => à minima autorisation Loi eau	Minimise les emprises au sol sur le milieu aquatique (mais dépasse les 100m) => à minima autorisation Loi eau
Contraintes d'exploitation	Pose de réseaux facile ultérieure dans remblais	Pose de réseaux ultérieure difficile dans dalle	Pose de réseaux facile ultérieure dans remblais zone aval	Pose de réseaux ultérieure difficile dans dalle
Contraintes Impact SNCF, Golf, etc (phase travaux)	Battage de tubes, pieux et de palplanches	Battage de pieux et de palplanches (coté terre)	Minimise le battage sur la zone amont	Minimise le battage sur la zone amont

Navigation Siagne (Phase définitif)	Leger impact à cause du déplacement du stationnement barge en rive gauche vers la rivière		Impact minimal	
Navigation Siagne (Phase travaux)	Voie terrestre et fluviale	Voie terrestre et fluviale	Voie terrestre et fluviale (que pour pieux amont)	Voie terrestre et fluviale (que pour pieux amont)
BILAN (Classement)	2	4	1	3

7 - CONCLUSIONS - RECOMMANDATIONS

Après le prédimensionnement des différentes solutions et l'analyse multicritère présentée sur le tableau §6, nous notons que :

- De manière générale, la solution A est moins cher que la B, plus rapide et moins compliquée à mettre en œuvre.
- Le rajout des travaux en zone amont et sous le viaduc à la solution finale, augmente le cout et la durée de travaux, multiplie les impacts sur les acteurs concernés (notamment viaduc SNCF), sans apporter un vrai bénéfice par rapport à la stabilité de la berge (la zone à stabiliser est la zone aval). De plus, la zone en amont du viaduc dispose déjà d'une piste cyclable, il suffit donc de la raccorder à la nouvelle plateforme qui sera créée sous et en aval du viaduc.
- Il faut noter également que la longueur de la zone aval est ~100 m. Avec l'ajout de la passerelle sous le viaduc et l'aménagement de la berge en amont, la zone de travaux augmentera au-delà de cette limite réglementaire.

Après analyse multicritère, la solution la plus optimisée est **une solution mixte** avec mise en œuvre :

- De la solution de confortement A sur la zone aval
- De la passerelle sous le viaduc
- Du prolongement de la passerelle jusqu'à la berge en amont du viaduc, ce qui permettra la connexion de la piste cyclable existante avec la nouvelle plateforme.

Nous proposons la validation de cette solution pour la prochaine étape de l'étude (PRO) et pour la concertation avec les différents acteurs concernés (SNCF, Golf, etc.)

ANNEXE 1 – CALCULS DE PREDIMENSIONNEMENT

8 - RIDEAU MIXTE

8.1 - Hypothèses géotechniques et autres

■ Sol en place

A partir du rapport G2AVP d'ERG, nous proposons le modèle géotechnique suivant pour le prédimensionnement du rideau :

	toit de la couche m NGF	γ (kN.m3)	phi (°)	C' (kPa)	EM	alpha
Sables vasards et/ou sables à blocs et galets (C1a)	-2.9	18	25	0	3	0.25
Sables beige et/ou sables gris limoneux +/- graveleux (C1b)	-5.9	18.5	32	0	20	0.33
Limon sableux gris (C2)	-10.9	20	28	10	4	0.5
Sable beige (C3)	-18.9	20	32	0	17	0.33

Les valeurs des caractéristiques mécaniques des différentes couches ne sont pas définies dans le rapport. Il conviendra de les déterminer dans le cadre de l'étude G2PRO.

Les valeurs ci-dessus sont obtenues dégradant les valeurs brutes des essais réalisés dans le cadre de la G2AVP.

■ Remblais

Le remblaiement à l'arrière du rideau sera réalisé avec un remblai technique de caractéristique :

Poids volumique humide : 19kN.m3

Angle de frottement interne : 35°

Cohésion effective : 0kPa

■ Corrosion

Selon le tableau 4.1 de la norme NF EN 1993-5, nous retenons une perte d'épaisseur pour corrosion de :

- 3.75mm dans la zone d'attaque élevée
- 1.75mm dans la zone d'immersion permanente et zone de marnage
- 1.75mm dans la zone enterrée

La perte d'épaisseur s'applique sur les 2 faces des palplanches.

Il ne sera pas pris en compte de perte d'épaisseur sur l'intérieur du tube.

8.2 - Charges

8.2.1 - Charges permanentes

- Poussées des terres
- Action hydrostatique
 - ▶ Niveau d'eau Siagne : +0.00m NGF
 - ▶ Niveau d'eau remblais : +0.50m NGF (hypothèse conservative)

8.2.2 - Charges d'exploitation

- Engin de chantier en phase transitoire

Engin de forage des tirants en déporté. 2 patins de 2m de large, espacés de 8m, 100kPa. A valider.
Intervention par voie fluviale sinon.

- Circulation piétonne et cycliste en phase définitive
2.50kN/m²

8.2.3 - Séisme

L'ouvrage est en zone de sismicité 3 --> $a_{gr}=1.1\text{m/s}^2$

Le sol est de classe D --> $S=1.6$

L'ouvrage est classé en catégorie d'importance II --> $\gamma_1=1$

8.3 - Phasage

- 1- Dépose des enrochements et obstacles sous-marins
- 2- Mise en œuvre du rideau mixte
- 3- Remblaiement à la côte +0.70mNGF
- 4- Mise en œuvre des tirants par voie terrestre à la côte +0.0m NGF
- 5- Remblaiement (revêtement de surface) à la côte +1.20m
- 6- Surcharge d'exploitation
- 7- Séisme
- 8- Affouillement de 50cm

8.4 - Résultats

8.4.1 - Stabilité générale

Voir sortie K-réa.

8.4.2 - Stabilité interne

- Rideau mixte

Caractéristiques des pieux		
<i>Caractéristique du tube :</i>		
espacement pieux		2.514
Diamètre du pieu B =		914 mm
Epaisseur du pieu e =		14 mm
Module d'élasticité E =		210000 MPa
Résistance élastique fy =		355 MPa
<i>Caractéristiques mécaniques :</i>		
	Provisoire	En service
Section	1	2
Ep sacrifiée ext =	0 mm	1.75 mm
Ep sacrifiée int =	0 mm	0 mm
Diamètre extérieur =	914 mm	910.5 mm
Diamètre intérieur =	886 mm	886 mm
Epaisseur =	14 mm	12.25 mm
Section (cm ²) =	396	346
Ia (cm ⁴) =	400 886	348 713
I/v (cm ³) =	8 772	7 660
EI (kN.m ²) =	841 860	732 298
Madm (kN.m) =	3 114	2 719
EI (kN.m ² /ml) =	334 869	291 288
Madm (kN.m/ml) =	1 239	1 082

D'après k-réa : $M_{max} = 978 \text{ kN.m/ml} < M_{adm} \rightarrow$ Les tubes conviennent.

■ Tirant

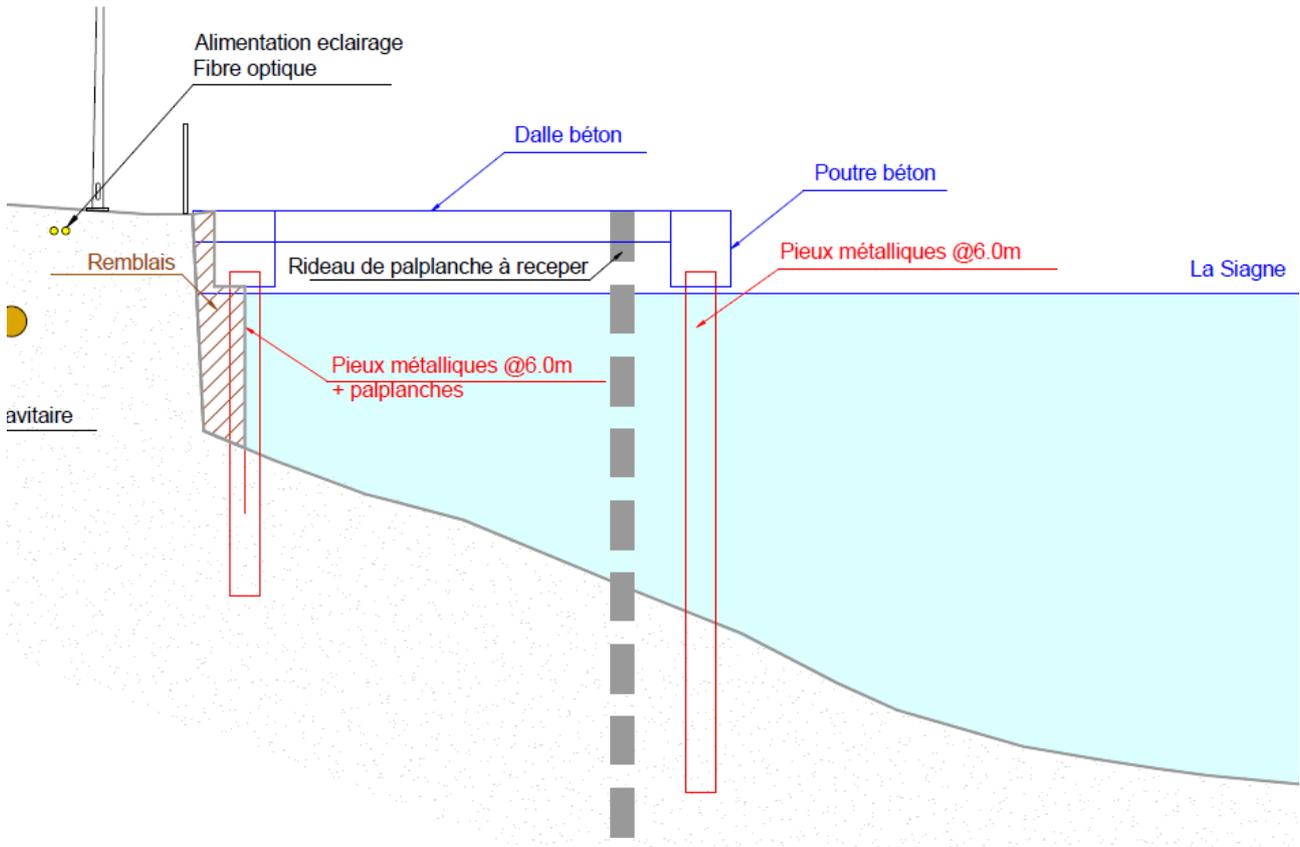
D'après k-réa : $T_d = 248 \text{ kN/ml}$, soit $T_{r,d} = 619 \text{ kN}$ par tirant.

--> Tirants DYWIDAG R76-1300 ou équivalents

non corrodé		corrodé	
1300	kN	1201	
0.9		0.9	
1.25		1.25	
936	kN > Tr,d	865	kN > Tr,d
OK		OK	
non corrodé		corrodé	
1000	kN	924	kN
1		1	
1000	kN > Tr,d	924	kN > Tr,d
OK		OK	

9 - QUAI OUVERT

9.1 - Principe de la solution



Le rideau de soutènement est calculé via k-réa, en butée sur la structure ouverte.

La structure pieux+dalle est modélisée via ARSA.

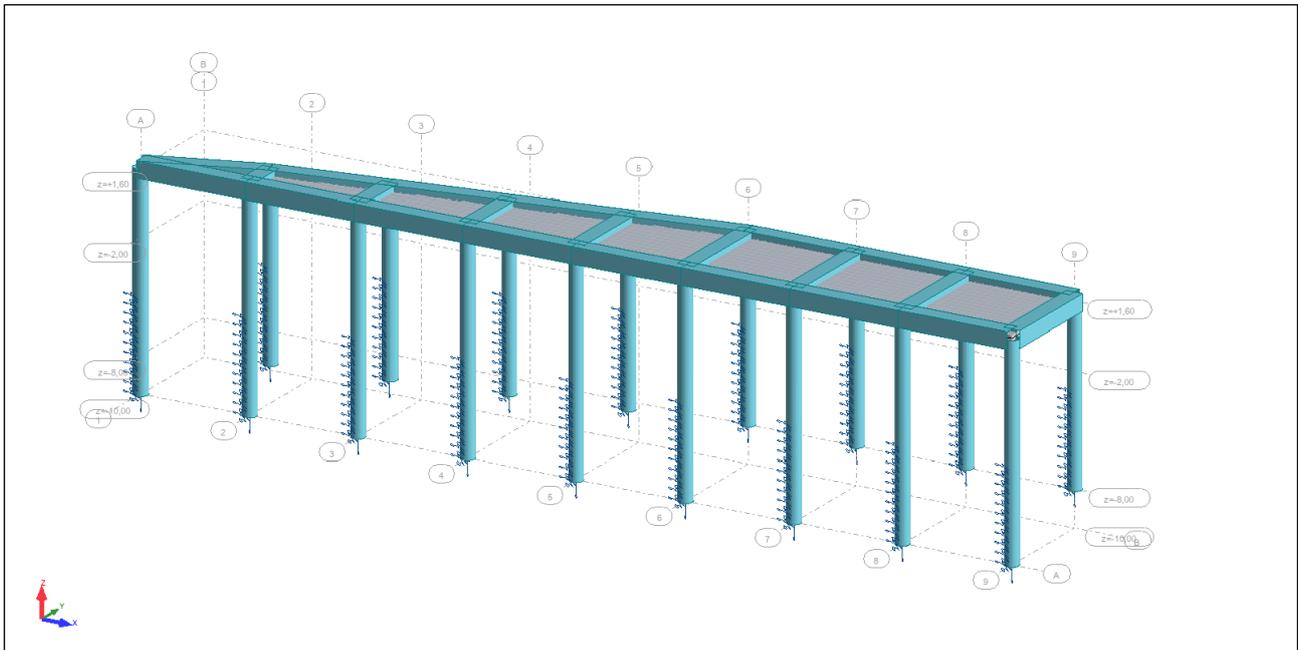
9.2 - Rideau de soutènement devant l'ouvrage existant

La réalisation de ce rideau nécessitera la dépose par passe des enrochements. D'après les documents à disposition, un calage béton a été réalisé sous l'ouvrage béton existant. La stabilité en phase provisoire n'est donc pas remise en cause.

Caractéristiques des palplanches		
<i>Caractéristique des palplanches : AZ 17-700</i>		
Moment d'inertie =	36230	cm ⁴ /ml
Epaisseur =	8.5	mm
Largeur des palplanches =	1000 mm	
h =	420 mm	
Résistance élastique fy =	355 MPa	
Module d'élasticité E =	210000 MPa	
<i>Caractéristiques mécaniques :</i>		
	non corrodée	corrodée
Section	1	2
Ep sacrifiée ext =	0 mm	1.75 mm
Ep sacrifiée int =	0 mm	1.75 mm
Epaisseur =	8.5 mm	5 mm
% corrosion	0%	41%
Av (mm ²) =	13300	5476
la (cm ⁴ /ml) =	36 230	21 312
I/v (cm ³ /ml) =	1 725	1 015
EI (kN.m ² /m/ml) =	76 083	44 755
γ_{MO}	1	1
Mc,Rd (kN.m/ml) =	612	360
Vc,Rd (kN/ml) =	2 726	1 122
Md (kN.m/ml) =	184	ok
Vd (kN/ml) =	202	ok

9.3 - Structure ouverte

9.3.1 - Modélisation Robot



9.3.2 - Pieux

$M_{max} = 971 \text{ kN.m}$

Caractéristiques des pieux		
<i>Caractéristique du tube :</i>		
espacement pieux	6	
Diamètre du pieu B =	762 mm	
Epaisseur du pieu e =	8 mm	
Module d'élasticité E =	210000 MPa	
Résistance élastique f_y =	355 MPa	
<i>Caractéristiques mécaniques :</i>		
	Provisoire	En service
Section	1	2
E_p sacrifiée ext =	0 mm	1.75 mm
E_p sacrifiée int =	0 mm	0 mm
Diamètre extérieur =	762 mm	758.5 mm
Diamètre intérieur =	746 mm	746 mm
Epaisseur =	8 mm	6.25 mm
Section (cm ²) =	190	148
I_a (cm ⁴) =	134 683	104 486
I/v (cm ³) =	3 535	2 755
EI (kN.m ²) =	282 834	219 420
M_{adm} (kN.m) =	1 255	978
$M_d; ELU$ (kN.m) =	971	ok

9.3.3 - Poutres

	Max	Min	Max	Min
Fx (kN)	96	-68	162	-142
Fy (kN)	81	-72	112	-98
Fz (kN)	417	-123	631	-169
Mx (kN.m)	212	-145	289	-168
My (kN.m)	458	-391	682	-602
Mz (kN.m)	13	-51	24	-69

Section : 90x90cm² - Ratio 180kg/m³

9.3.4 - Portance

- Pieux file avant

Procédure du "modèle de terrain" :

Terme de pointe $R_{b,k}$:

Section de pointe $A_b = 0.456 \text{ m}^2$

Couche inférieure non

$\rho l^* =$

$k_{pmax} = 1.45$

$k_p = 1.45$

$p_{le}^* = 500 \text{ kPa}$

$q_b = p_{le}^* \times k_p = 725 \text{ kPa}$

$q_{b,k} = q_b / (\gamma_{Rd,1} \times \gamma_{Rd,2}) = 573 \text{ kPa}$

$R_{b,k} = q_{b,k} \times A_b = 261 \text{ kPa}$

Coefficients de modèle :

	compression	traction
$\gamma_{Rd,1} =$	1.15	1.40
$\gamma_{Rd,2} =$	1.10	

Terme de frottement latéral $R_{s,k}$:

toit m/TN	Choix de la courbe	Epaisseur (m)	$\rho l^*(z)$ (MPa)	$\alpha_{pieu/sol}$	$f_{sol}[\rho l^*(z)]$	$q_{s,i,k}$ (MPa)	$q_{s,i,k}$ imposé (MPa) NF P 94- 262, F.5.2.3	$R_{s,i,k}$ (kN)
					0.000	0.000		0
					0.000	0.000		0
		0			0.000	0.000		0
0 C1a		3			0.000	0.000		0
-3 C1b	Q2	5	1.2	1.2	0.055	0.066		789
-8 C2	Q1	2	0.5	0.8	0.034	0.027		131
		10					$\Sigma R_{s,i,k} =$	920 kN

	Compression	Traction
$R_{s,k} =$	728 kN	$R_{s,k} = 598 \text{ kN}$

Justifications :

	$F_{c,d}$	$R_{c,d}$	
ELU Fondamental	827 kN	899 kN	$F_{c,d} < R_{c,d}$
ELU accidentel	878 kN	989 kN	$F_{c,d} < R_{c,d}$
	$F_{t,d}$	$R_{t,d}$	
ELU Fondamental	0 kN	-520 kN	$F_{t,d} < R_{t,d}$
ELU accidentel	0 kN	-569 kN	$F_{t,d} < R_{t,d}$
	$F_{c,d}$	$R_{c,cr,d}$	
ELS caractéristique	0 kN	769 kN	$F_{c,d} < R_{c,cr,d}$
ELS quasi permanent	611 kN	629 kN	$F_{c,d} < R_{c,cr,d}$
	$F_{t,d}$	$R_{t,cr,d}$	
ELS caractéristique	0 kN	-380 kN	$F_{t,d} < R_{t,cr,d}$
ELS quasi permanent	0 kN	-279 kN	$F_{t,d} < R_{t,cr,d}$

Les pieux avants devront être descendus de 10m dans le sol.

- Pieux file arrière

Procédure du "modèle de terrain" :

Terme de pointe $R_{b,k}$:

Section de pointe $A_b = 0.456 \text{ m}^2$

Couche inférieure	oui
$p_l^* =$	0.5 MPa
$k_{pmax} =$	1.45
$k_p =$	1.45
$p_{le}^* =$	675 kPa
$q_b = p_{le}^* \times k_p =$	979 kPa
$q_{b,k} = q_b / (\gamma_{Rd,1} \times \gamma_{Rd,2}) =$	774 kPa
$R_{b,k} = q_{b,k} \times A_b =$	353 kPa

Coefficients de modèle :

	compression	traction
$\gamma_{Rd,1} =$	1.15	1.40
$\gamma_{Rd,2} =$	1.10	

Terme de frottement latéral $R_{s,k}$:

toit m/TN	Choix de la courbe	Epaisseur (m)	$p_l^*(z)$ (MPa)	$\alpha_{pieu/sol}$	$f_{sol}[p_l^*(z)]$	$q_{s,i,k}$ (MPa)	$q_{s,i,k}$ imposé (MPa) NF P 94- 262, F.5.2.3	$R_{s,i,k}$ (kN)
					0.000	0.000		0
					0.000	0.000		0
		0			0.000	0.000		0
		0			0.000	0.000		0
0 C1a		3			0.000	0.000		0
-3 C1b	Q2	5	1.2	1.2	0.055	0.066		789
		8					$\Sigma R_{s,i,k} =$	789 kN

	Compression	Traction
$R_{s,k} =$	624 kN	$R_{s,k} = 512 \text{ kN}$

Justifications :

	$F_{c,d}$	$R_{c,d}$	
ELU Fondamental	396 kN	888 kN	$F_{c,d} < R_{c,d}$
ELU accidentel	432 kN	977 kN	$F_{c,d} < R_{c,d}$
	$F_{t,d}$	$R_{t,d}$	
ELU Fondamental	-352 kN	-446 kN	$F_{t,d} < R_{t,d}$
ELU accidentel	-368 kN	-488 kN	$F_{t,d} < R_{t,d}$
	$F_{c,d}$	$R_{c,cr,d}$	
ELS caractéristique	0 kN	760 kN	$F_{c,d} < R_{c,cr,d}$
ELS quasi permanent	287 kN	622 kN	$F_{c,d} < R_{c,cr,d}$
	$F_{t,d}$	$R_{t,cr,d}$	
ELS caractéristique	0 kN	-326 kN	$F_{t,d} < R_{t,cr,d}$
ELS quasi permanent	-208 kN	-239 kN	$F_{t,d} < R_{t,cr,d}$

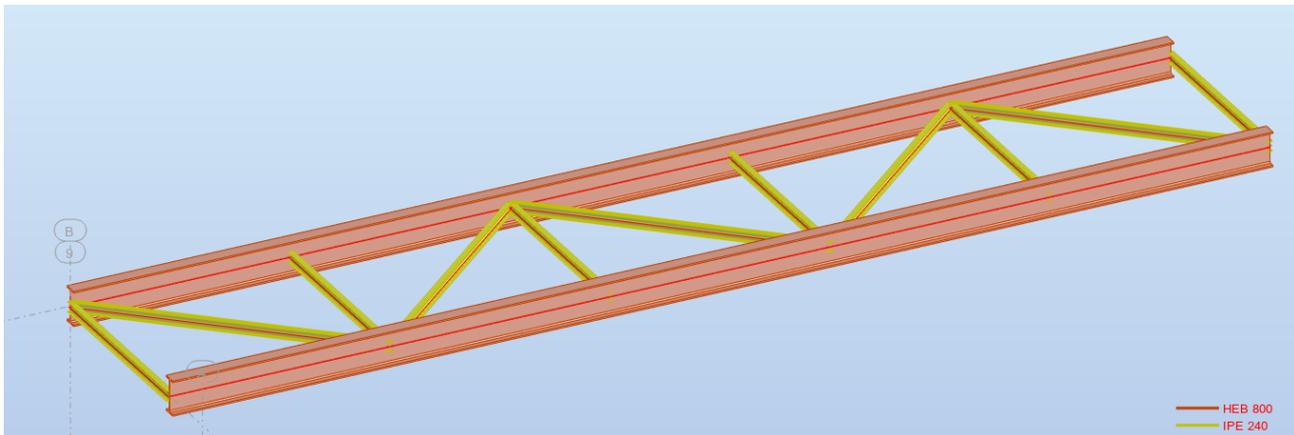
Les pieux arrière devront être descendus de 8m dans le sol.

10 - STRUCTURE AU DROIT DE LA PILE SNCF

Au droit de la pile SNCF, une passerelle portera sur une distance de 25m et sera appuyée, via des appuis néoprènes avec butées horizontales, sur les retours du rideaux mixtes (solution 2) ou les 2 derniers portiques (solution 1).

L'ouvrage existant sera consolidé par un talus en enrochement.

La passerelle sera en profilé métallique, avec dalle béton.



Profilés retenus :

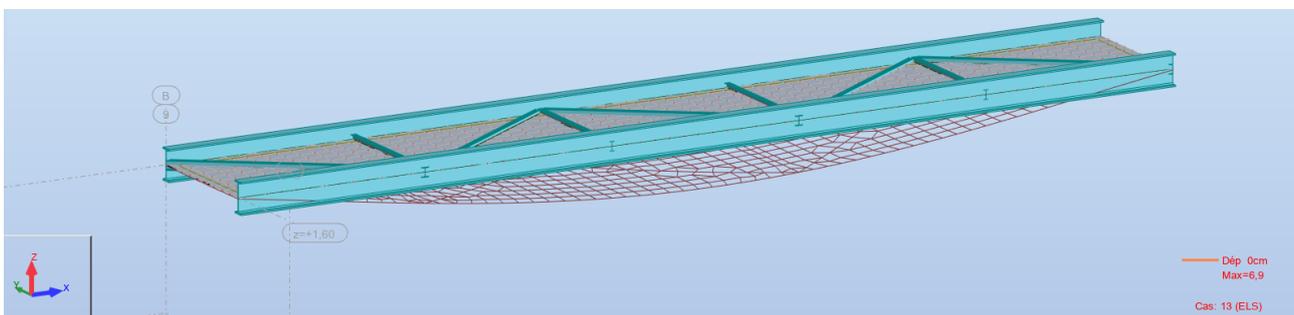
Poutres longitudinales : HEB800

Poutres transversales et contreventements : IPE240

Nuance S420

Pièce	Profil	Matériau	Lay	Laz	Ratio	Cas	Ratio(uy)	Cas (uy)	Ratio(uz)	Cas (uz)
3 Barre_3	IPE 240	ACIER	35.09	129.98	0.02	14 ELU	0.00	13 ELS	0.00	13 ELS
4 Barre_4	IPE 240	ACIER	35.09	129.98	0.05	14 ELU	0.00	13 ELS	0.00	13 ELS
5 Barre_5	IPE 240	ACIER	35.09	129.98	0.05	14 ELU	0.00	13 ELS	0.00	13 ELS
6 Barre_6	IPE 240	ACIER	35.09	129.98	0.02	14 ELU	0.00	13 ELS	0.00	13 ELS
26 longi_26	HEB 800	S 420 M	76.27	74.87	0.47	14 ELU	0.00	13 ELS	0.54	13 ELS
51 longi_51	HEB 800	S 420 M	76.27	74.87	0.46	14 ELU	0.00	13 ELS	0.53	13 ELS

Flèche max : 6.9cm < 10cm = L/250 - Ok



ANNEXE 2 – PLANS



Avant-projet

Mission de Maîtrise d'oeuvre
pour le confortement de berge de la Siagne

Phase AVP

Vues en plan des aménagements



N° affaire : MED0217		N° plan : 001		Date : Oct 2021	Indice : A	Echelle : -	Fichier : MED0217_PRO_SIAGNE		
A	Oct 2021	Première édition				P.B.	A.M.	S.P.	
Indice	Date	Modifications				Rédacteur	Vérification	Validation	

VUE GENERALE
ECHELLE : 1/750°

Legende reseaux

-  VEOLIA Rejets pluviaux
-  Assainissement gravitaire
-  Assainissement refoulement
-  Adduction eau potable

Mairie

-  Arrosage
-  Eclairage public
-  Fibre optique enterree
-  ENEDIS HTA classe A

GRDF

-  Reseau MPB
-  Reseau abandonné



PLANCHE1-250°

PLANCHE2-250°

PLANCHE3-250°

COUPE C

COUPE B

COUPE A

Linéaire : 60ml
Solution A: Réalisation d'un rideau ancré par tirants forés scellés
Solution B: Dalle BA posée sur double rang de pieux

Secteur au droit du pont SNCF : Passerelle mixte
Fermeture du rideau mixte à l'amont / aval immédiat du pont
Pose de 2 poutres longitudinale HEB800,S240, L=25m
avec poutres transversales et contreventement
Réalisation d'une dalle béton (ép=0.25m)

Linéaire aval : 100ml - travaux prioritaires
Solution 1: Réalisation d'un rideau ancré par tirants forés scellés
Solution 2: Dalle BA posée sur double rang de pieux

0m 25m

100m



SOLUTION MIXTE
ECHELLE : 1/250°

0m 10m 40m

Battage de pieux ponctuellement pour appuis
des poutres HEB800,S240

Dalle à prolonger pour accès embarcadère

COUPE TYPE B

Pose d'enrochements (réemploi des existants) en pied de berge

Dalle béton (ép=0.25m)

Bac pour franchissement de la Siagne déplacé

Secteur au droit du pont SNCF : Passerelle mixte
Fermeture du rideau mixte à l'amont / aval immédiat du pont
Pose de 2 poutres longitudinales HEB800,S240, L=45m
avec poutres transversales et contreventement
Réalisation d'une dalle béton (ép=0.25m)

Linéaire : 102ml
Solution 1: Réalisation d'un rideau ancré par tirants forés scellés
Solution 2: Dalle BA posée sur double rang de pieux

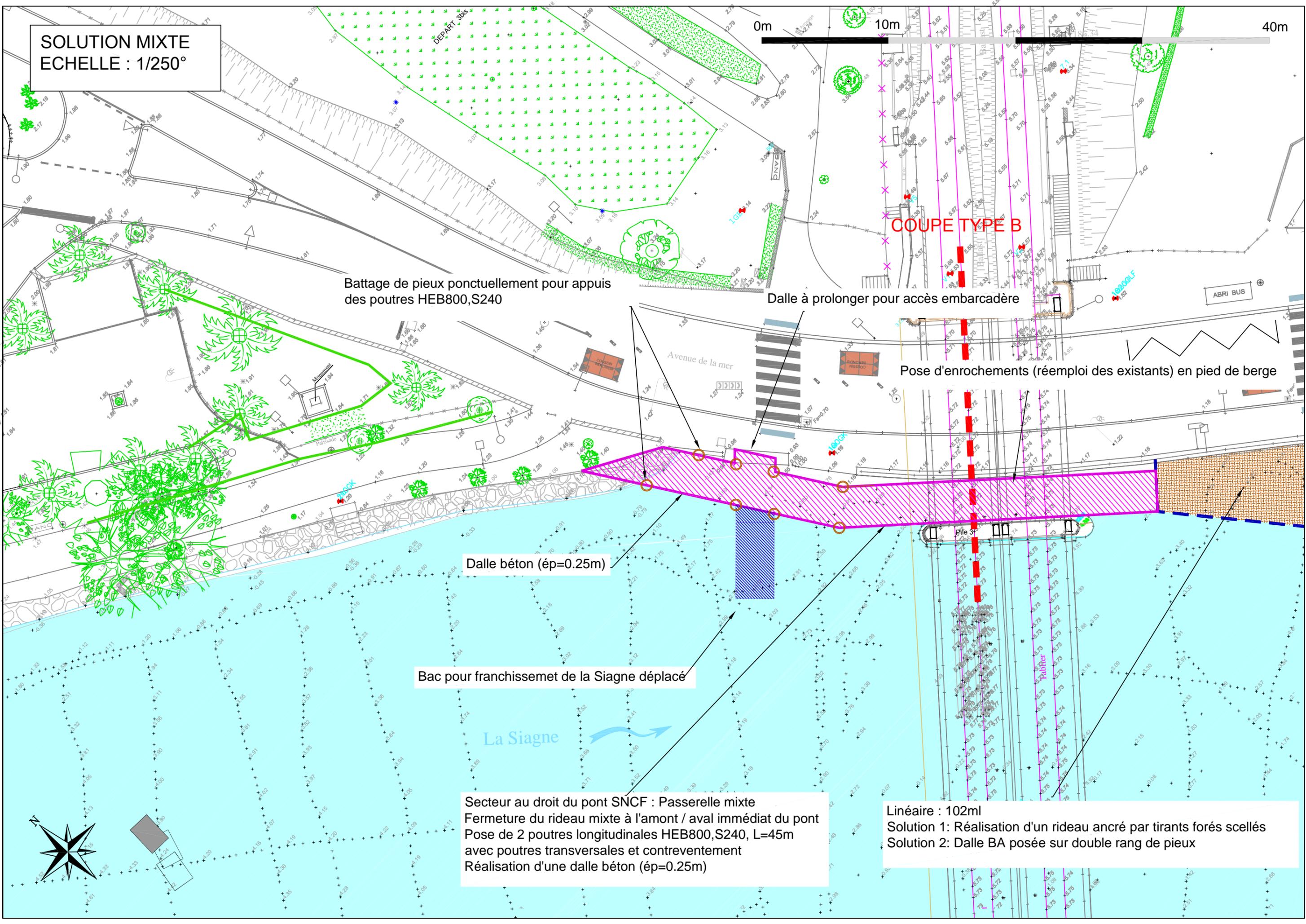
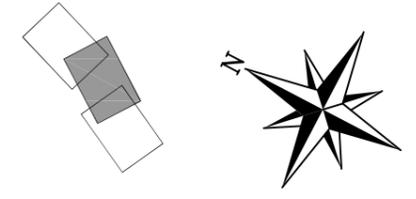


PLANCHE 02
ECHELLE : 1/250°



COUPE TYPE A

Secteur au droit du pont SNCF : Passerelle mixte
Fermeture du rideau mixte à l'amont / aval immédiat du pont
Pose de 2 poutres longitudinales HEB800, S240, L=25m
avec poutres transversales et contreventement
Réalisation d'une dalle béton (ép=0.25m)

COUPE TYPE B

Linéaire : 102ml
Solution 1: Réalisation d'un rideau ancré par tirants forés scellés
Solution 2: Dalle BA posée sur double rang de pieux

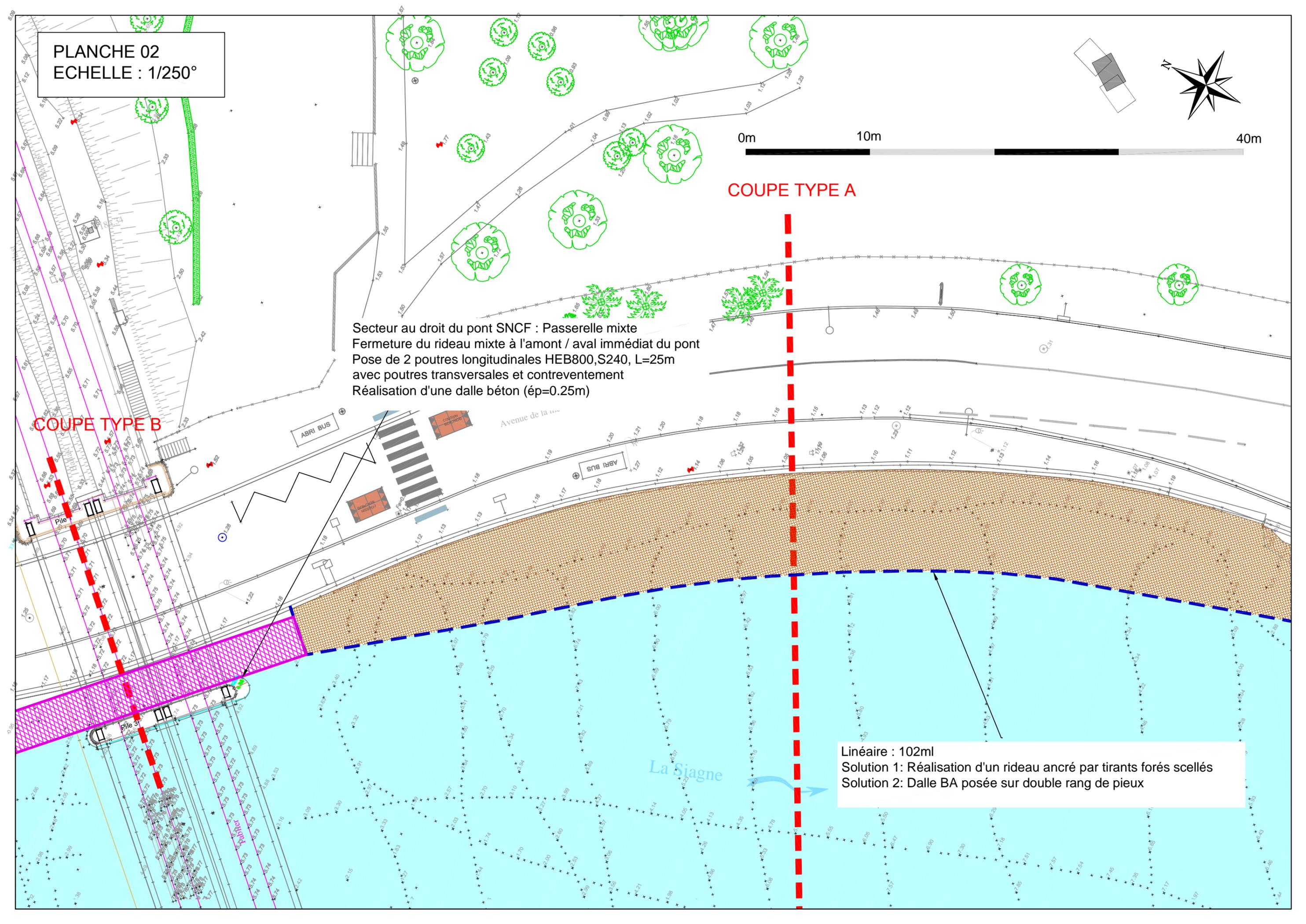
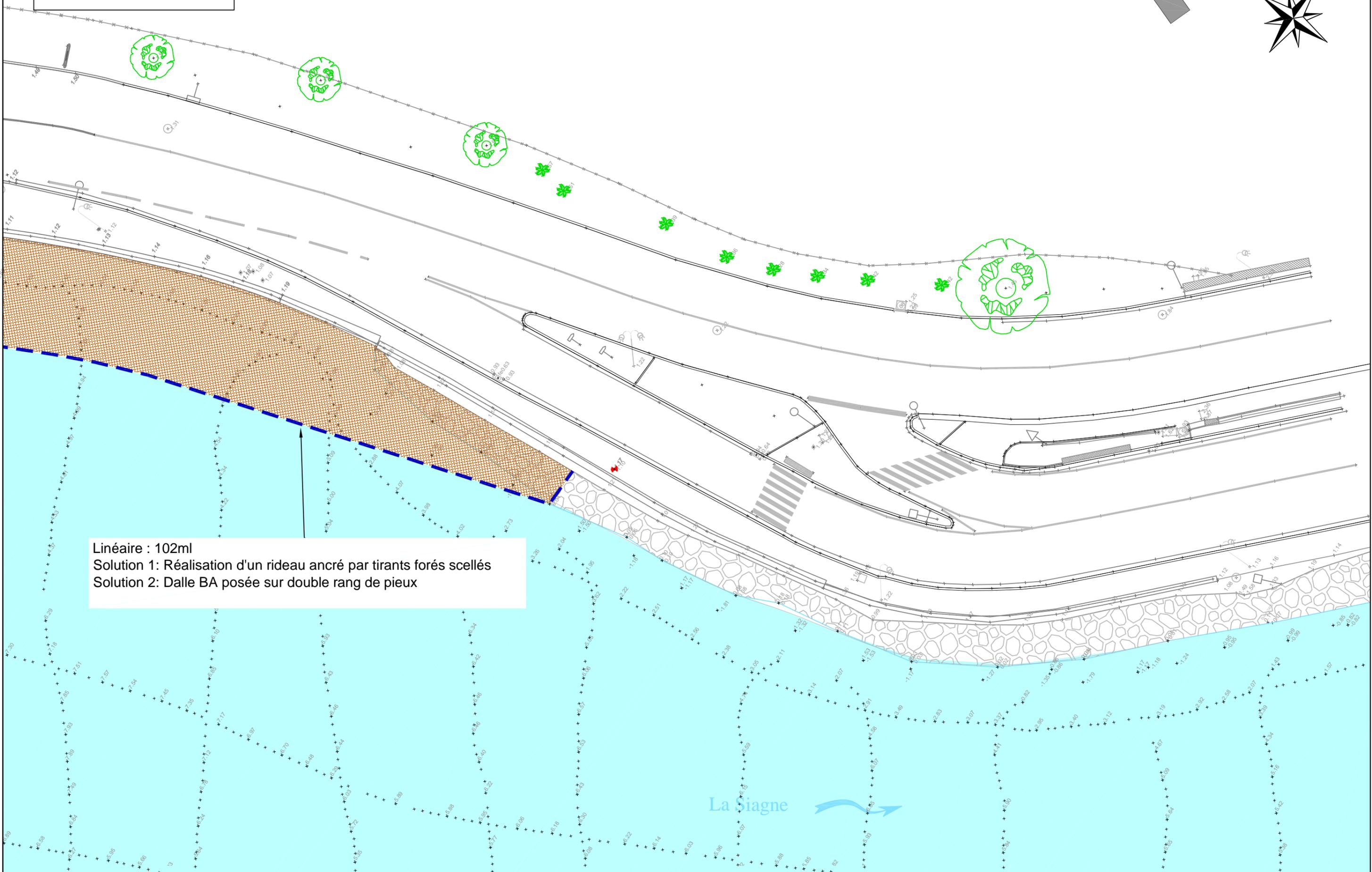
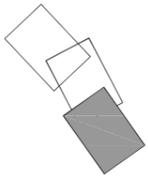


PLANCHE 3 AVAL
ECHELLE : 1/250°



Linéaire : 102m
Solution 1: Réalisation d'un rideau ancré par tirants forés scellés
Solution 2: Dalle BA posée sur double rang de pieux

La Siagne



Avant-projet

Mission de Maîtrise d'oeuvre
pour le confortement de berge de la Siagne

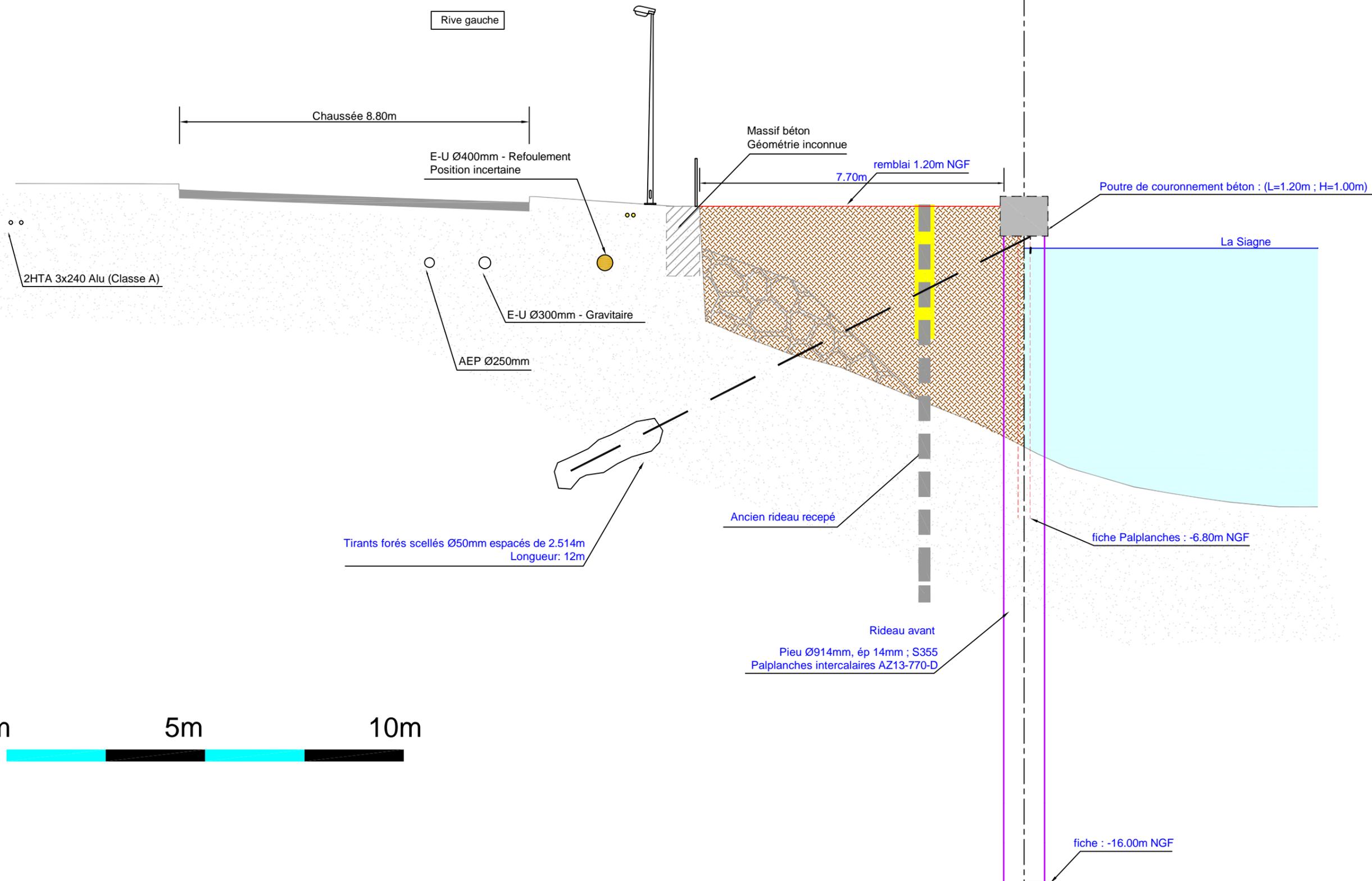
Cahier des coupes types

Solution A : Rideau ancré par tirant forés et scellés
Solution B : Dalle sur pieux



N° affaire : MED0217		N° plan : 001		Date : Oct 2021	Indice : A	Echelle : -	Fichier : MED0217_PRO_SIAGNE		
A	Oct 2021	Première édition				P.B.	A.M.	S.P.	
Indice	Date	Modifications				Rédacteur	Vérification	Validation	

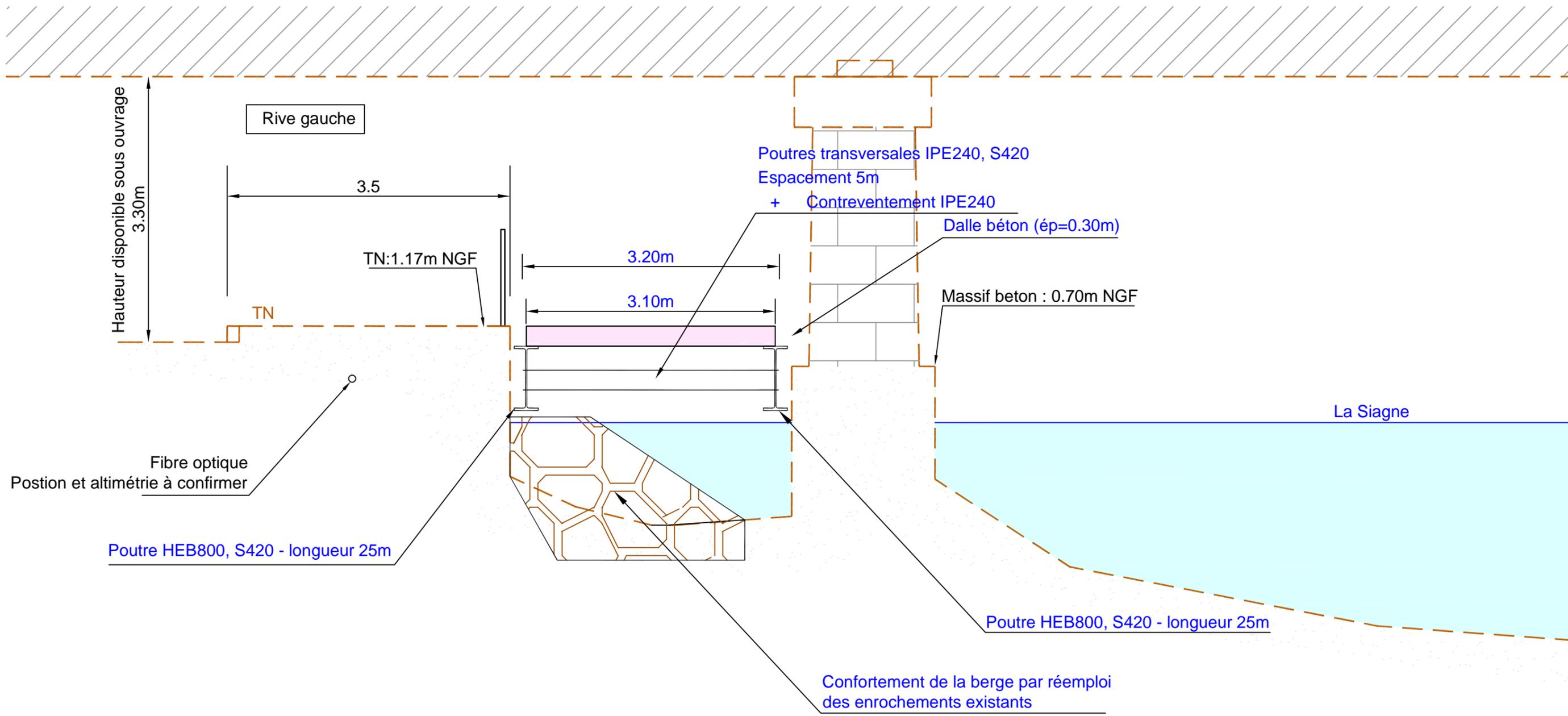
COUPE TYPE A - SOLUTION A
 ETAT PROJET - OPTION RIDEAU ANCRE PAR
 TIRANTS FORES SCELLES
 ECHELLE : 1/75°



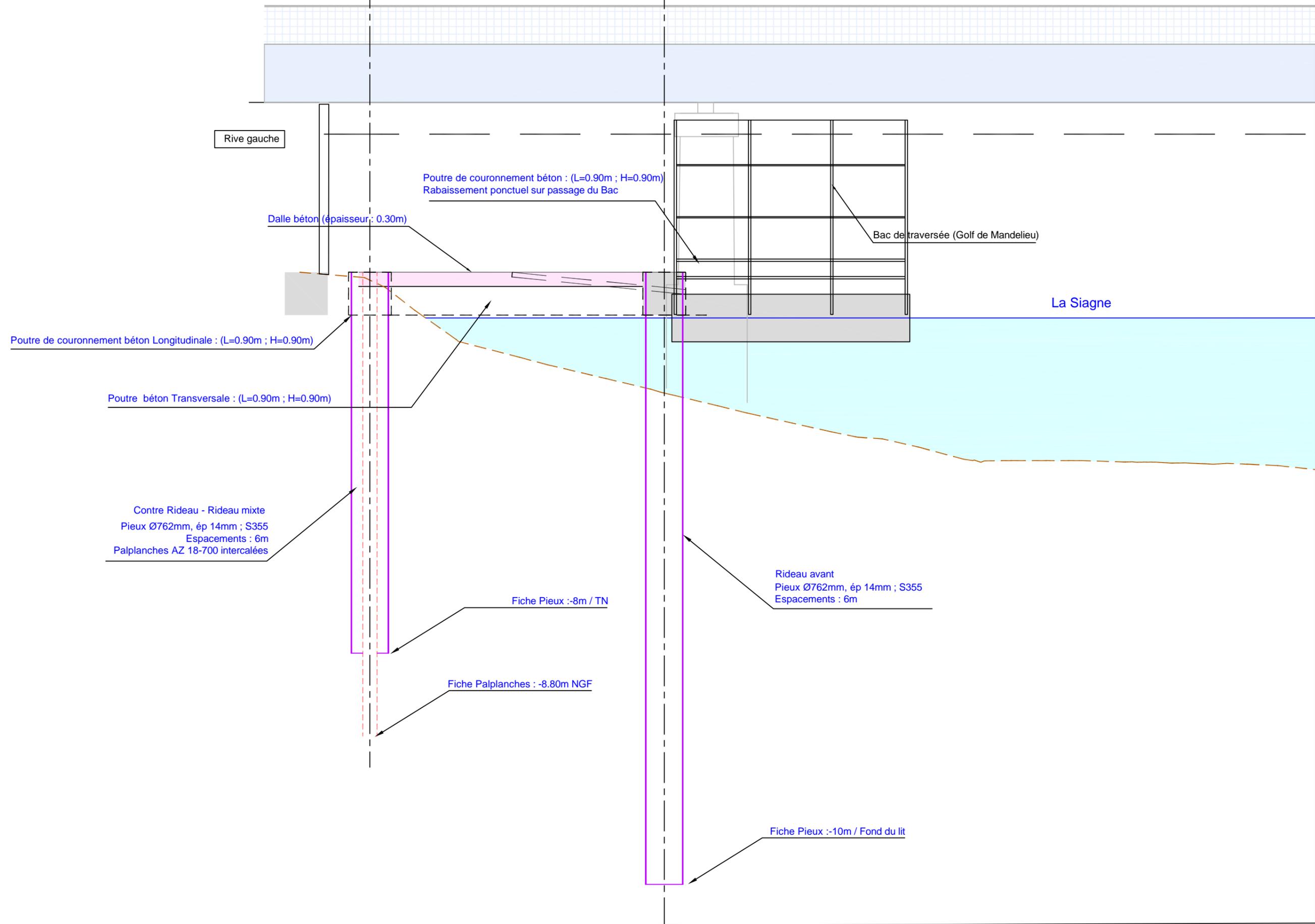
COUPE TYPE B
ETAT PROJET - PASSERELLE MIXTE
ECHELLE : 1/50°

0m

5m



COUPE TYPE C
ETAT PROJET - OPTION DALLE SUR PIEUX
ECHELLE : 1/75°



Département

communication.egis@egis.fr

www.egis-group.com

