
Maîtrise d'œuvre agréée de
travaux de confortement du
système d'endiguement de
Saint Nicolas de Redon

Rapport de la phase PRO

53055 | Novembre 2023 – v1 | MPR

 16 Boulevard de l'Ecce Homo 49100 ANGERS hydratec.angers@hydra.setec.fr T : 02 41 57 05 73		Directeur de Projet	PVE		
		Responsable d'affaire	MPR		
		N° Affaire	53055		
<i>Fichier : 53055_EPTB-MOE-ST-NICOLAS-REDON_PRO-rapport_v2.docx</i>					
V.	Date	Etabli par	Vérfié par	Nb. pages	Observations / Visa
v1	23 octobre 2023	MPR	NCY	90 + annexes	-
v2	27 novembre 2023	NCY		95 + annexes	Prise en compte remarques MO sur v1 et mise à jour suite réunion COPIL du 14/11/23

TABLE DES MATIERES

1. PREAMBULE	10
1.1 Contexte	10
1.2 Objet de la mission	10
1.3 Secteur d'étude	11
1.4 Données d'entrée	12
1.5 Système de nivellement	13
2. ETAT DES LIEUX	14
2.1 Présentation des ouvrages	14
2.1.1 Digue en terre, tronçon n°4	15
2.1.2 Digue en terre, tronçon n°6	20
2.1.3 Mur en gabions, tronçon n°9a	24
2.1.4 Protections amovibles	27
2.2 Historique	30
2.3 Accessibilité	30
2.3.1 Tronçons n°4 et n°6	30
2.3.2 Tronçon n°9a	31
2.4 Bilan des cotes	31
3. SYNTHESE DES DONNEES ET CONTRAINTES	32
3.1 Hydraulique	32
3.1.1 Contexte hydraulique	32
3.1.2 Débits caractéristiques	33
3.1.3 Niveaux de référence	33
3.1.4 Risque inondation	34
3.2 Données topographiques	34
3.3 Données géologiques et géotechniques	35
3.3.1 Contexte géologique	35
3.3.2 Données géotechniques	35
3.4 Contraintes liées à la présence de piézomètres	39
3.5 Contraintes liées à la qualité des terres en place	40
3.6 Contraintes liées à la présence d'espèces patrimoniales	40
3.7 Contraintes réglementaires environnementales	41
3.8 Contraintes liées à la présence d'espèce invasive	41
3.9 Contraintes paysagères et patrimoniales	42
3.10 Contraintes archéologiques	42
3.11 Contraintes d'accès	42

3.12	Contraintes liées aux usages	42
3.12.1	Tronçons n°4 et n°6.....	42
3.12.2	Tronçon n°9	42
3.12.3	Protections amovibles	43
3.13	Contraintes liées au bâti et aux ouvrages avoisinants	43
3.14	Contraintes liées aux réseaux.....	43
3.15	Contraintes cadastrales	49
3.15.1	Tronçons n°4 et n°6.....	49
3.15.2	Tronçon n°9a	50
3.16	Contraintes sismiques.....	50
4.	SOLUTIONS RETENUS A L'ISSUE DE LA PHASE AVP	51
5.	PROPOSITIONS DE TRAVAUX.....	52
5.1	Organisation générale des travaux	52
5.1.1	Allotissement	52
5.1.2	Installations de chantier.....	52
5.1.3	Travaux préparatoires réalisés par les partenaires.....	52
5.2	Tronçon n°4.....	53
5.3	Tronçon n°6.....	55
5.4	Tronçon n°9a.....	56
5.5	Protections amovibles	57
5.5.1	Rappel aspects réglementaires - Prescriptions de la DREAL	57
5.5.2	Présentation de la solution retenue : Digue amovible avec ancrage.....	58
5.5.3	Linéaire 1	63
5.5.4	Linéaire 2	65
5.5.5	Linéaire 3	68
6.	CONDITIONS PARTICULIERES D'EXECUTION	73
6.1	Généralités	73
6.2	Durées de vie, de service et d'utilisation.....	73
6.3	Contrôle technique	73
6.4	Coordonnateur SPS	73
6.5	Accès au site	73
6.6	Astreinte et procédure de repli.....	73
6.7	Sécurité et police.....	74
6.8	Hygiène et sécurité.....	74
6.9	Protection de l'environnement.....	75
6.10	Mesures pour éviter la dispersion de la Renouée du Japon	76
6.11	Organisation des travaux sur la RD775.....	76

6.12	Réunion préalable avant l'intervention du titulaire	77
6.13	Etats des lieux et remise en état	77
6.14	Découverte de vestiges.....	78
6.15	Exécution de travaux non prévus.....	78
7.	PROVENANCE, QUALITE ET PREPARATION DES MATERIAUX.....	79
7.1	Disposition générales.....	79
7.1.1	Provenances des matériaux – Conformité aux normes.....	79
7.1.2	Vérification quantitative des matériaux, produits et composants de construction.....	79
7.1.3	Demande d'agrément.....	79
7.1.4	Contrôles.....	80
7.2	Matériaux pour la réalisation des tronçons n°4, n°6 et n°9a	80
7.2.1	Matériaux argileux	80
7.2.2	Géotextile filtre.....	80
7.2.3	Géotextile au droit du déversoir (tronçon n°4)	80
7.2.4	Grillage anti-fouisseurs.....	81
7.2.5	Géo-natte en fibres de coco	81
7.2.6	Matériau de transition sous matelas gabions.....	81
7.2.7	Matelas gabions.....	81
7.2.8	Cailloux et blocs de remplissage du matelas gabions	82
7.2.9	Géomembrane.....	83
7.3	Matériaux pour la réalisation des tronçons amovibles.....	84
7.3.1	Bétons.....	84
7.3.2	Eléments métalliques	90
7.3.3	Etanchéité.....	90
8.	CALENDRIER PREVISIONNEL	92
9.	ESTIMATION FINANCIERE	93

ANNEXES

ANNEXE 1 – ESTIMATION FINANCIERE DETAILLEE

ANNEXE 2 – CALENDRIER PREVISIONNEL

ANNEXE 3 – PLANS ET COUPES

ANNEXE 4 – NOTE DE CALCULS DE STABILITE DES OUVRAGES APRES TRAVAUX POUR LES TRONÇONS 4, 6 ET LE TRONÇON 9A

ILLUSTRATIONS

Figure 1-1 : Localisation du site (Géoportail)	11
Figure 1-2 : Localisation du système d'endiguement (rapport de VTA 2020 ; Arcadis)	11
Figure 1-3 : Vue aérienne du site (Géoportail)	12
Figure 2-1 : Ouvrages et tronçons du système d'endiguement (EDD indice E ; Arcadis)	14
Figure 2-2 : Vue aérienne du tronçon 4 (Géoportail)	15
Figure 2-3 : Fond de plan topo du tronçon 4 (Quarta)	15
Figure 2-4 : Photo 1 du tronçon 4 (06-10-2022)	16
Figure 2-5 : Photo 2 du tronçon 4 (06-10-2022)	16
Figure 2-6 : Photo 3 du tronçon 4 (06-10-2022)	16
Figure 2-7 : Photo 4 du tronçon 4 (06-10-2022)	16
Figure 2-8 : Photo 5 du tronçon 4 (06-10-2022)	16
Figure 2-9 : Photo 6 du tronçon 4 (06-10-2022)	16
Figure 2-10 : Plan projet du tronçon 4 (G. Chauvel ; 02-2005)	18
Figure 2-11 : Coupe projet "section F" du tronçon 4 (G. Chauvel)	18
Figure 2-12 : Coupe projet "section G" du tronçon 4 (G. Chauvel)	18
Figure 2-13 : Coupe projet "section H" du tronçon 4 (G. Chauvel)	18
Figure 2-14 : Coupe projet du déversoir en "section G" du tronçon 4 (G. Chauvel)	19
Figure 2-15 : Photo a des travaux tronçon 4 (EPTB ; 2005)	19
Figure 2-16 : Photo b des travaux tronçon 4 (EBTP ; 2005)	19
Figure 2-17 : Vue aérienne du tronçon 6 (Géoportail)	20
Figure 2-18 : Fond de plan topo du tronçon 6 (Quarta)	20
Figure 2-19 : Photo 1 du tronçon 6 (06-10-2022)	20
Figure 2-20 : Photo 2 du tronçon 6 (06-10-2022)	20
Figure 2-21 : Photo 3 du tronçon 6 (06-10-2022)	21
Figure 2-22 : Photo 4 du tronçon 6 (06-10-2022)	21
Figure 2-23 : Plan projet du tronçon 6 (G. Chauvel ; 02-2005)	22
Figure 2-24 : Coupe projet "section A" du tronçon 6 (G. Chauvel)	22
Figure 2-25 : Coupe projet "section B" du tronçon 6 (G. Chauvel)	22
Figure 2-26 : Coupe projet "section C" du tronçon 6 (G. Chauvel)	22
Figure 2-27 : Coupe projet "section B, C" du tronçon 6 (G. Chauvel)	23
Figure 2-28 : Photo a des travaux tronçon 6 (EPTB ; 2005)	23
Figure 2-29 : Photo b des travaux tronçon 6 (EBTP ; 2005)	23
Figure 2-30 : Photo c des travaux tronçon 6 (EPTB ; 2005)	24
Figure 2-31 : Photo d des travaux tronçon 4 (EBTP ; 2005)	24
Figure 2-32 : Photo e des travaux tronçon 4 (EPTB ; 2005)	24

Figure 2-33 : Vue aérienne du tronçon 9a (Géoportail)	25
Figure 2-34 : Fond de plan topo du tronçon 9a (Quarta)	25
Figure 2-35 : Photo 1 du tronçon 9a (06-10-2022)	25
Figure 2-36 : Photo 2 du tronçon 9a (06-10-2022)	25
Figure 2-37 : Photo 3 du tronçon 9a (06-10-2022)	26
Figure 2-38 : Photo 4 du tronçon 9a (06-10-2022)	26
Figure 2-39 : Photo a des travaux tronçon 9a (EPTB ; 2005)	27
Figure 2-40 : Photo b des travaux tronçon 9a (EBTP ; 2005)	27
Figure 2-41 : Vue aérienne des emplacements des protections amovibles par sacs de sable (Géoportail)	28
Figures 2-42 et 2-43 : Fond de plan topo accès au parking (Quarta)	28
Figure 2-44 : Fond de plan topo RD775 (Quarta)	28
Figure 2-45 : Photo 1 emplacements sacs de sable (06-10-2022)	29
Figure 2-46 : Photo 2 emplacements sacs de sable (04-07-2022)	29
Figure 2-47 : Photo 3 emplacements sacs de sable (06-10-2022)	29
Figure 2-48 : Photo 4 emplacements sacs de sable (06-10-2022)	29
Figure 2-49 : Photo 5 emplacements sacs de sable (06-10-2022)	29
Figure 2-50 : Photo 6 emplacements sacs de sable (06-10-2022)	29
Figure 2-51 : Accès aux tronçons 4 et 6 (Google Maps)	30
Figure 2-52 : Accès au tronçon 9a (Google Maps)	31
Figure 3-1 : Bassin versant de la Vilaine (EDD indice E ; Arcadis)	32
Figure 3-2 : Zonage réglementaire (PPRI)	34
Figure 3-3 : Carte géologique du BRGM au droit du site (Infoterre)	35
Figure 3-4 : Localisation des sondages (rapport de mission G1 Esiris)	36
Figure 3-5 : Localisation des piézomètres (EPTB Eaux & Vilaine)	39
Figure 3-6 : Piézomètre présent dans tronçon 4 (06-10-2022)	40
Figure 3-7 : Piézomètre présent dans tronçon 9b (14-11-2023)	40
Figure 3-8 : Localisation des observations de la Vipère pléiade (EPTB Eaux et Vilaine)	41
Figure 3-9 : Légende plan réseaux détectés	45
Figure 3-10 : Réseaux détectés lors de l'investigation complémentaire – Linéaire 1 / Entrée ouest du parking (Geosat)	46
Figure 3-11 : Réseaux détectés lors de l'investigation complémentaire – Linéaire 2 / Entrée est du parking (Geosat)	46
Figure 3-12 : Réseaux détectés lors de l'investigation complémentaire – Linéaire 3 / tronçon en travers de la RD775 au niveau de l'accès à la parcelle cadastrale BI 246 (Geosat)	47
Figure 3-13 : Synthèse des réseaux détectés (Geosat)	48
Figure 3-14 : Cadastre au droit des tronçons 4 et 6 (Géoportail)	49
Figure 3-15 : Cadastre au droit du tronçon 9a (cadastre.gouv)	50

Figure 5-1 : Coupe de principe des aménagements sur le tronçon 4	54
Figures 5-2 et 5-3 : Coupe de principe du déversoir sur le tronçon 4	55
Figure 5-4 : Coupe de principe des aménagements sur le tronçon 6	56
Figure 5-5 : Coupe de principe de la solution retenue sur le tronçon 9a	57
Figure 5-6 : Partie fixe d'une digue amovible avec ancrage	59
Figure 5-7 : Partie amovible d'une digue amovible avec ancrage	60
Figure 5-8 : Cale de serrage standard	60
Figure 5-9 : Fondation génie civil des poteaux intermédiaires	60
Figure 5-10 : Exemple de structure de fondation d'une digue avec ancrage mis en place rue du Point du Jour à Varesnes (GoogleStreet)	61
Figure 5-11 : Stockage de la digue avec ancrage	62
Figure 5-12 : Linéaire 1 – protection amovible – vue en plan	63
Figure 5-13 : Eléments existants aux extrémités du linéaire 1	64
Figure 5-14 : Linéaire 2 – protection amovible – vue en plan	66
Figure 5-15 : Eléments existants aux extrémités du linéaire 2	67
Figure 5-16 : Plot en béton armé à créer - linéaire 2	67
Figure 5-17 : Différence altimétrique ponctuelle au droit du terre-plein enherbé	69
Figure 5-18 : Linéaire 3 – protection amovible – vue en plan	70
Figure 5-19 : Linéaire 3 – protection en travers	70
Figure 5-20 : Eléments existants aux extrémités du linéaire 3	71
Figure 7-1 : Caractéristiques matériaux remplissage gabions	83

TABLEAUX

Tableau 3-1 : Débits caractéristiques de la Vilaine (EDD indice E ; Arcadis)	33
Tableau 3-2 : Niveaux de crue historique (Arcadis, EDD avr. 2021)	33
Tableau 3-3 : Synthèse lithologique (rapport de mission G1 Esiris)	37
Tableau 3-4 : Résultats des essais pressiométriques (rapport de mission G1 Esiris)	37
Tableau 3-5 : Résultats des essais de perméabilité (rapport de mission G1 Esiris)	37
Tableau 3-6 : Résultats des essais mécaniques en laboratoire (rapport de mission G1 Esiris)	38
Tableau 3-7 : Résultats des essais pressiométriques (rapport de mission G1 Esiris)	38
Tableau 3-8 : Réponse des concessionnaires	44
Tableau 3-9 : Réseaux présents au droit de l'implantation projetée pour les systèmes amovibles	49
Tableau 6-1 : Cotes d'alerte de déclenchement	74
Tableau 9-1 : Estimation des coûts des travaux : tronçons n°4 et n°6 + tronçon n°9a	93

Tableau 9-2 : Estimation des coûts des travaux : protections amovibles	94
Tableau 9-3 : Estimation du coût total des travaux	94

1. PREAMBULE

1.1 CONTEXTE

A la suite des inondations historiques de janvier 2001, la commune de Saint-Nicolas de Redon a édifié en 2005 un ensemble d'ouvrages visant à protéger le quartier de la Digue. Les travaux ont été réalisés en deux tranches : reprises des réseaux des eaux pluviales et des eaux usées, puis édification des ouvrages de protection. Ces ouvrages sont de différentes natures : murets en béton banché, merlon en terre avec noyau d'argile, murs en gabions, barrières anti-inondation amovibles et sont complétés par 3 stations de pompage et des vannes guillotines aux exutoires du réseau des eaux pluviales.

A la suite de la prise de compétence "GEMAPI" le 1er janvier 2018, l'intercommunalité de Redon Agglomération a décidé de transférer en 2019 la compétence "Prévention des inondations" à l'EPTB Eaux & Vilaine.

En 2020-2021, l'EPTB a fait réaliser par un bureau d'études agréé une visite technique approfondie, une étude de stabilité, une étude de dangers, un rapport de surveillance et un document d'organisation.

Ces éléments ont permis de conclure sur l'état globalement satisfaisant des ouvrages mais également sur la nécessité de réaliser plusieurs travaux de confortement.

L'EPTB a déposé un dossier de demande de régularisation en système d'endiguement en novembre 2021. En retour, les services de l'Etat ont demandé un certain nombre de compléments portant en particulier sur la nécessité de présenter plus en détails les travaux de confortement prévus, à un niveau d'avant-projet.

L'EPTB a alors lancé une mission de maîtrise d'œuvre pour les travaux de confortement du système d'endiguement de Saint Nicolas de Redon avec le programme d'aménagements suivants :

- rechargement des digues en terre qui se sont tassées Digue sud,
- remise en état du déversoir Digue sud,
- rechargement d'un ouvrage constitué de gabions Digue nord,
- remplacement des sacs de sable en travers d'une route et de plusieurs accès à un parking Digue nord, par des dispositifs amovibles plus fiables et moins chronophages.

Dans ce cadre, l'EPTB Eaux & Vilaine a confié à setec hydratec la mission de maîtrise d'œuvre précitée.

1.2 OBJET DE LA MISSION

La présente étude doit définir les modalités techniques et financières relatives à la mission de maîtrise d'œuvre pour les travaux de confortement du système d'endiguement de Saint Nicolas de Redon.

Cette mission est constituée des éléments de mission de la loi MOP ainsi que des missions complémentaires suivantes :

- AVP : les études d'avant-projet ;
- PRO : les études de projet ;
- ACT : l'assistance au maître de l'ouvrage pour la passation des contrats de travaux ;

- VISA : l'examen de la conformité au projet et le visa des études d'exécution réalisées par les entreprises ;
- DET : la direction de l'exécution des contrats de travaux ;
- AOR : l'assistance au maître de l'ouvrage lors des opérations de réception ;
- MC1 : le recueil et l'analyse des données d'entrée ;
- MC2 : la production des éléments utiles à la mise à jour de l'étude de danger ;
- MC3 : le porter à connaissance et les réponses aux demandes des services de l'Etat ;
- MC4 : ACT pour investigations complémentaires.

La mission est décomposée en 2 tranches (1 tranche ferme et 1 tranche optionnelle) comprenant :

- Tranche Ferme : AVP, PRO, VISA, ACT, DET, AOR, MC1, MC2, MC3
- Tranche Optionnelle : MC4.

Ce rapport présente la phase PRO de l'étude.

1.3 SECTEUR D'ETUDE

La mission concerne le système d'endiguement de Saint Nicolas de Redon situé sur la commune éponyme dans le département de la Loire Atlantique (44). Cet aménagement est implanté à l'ouest de la commune, dans le quartier de la Digue au nord et au sud du Canal de Nantes à Brest.

Le plan de situation ainsi que les vues aériennes présentés ci-dessous localisent le site.

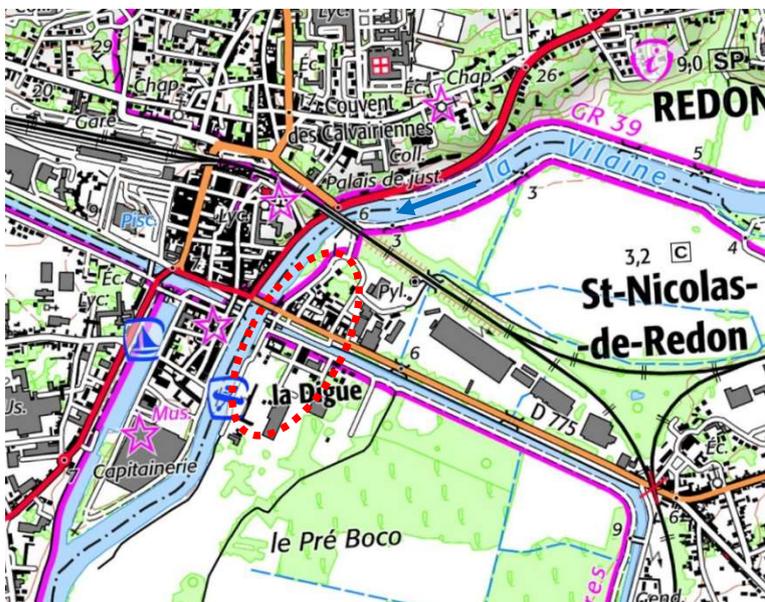


Figure 1-1 : Localisation du site (Géoportail)



Figure 1-2 : Localisation du système d'endiguement (rapport de VTA 2020 ; Arcadis)



Figure 1-3 : Vue aérienne du site (Géoportail)

1.4 DONNEES D'ENTREE

Les données existantes, transmises par le Maître d'Ouvrage dans le cadre de cette étude ont été les suivantes :

- Topographie - Bathymétrie :
 - Fond de plan topographique du site – Quarta – janv. 2022
- Etudes :
 - Etude De Dangers du système d'endiguement de Saint-Nicolas de Redon – Arcadis – août 2022
 - Résumé de l'ouvrage – Arcadis – nov. 2021
 - Rapport de surveillance des ouvrages – Arcadis – nov. 2021
 - Description de l'organisation – Arcadis – nov. 2021
 - Plan d'actions pour le système d'endiguement de Saint-Nicolas de Redon – Arcadis – mai 2021
 - Rapport de la Visite Technique Approfondie de 2020 – Arcadis – fev. 2021
 - Note de stabilité des ouvrages en terre du système d'endiguement de Saint-Nicolas de Redon – Arcadis – déc. 2020

- Géotechnique :
 - Etude Géotechnique préalable – Esiris Group – août 2020
- Règlementaire :
 - Avis du SCSOH sur l'étude de danger (indice C) et le document d'organisation (indice B) - SCSOH Pays de la Loire – mai 2022
- Réseaux :
 - Réponses à la DT lancées par l'EPTB Eaux et Vilaine en novembre 2022
 - Compte-rendu d'investigations complémentaires de géo-référencement de réseaux – Géosat – avril 2023
- Historique - Archives :
 - Registre du système d'endiguement de Saint-Nicolas de Redon – EPTB – sept. 2022
 - Photos des travaux de construction des aménagements du système d'endiguement – EPTB – 2005
 - CR travaux de protection contre les crues n°1 à 15 – Pierre Lafon Architecte DPLG – juillet 2005 à novembre 2005
 - Marché de travaux de protection contre les inondations du quartier de la digue, lot C barrières de protection anti-inondations – Ville de St Nicolas de Redon – mai 2005
 - Marché de travaux de protection contre les inondations du quartier de la digue, lot D murets béton – Ville de St Nicolas de Redon – mai 2005
 - Marché de travaux de protection contre les inondations du quartier de la digue, lot E dige anti-inondations berge de Vilaine – Ville de St Nicolas de Redon – mai 2005
 - Plan et croquis merlons en terre – Gabriel Chauvel Paysagiste DPLG – fev. 2005
- Autres :
 - CR de la réunion concernant les travaux à venir sur le système d'endiguement tenue avec le CD44, l'EPTB, Noria et Les Amis du Transformateur – juil. 2022
 - Plan de gestion de la végétation du système d'endiguement de Saint-Nicolas de Redon – Arcadis – fev. 2021
 - Convention de gestion du système d'endiguement de Saint-Nicolas de Redon établie entre la commune de Saint-Nicolas de Redon et l'EPTB Eaux & Vilaine – n.c.

Les autres données considérées dans le cadre de cette étude ont été les suivantes :

- Géologie :
 - Données géologiques aux abords du site – Infoterre
- Hydraulique :
 - PPR du bassin aval de la Vilaine – Site internet de la Préfecture de la Loire Atlantique

1.5 SYSTEME DE NIVELLEMENT

Dans le cadre de ce rapport, les cotes seront toujours indiquées dans le système NGF-IGN69.

Une attention particulière est portée aux documents et données existantes pour s'assurer du système utilisé.

NB : Lorsque les données disponibles sont relativement anciennes, le repère de nivellement de ces données peut différer du système IGN 1969 actuel.

2. ETAT DES LIEUX

2.1 PRESENTATION DES OUVRAGES

Le système d'endiguement de Saint Nicolas de Redon présente un linéaire d'environ 1,3 km et protège une zone de 80 ha dans laquelle ont été recensés 51 habitations et 20 entreprises. Il correspond à un système d'endiguement de classe C conformément au décret n° 2015-526 du 12 mai 2015.

Les ouvrages composant le système d'endiguement ont fait l'objet d'un Arrêté d'Autorisation de travaux et d'une Déclaration d'Intérêt Général en 2004. Ils ont été construits en 2005 et sont de plusieurs typologies. Ces ouvrages ont fait l'objet d'un découpage en tronçons par le bureau d'études Arcadis dans le cadre de sa Visite Technique approfondie et de son Etude De Dangers. Dans un souci de cohérence, ce découpage et la numérotation associée sont conservés.

Ainsi le système d'endiguement est constitué par :

- des ouvrages en terres (tronçons n°4, 6 et 9b) ;
- des murs de protection (tronçon 1a, 1b, 2, 3, 7 et 8) ;
- des murs étanchéifiés (tronçon n°5) ;
- des murs en gabions (tronçon n°9a) ;
- des protections amovibles (tronçons n°10 et 11) ;
- un remblai SNCF (tronçon n°12).

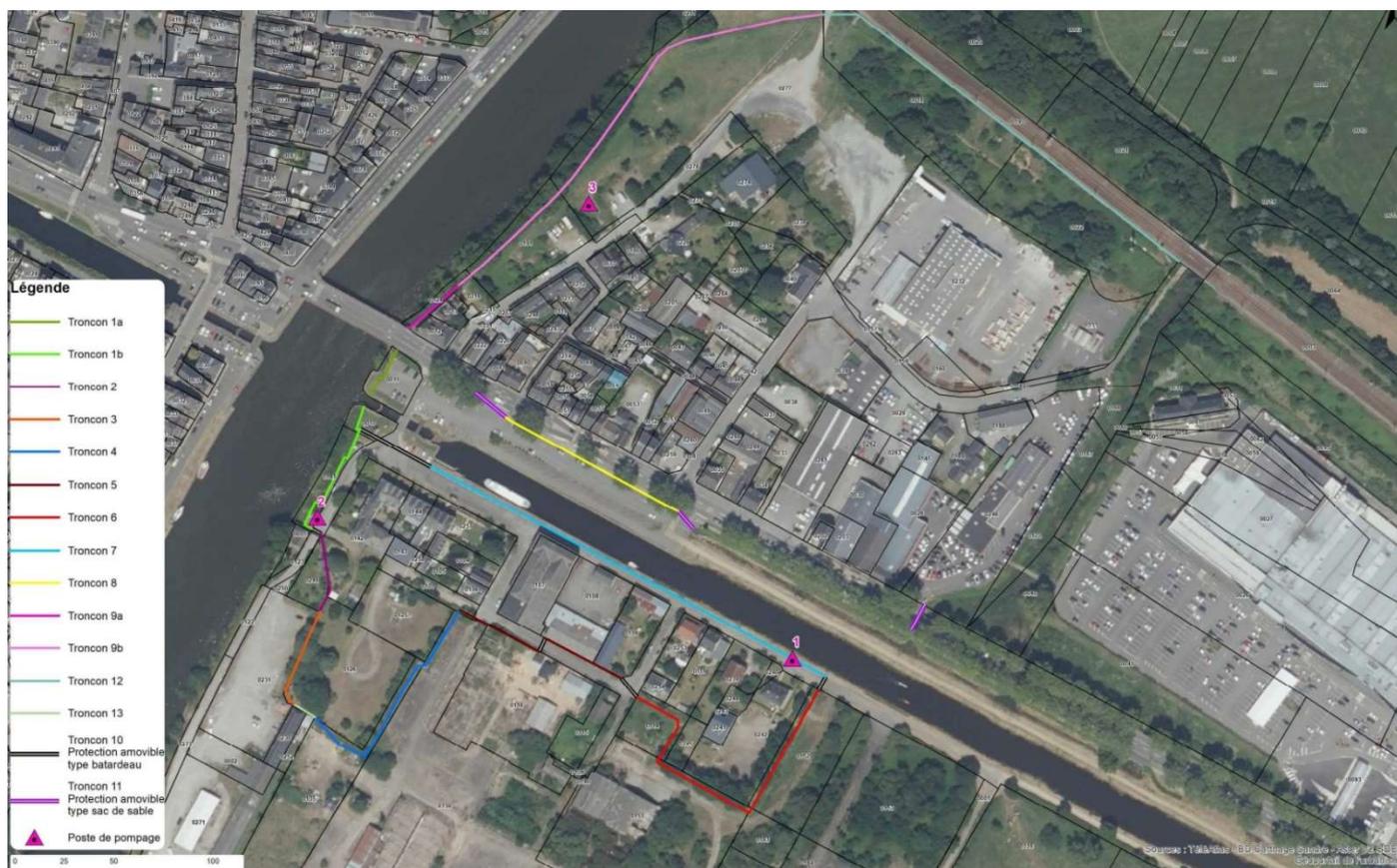


Figure 2-1 : Ouvrages et tronçons du système d'endiguement (EDD indice E ; Arcadis)

Les ouvrages concernés par la présente mission et faisant l'objet du présent rapport sont :

- les digues en terre de la digue sud correspondant aux tronçons n°4 et n°6 ;
- le mur en gabions de la digue nord correspondant au tronçon n°9a ;
- les protections amovibles mises en place au droit :
 - des accès au parking entre le canal de Nantes à Brest et la RD775,
 - de la RD775 au niveau de l'accès à la parcelle cadastrale BI 246 (occupée jusque début 2023 par le commerce "Duval Automobile").

2.1.1 Digue en terre, tronçon n°4

La digue en terre du tronçon n°4 s'étend sur 125 ml environ, du bâtiment de la Corderie au sud-ouest jusqu'au mur de la rue des Chantier au nord. Ce merlon a été construit en 2005 le long de la clôture qui délimite les parcelles 126 et 125 (propriété privée) par le sud et par l'est.

D'après le fond de plan topographique du site la cote de la crête de ce merlon est comprise entre 5,13 et 5,41 m NGF-IGN69 environ.

La vue aérienne et le fond de plan localisent le merlon. Les photos ci-après le présentent (les photos sont repérées sur la vue aérienne).



Figure 2-2 : Vue aérienne du tronçon 4 (Géoportail)

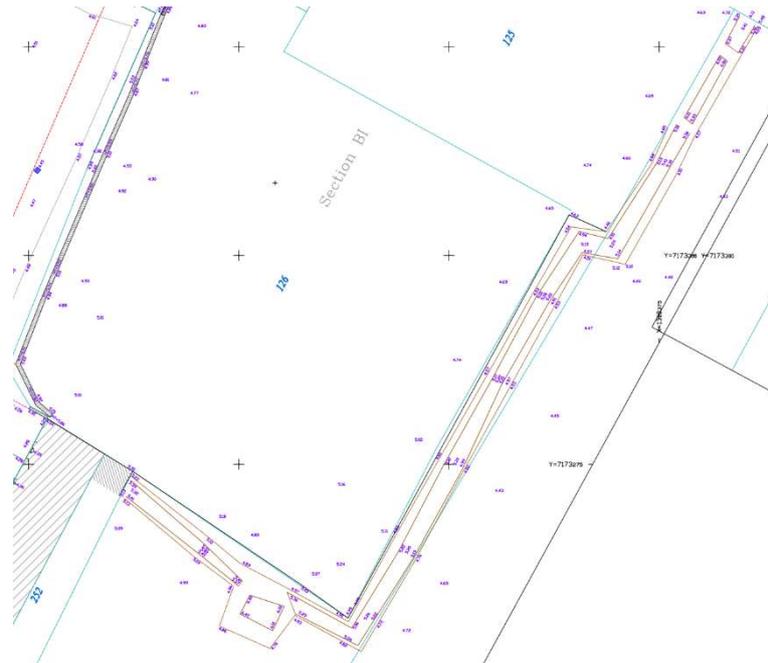


Figure 2-3 : Fond de plan topo du tronçon 4 (Quarta)



Figure 2-4 : Photo 1 du tronçon 4 (06-10-2022)



Figure 2-5 : Photo 2 du tronçon 4 (06-10-2022)



Figure 2-6 : Photo 3 du tronçon 4 (06-10-2022)



Figure 2-7 : Photo 4 du tronçon 4 (06-10-2022)



Figure 2-8 : Photo 5 du tronçon 4 (06-10-2022)



Figure 2-9 : Photo 6 du tronçon 4 (06-10-2022)

Un appentis est actuellement implanté au droit du bâtiment de la Corderie.

Sur le linéaire compris entre le bâtiment de la Corderie et le retour vers le nord, particulièrement au niveau du retour, des matériaux sont entreposés sur et en pied de digue et des ronciers et de la végétation arbusive sont également présents

Sur le linéaire compris entre le retour vers le nord et la rue des Chantier, des zones d'érosion externe du merlon en crête sont visibles. Les pierres composant les murets latéraux sont déjointoyées sur l'ensemble du linéaire et ponctuellement déchaussées. Une clôture a été mis en place le long du muret côté amont afin d'empêcher les bovins de se rendre sur la levée (dans le passé leur présence engendrait un piétinement et ont contribué à l'érosion externe).

Le 6 octobre 2022, de la renouée du Japon pouvait être observée sur le linéaire compris entre le retour vers le nord et la rue des Chantier.

D'après le CCTP du marché de travaux et les plans projet de ce merlon (il n'y a pas de plan de récolement de cet ouvrage ni de plan d'exécution) celui-ci est constitué :

- d'une tranchée
 - de largeur comprise entre 1,0 m et 1,50 m ;
 - de profondeur comprise entre 1,0 m et 1,50 m.
- de soutènements,
 - mis en place de part et d'autre de la tranchée et réalisés à l'aide :
 - de rondins de bois ou de murets (en blocs de matériaux ou poteaux électriques) côté aval,
 - de murets (en blocs de matériaux ou poteaux électriques) côté amont.
 - présentant les caractéristiques suivantes :
 - largeur de soutènement comprise entre 0,35 m et 0,80 m ;
 - hauteur de muret comprise entre 0,40 m et 0,85 m (dont 60% hors sol sur les linéaires constitués par des blocs de matériaux et 100% hors sol sur les linéaires constitués par des poteaux électriques) ;
 - largeur entre les bords extérieurs des soutènements comprise entre 1,70 m et 3,50 m.
- de pieux châtaigner alignés contre les poteaux et espacés de 2 m sur 35 ml sur le linéaire compris entre le bâtiment de la Corderie et le retour vers le nord ;
- d'argile compactée mis en place dans la tranchée, entre les soutènements puis sur une hauteur de 0,2 m.

Le plan et une coupe projet ainsi que les comptes rendus de réunion de chantier font état d'un déversoir de 2 m de large, à la cote 5,20 m NGF-IGN69, au centre du linéaire compris entre le bâtiment de la Corderie et le retour vers le nord. Toutefois ce déversoir n'est pas observé sur site.

COMMUNE DE SAINT-NICOLAS DE REDON
 La Digue
 Travaux de protection contre les inondations
 Plan des merlons
 1/200
 G. Chauvel, Populaire DRELO, La Péloserie 44440 FROIRAC
 18 Mars 2005

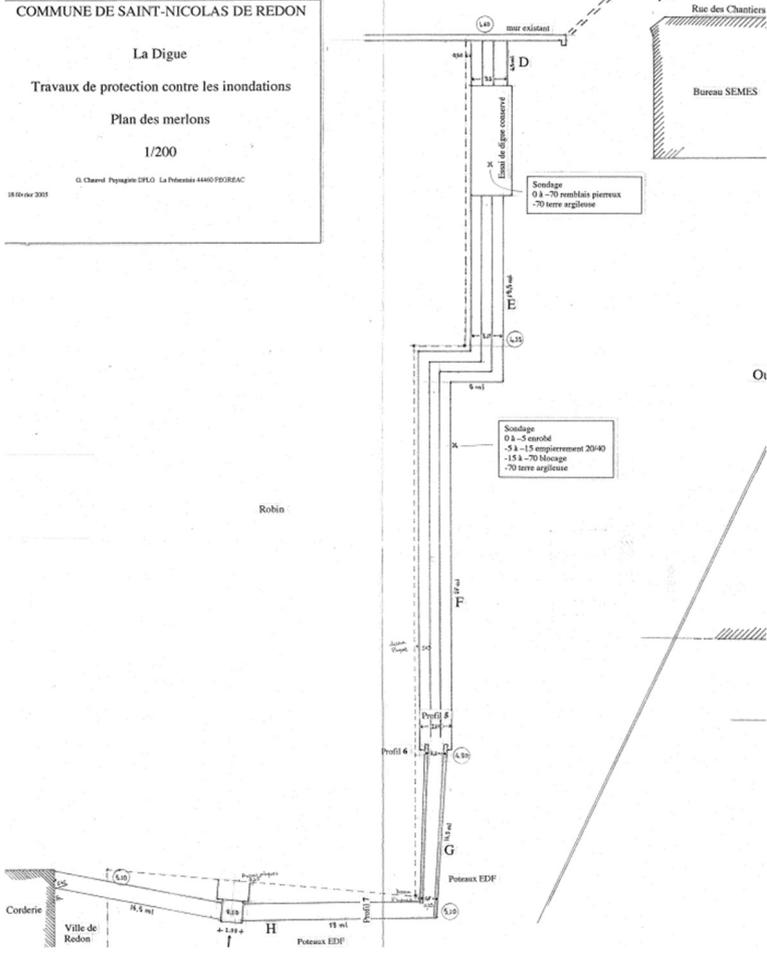
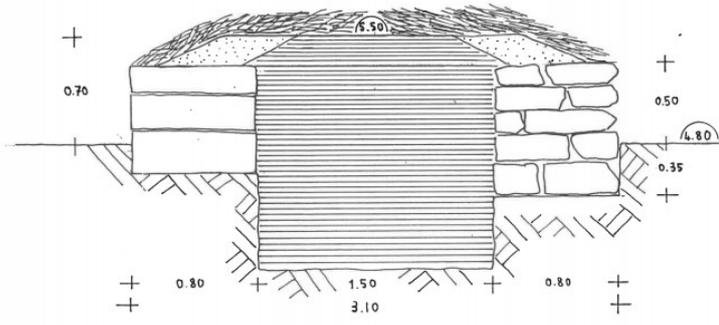


Figure 2-10 : Plan projet du tronçon 4 (G. Chauvel ; 02-2005)

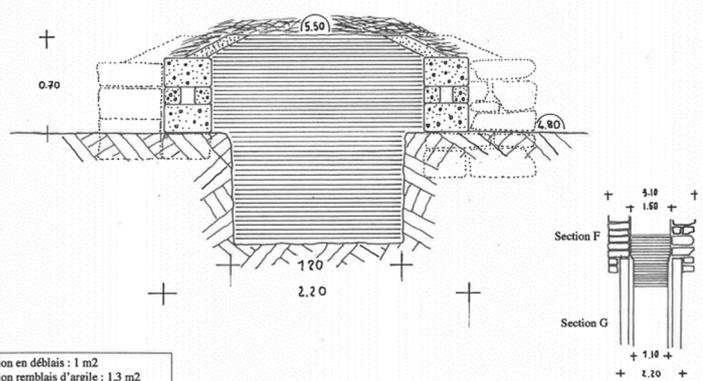
Merlon - Profil n°5 Section F 1/20 cote de protection : 5,20



Section en déblais : 1.65 m2
 Section remblais d'arête : 2.25 m2

Figure 2-11 : Coupe projet "section F" du tronçon 4 (G. Chauvel)

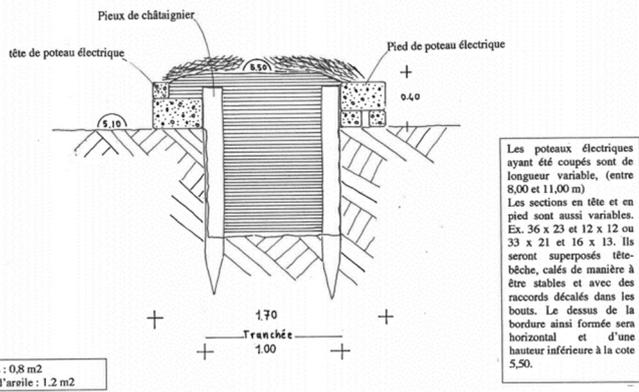
Merlon - Profil n°6 Section G. Partie large raccordement au merlon de la section F 1/20 cote de protection : 5,20



Section en déblais : 1 m2
 Section remblais d'arête : 1.3 m2

Figure 2-12 : Coupe projet "section G" du tronçon 4 (G. Chauvel)

Merlon - Profil n°7 Section H 1/20 cote de protection : 5,20



Section en déblais : 0,8 m2
 Section remblais d'arête : 1.2 m2

Les poteaux électriques ayant été coupés sont de longueur variable, (entre 8,00 et 11,00 m). Les sections en tête et en pied sont aussi variables. Ex. 36 x 23 et 12 x 12 ou 33 x 21 et 16 x 13. Ils seront superposés tête-bêche, calés de manière à être stables et avec des raccords décalés dans les bouts. Le dessus de la bordure ainsi formée sera horizontal et d'une hauteur inférieure à la cote 5,50.

Figure 2-13 : Coupe projet "section H" du tronçon 4 (G. Chauvel)

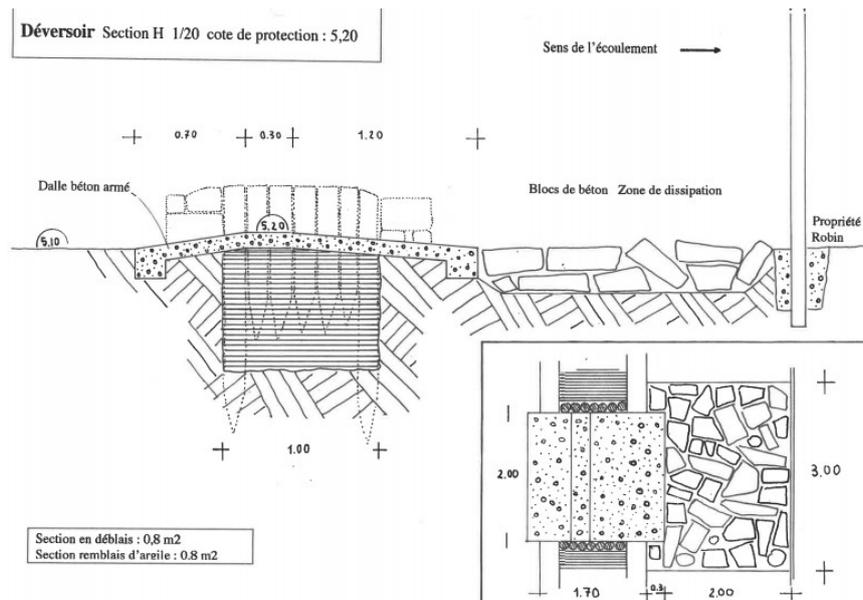


Figure 2-14 : Coupe projet du déversoir en "section G" du tronçon 4 (G. Chauvel)

Les coupes projet font état d'une crête de levée à la cote 5,50 m NGF-IGN69 pour une cote de protection à 5,20 m NGF-IGN69. Compte tenu des cotes topographiques mesurées en 2020, la levée a tassé d'environ 10 à 40 cm sur ce tronçon.



Figure 2-15 : Photo a des travaux tronçon 4 (EPTB ; 2005)



Figure 2-16 : Photo b des travaux tronçon 4 (EBTP ; 2005)

2.1.2 Digue en terre, tronçon n°6

La digue en terre du tronçon n°6 s'étend sur 175 ml environ, de la rue de Batellerie à l'ouest jusqu'au quai de l'écluse au nord-est. Ce merlon a été construit en 2005 le long de la clôture qui délimite les parcelles 245 et 242 (propriété privée) par le sud et par l'est.

D'après le fond de plan topographique du site la cote de la crête de ce merlon est comprise entre 5,02 et 5,40 m NGF-IGN69 environ.

La vue aérienne et le fond de plan localisent le merlon. Les photos ci-après le présentent (les photos sont repérées sur la vue aérienne).

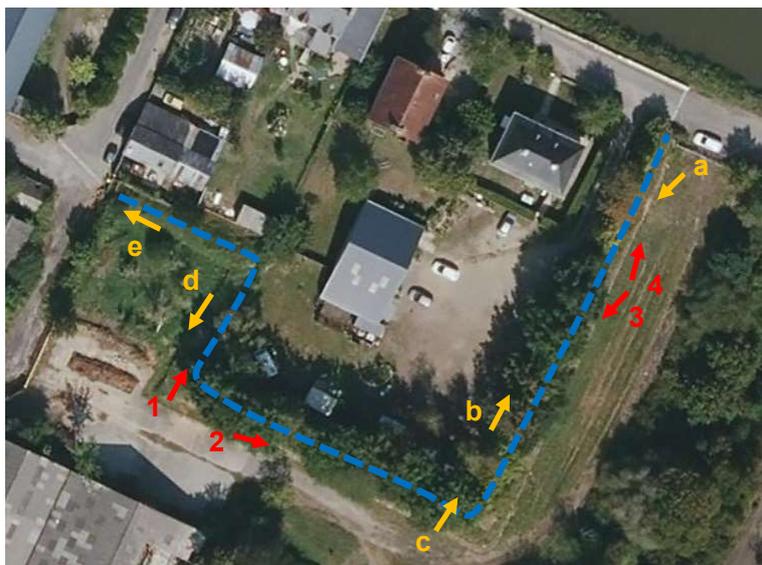


Figure 2-17 : Vue aérienne du tronçon 6 (Géoportail)



Figure 2-18 : Fond de plan topo du tronçon 6 (Quarta)



Figure 2-19 : Photo 1 du tronçon 6 (06-10-2022)



Figure 2-20 : Photo 2 du tronçon 6 (06-10-2022)



Figure 2-21 : Photo 3 du tronçon 6 (06-10-2022)



Figure 2-22 : Photo 4 du tronçon 6 (06-10-2022)

Sur le linéaire ouest de la végétation et des ronciers sont présents sur la levée.

Sur le linéaire sud et est, les pierres composant les murets latéraux sont déjointoyées sur l'ensemble du linéaire et ponctuellement déchaussées. Une clôture a été mis en place le long du muret côté amont afin d'empêcher les bovins de se rendre sur la levée.

Le 6 octobre 2022, de la renouée du Japon pouvait être observée aux abords de la levée sur la zone ouest. D'après le Maître d'Ouvrage, au printemps de la renouée du Japon était présente sur la digue.

D'après le CCTP du marché de travaux et les plans projet de ce merlon (il n'y a pas de plan de récolement de cet ouvrage ni de plan d'exécution) celui-ci est constitué :

- d'une tranchée
 - de largeur 1,50 m ;
 - de profondeur comprise entre 1,0 m et 2,0 m.
- de soutènements,
 - mis en place de part et d'autre de la tranchée et réalisés à l'aide :
 - de rondins de bois côté aval,
 - de murets en blocs de matériaux côté amont,
 - de pieux châtaigner sur 10 ml (dans le secteur sud au droit du verger) espacés de 1 m et de longueur entre 1,30 m et 3,70 m (pour 0,9 m hors sol) ;
 - présentant les caractéristiques suivantes :
 - largeur de soutènement de 0,80 m ;
 - hauteur hors sol 0,50 m :
 - ancrage des murets dans le sol compris entre 0,50 et 0,75 m ;
 - largeur entre les bords extérieurs des soutènements comprise entre 3,70 m et 5,75 m.
- d'argile compactée mis en place dans la tranchée, entre les soutènements puis sur une hauteur comprise entre 0,75 et 1,50 m.

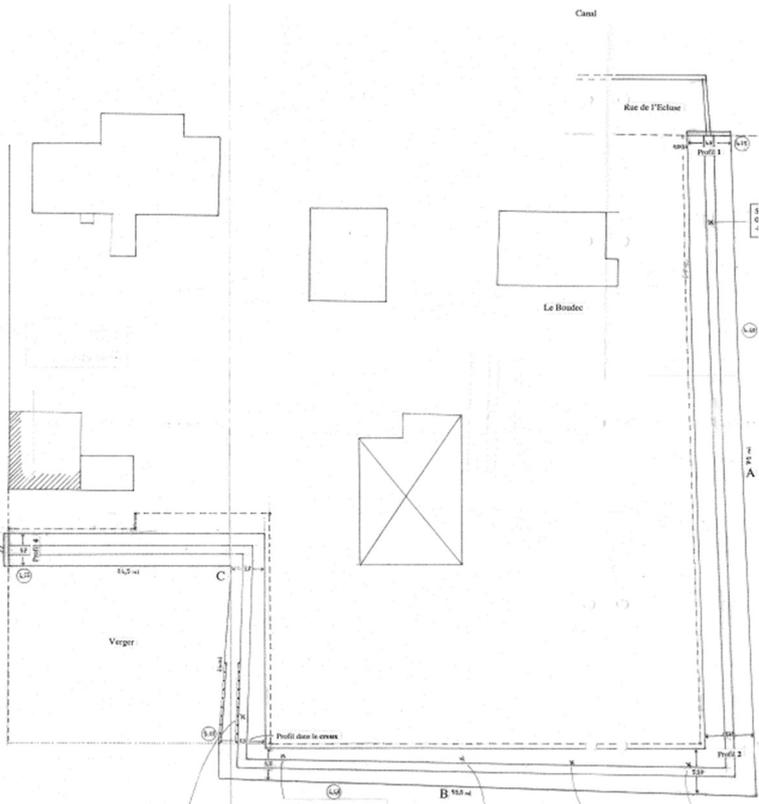
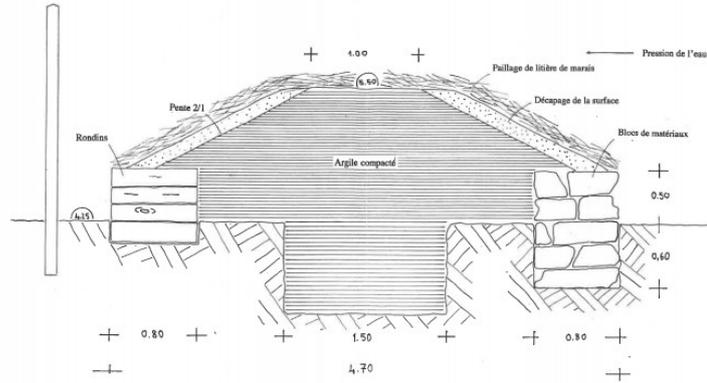


Figure 2-23 : Plan projet du tronçon 6 (G. Chauvel ; 02-2005)

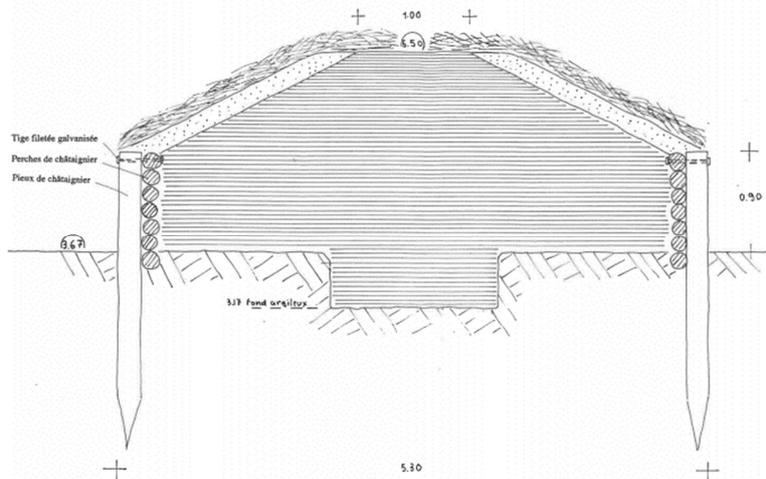
Merlon - Profil n°1 Section A Extrémité rue de l'Ecluse
1/20 cote de protection : 5,20



Section en déblais : 1,9 m²
Section remblais d'argile : 4,8 m²

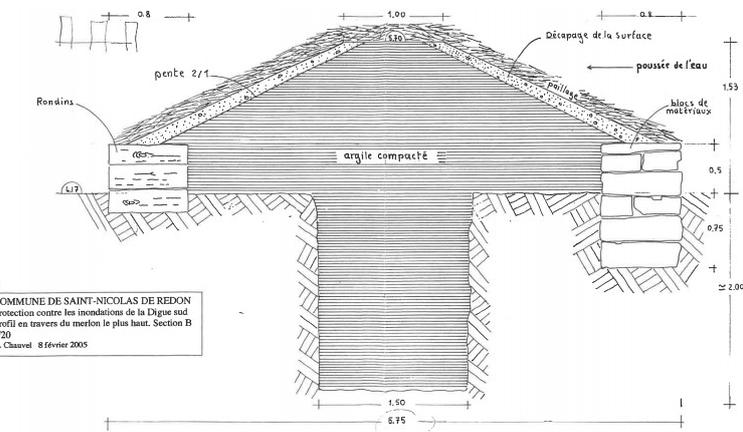
Figure 2-24 : Coupe projet "section A" du tronçon 6 (G. Chauvel)

Merlon au creux du verger Section C 1/20 cote de protection : 5,20



Section en déblais : 0,75 m²
Section remblais d'argile : 7,66 m²

Figure 2-26 : Coupe projet "section C" du tronçon 6 (G. Chauvel)



COMMUNE DE SAINT-NICOLAS DE REDON
protection contre les inondations de la Digue sud
profil en travers du merlon le plus haut. Section B
1/20
G. Chauvel 8 février 2005

Figure 2-25 : Coupe projet "section B" du tronçon 6 (G. Chauvel)

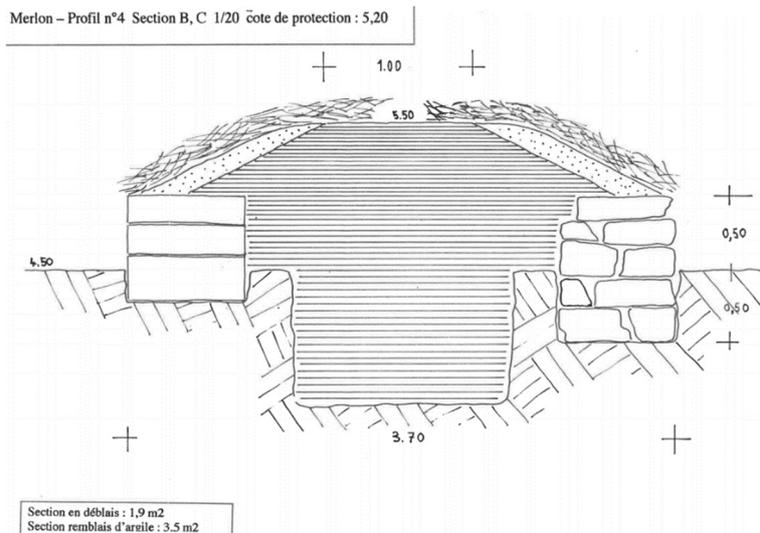


Figure 2-27 : Coupe projet "section B, C" du tronçon 6 (G. Chauvel)

Les coupes projet font état d'une crête de levée à la cote 5,70 m NGF-IGN69 ou 5,50 m NGF-IGN69 selon les secteurs pour une cote de protection à 5,20 m NGF-IGN69. Compte tenu des cotes topographiques mesurées en 2020, la levée a tassé d'environ 40 à 60 cm sur ce tronçon.



Figure 2-28 : Photo a des travaux tronçon 6 (EPTB ; 2005)



Figure 2-29 : Photo b des travaux tronçon 6 (EBTP ; 2005)



Figure 2-30 : Photo c des travaux tronçon 6 (EPTB ; 2005)



Figure 2-31 : Photo d des travaux tronçon 4 (EBTP ; 2005)



Figure 2-32 : Photo e des travaux tronçon 4 (EPTB ; 2005)

2.1.3 Mur en gabions, tronçon n°9a

Le mur en gabions du tronçon n°9a s'étend sur 32,5 ml environ en rive gauche de la Vilaine, en amont immédiat du pont de la RD775. Ce mur a été construit en 2005 par l'Entreprise Marc SA.

D'après le fond de plan topographique du site la cote de la crête du mur est comprise entre 5,40 et 5,48 m NGF-IGN69. La hauteur libre du mur côté Vilaine s'élève à 2 m environ.

La vue aérienne et le fond de plan localisent le mur. Les photos ci-après le présentent (les photos sont repérées sur la vue aérienne).

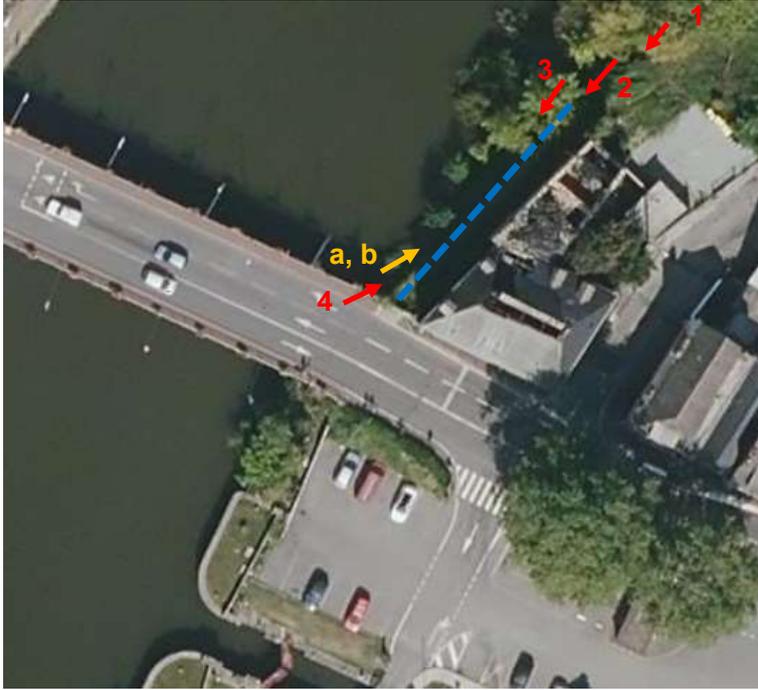


Figure 2-33 : Vue aérienne du tronçon 9a (Géoportail)

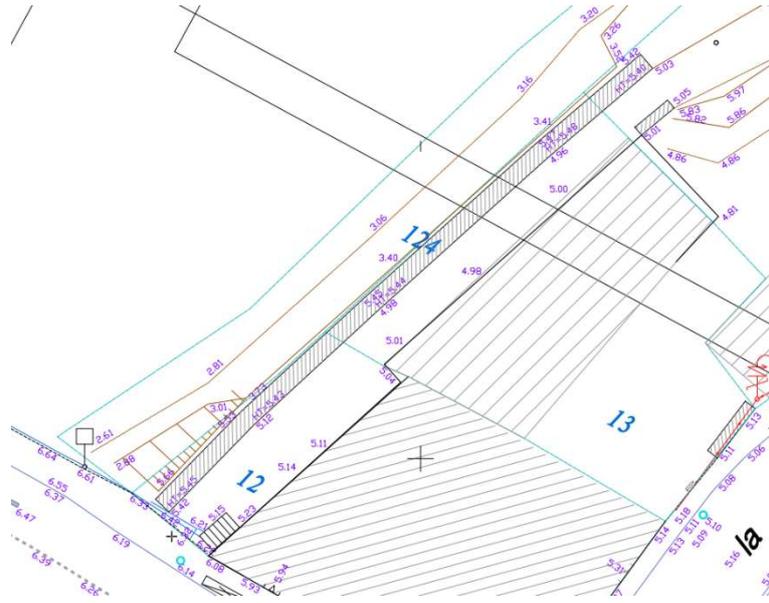




Figure 2-37 : Photo 3 du tronçon 9a (06-10-2022)



Figure 2-38 : Photo 4 du tronçon 9a (06-10-2022)

Quelques arbres se sont développés dans la berge en pied du mur. Du lierre s'est également développé sur le mur.

Les plaques de schistes en couverture supérieure du mur sont manquantes sur la partie amont.

D'après le CCTP du marché de travaux de ce mur, du planning de travaux et des compte rendu de réunions de chantier (il n'y a pas de plan cet ouvrage) celui-ci est constitué :

- d'une fondation en béton de propreté pour assise des gabions,
- des gabions (dont les cages ont été remplis en réemployant les pierres du mur présent en lieu et place auparavant),
- d'une membrane polyane étanche en arrière du mur en gabions (la mise en place de cette membrane a été actée durant les travaux en lieu et place du géotextile),
- d'un remblai à l'arrière des gabions avec un complément par poche d'argile sur toute la surface interne du mur d'épaisseur 40 cm en fondation et 15 cm en crête de terrassement,
- d'un sable stabilisé,
- d'un dallage en plaques de schiste scellé au mortier en crête de gabion.

Les comptes rendus de réunions de chantier font état d'une cote finie du mur comprise entre 5,50 m NGF-IGN69 et 5,70 m NGF-IGN69. Comme indiqué ci-avant, les cotes topographiques mesurées en 2020 relèvent une crête de mur entre 5,40 et 5,48 m NGF-IGN69.



Figure 2-39 : Photo a des travaux tronçon 9a (EPTB ; 2005)



Figure 2-40 : Photo b des travaux tronçon 9a (EBTP ; 2005)

2.1.4 Protections amovibles

Au niveau des accès au parking entre le canal de Nantes à Brest et la RD775 ainsi qu'au niveau de la RD775 au droit de l'accès à la parcelle cadastrale BI 246 (occupée jusque début 2023 par le commerce "Duval Automobile"), des sacs de sables sont mis en place en période de crue afin d'assurer la continuité du système de protection et d'isoler entièrement le quartier nord en période de crue.

Ces protections amovibles sont mises en place sur

- un linéaire de 27 m environ au droit de l'accès ouest au parking dont, d'après le fond de plan topographique du site, la cote de la chaussée est comprise entre 4,87 m et 5,30 m NGF-IGN69 environ ;
- un linéaire de 16 m environ au droit de l'accès est au parking dont, d'après le fond de plan topographique du site, la cote de la chaussée est comprise entre 4,80 m et 5,00 m NGF-IGN69 environ ;
- un linéaire de 18 m environ au droit de l'accès à la parcelle cadastrale BI 246 (occupée jusque début 2023 par le commerce "Duval Automobile") dont, d'après le fond de plan topographique du site, la cote de la chaussée est comprise entre 4,80 m et 5,16 m NGF-IGN69 environ.

La vue aérienne et le fond de plan localisent les emplacements des protections amovibles par sacs de sable le merlon. Les photos ci-après le présentent (les photos sont repérées sur la vue aérienne).

Nous ne disposons pas de photos avec ces sacs de sable en place.

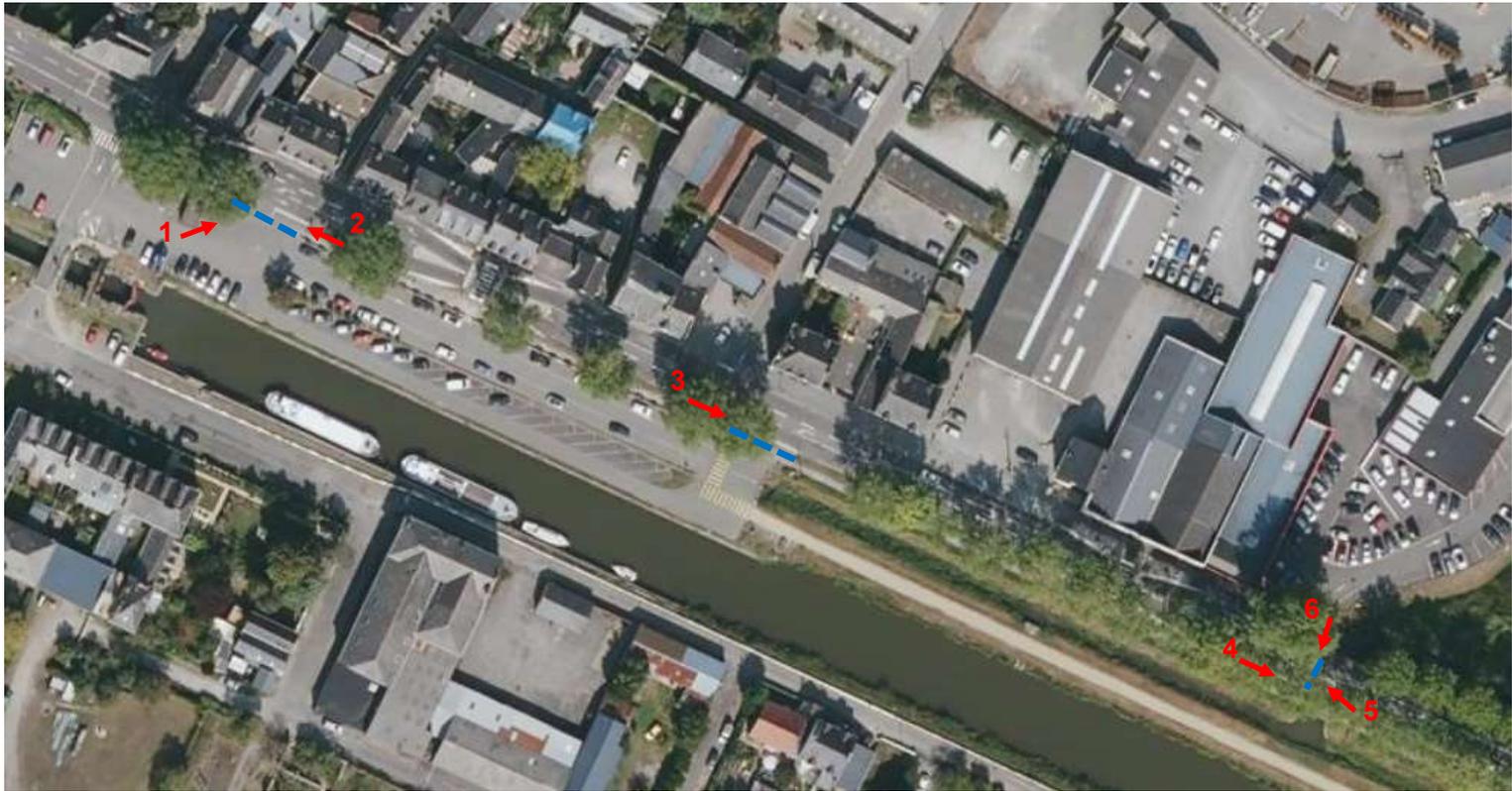
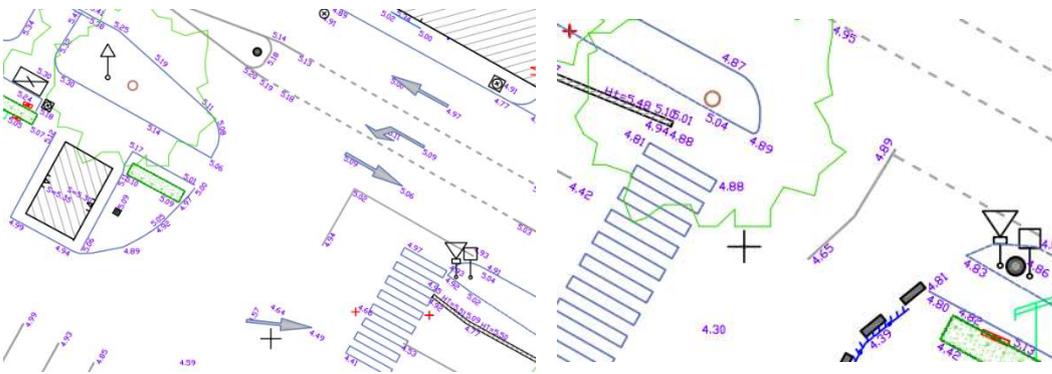


Figure 2-41 : Vue aérienne des emplacements des protections amovibles par sacs de sable (Géoportail)



Figures 2-42 et 2-43 : Fond de plan topo accès au parking (Quarta)

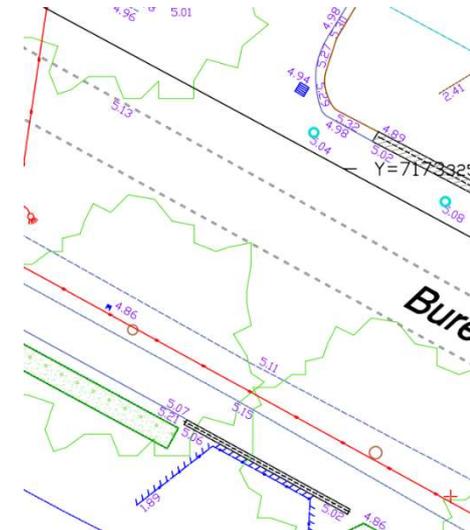


Figure 2-44 : Fond de plan topo RD775 (Quarta)



Figure 2-45 : Photo 1 emplacements sacs de sable (06-10-2022)



Figure 2-46 : Photo 2 emplacements sacs de sable (04-07-2022)



Figure 2-47 : Photo 3 emplacements sacs de sable (06-10-2022)



Figure 2-48 : Photo 4 emplacements sacs de sable (06-10-2022)



Figure 2-49 : Photo 5 emplacements sacs de sable (06-10-2022)



Figure 2-50 : Photo 6 emplacements sacs de sable (06-10-2022)

2.2 HISTORIQUE

Les ouvrages du système d'endiguement ont été réalisés en 2005. Ils n'ont pas subi d'incidents ni d'accidents depuis leur construction.

2.3 ACCESSIBILITE

2.3.1 Tronçons n°4 et n°6

L'accès au tronçon n°4 se fait par le quai de l'écluse puis par la rue des chantiers. Un portail à battant permet d'accéder au site depuis la rue des chantiers.

L'accès au tronçon n°6 se fait soit côté est par le quai de l'écluse puis par la rue des chantiers, soit côté sud par le quai de l'écluse et la rue de la Batellerie.

Un portail à battant permet d'accéder au site côté est et un portail coulissant côté sud. A noter cependant qu'a priori le portail côté sud n'est plus fonctionnel.

Le passage sur le pont mobile au droit du sas de l'écluse du canal de Nantes à Brest est limité à 30 T.

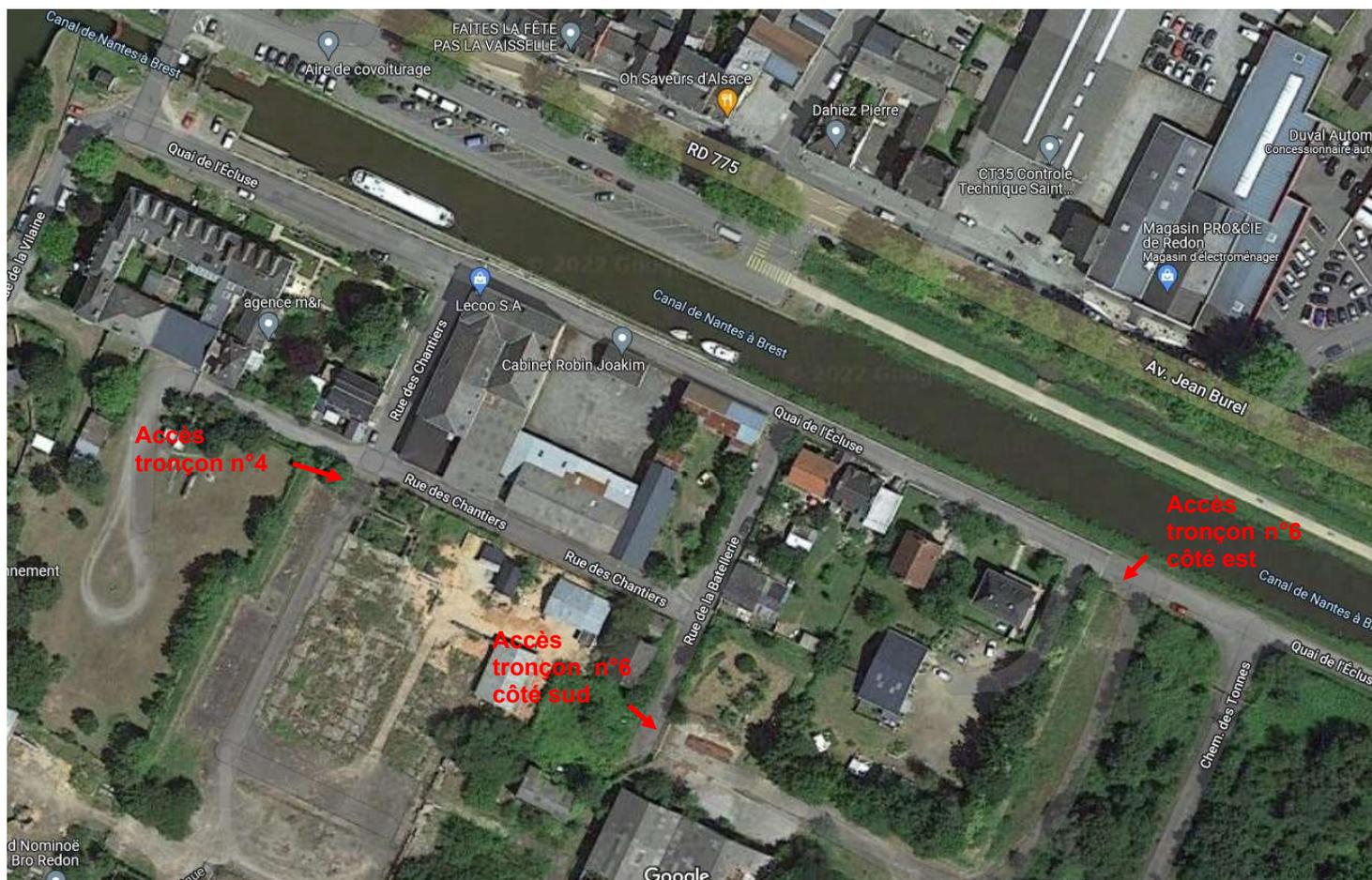


Figure 2-51 : Accès aux tronçons 4 et 6 (Google Maps)

2.3.2 Tronçon n°9a

L'accès au tronçon n°9a se fait par la rue de la Colonie, jusqu'à la parcelle propriété de la Commune (parcelle n°277), puis en cheminant sur la digue en rive gauche de la Vilaine.

Cet accès nécessite de passer par des parcelles privées. Une enquête publique pour servitude de passage (loi MAPTAM) se tiendra début 2024 de manière à obtenir les autorisations d'accès.

Le cheminement sur la digue ne pourra se faire qu'avec des engins légers. En outre, le Titulaire du marché de travaux devra prendre les mesures nécessaires afin de s'assurer que le passage de ses engins soit sans impact sur la digue et les parcelles privées.



Figure 2-52 : Accès au tronçon 9a (Google Maps)

2.4 BILAN DES COTES

A partir des différentes données le bilan des cotes est le suivant :

- Tronçon n°4 :
 - crête de merlon : entre 5,13 et 5,41 m NGF-IGN69
 - pied de merlon coté amont SE : entre 4,50 et 5,00 m NGF-IGN69
 - pied de merlon coté aval SE : est comprise entre 4,65 et 5,10 m NGF-IGN69
- Tronçon n°6 :
 - crête de merlon : entre 5,02 et 5,40 m NGF-IGN69
 - pied de merlon coté amont SE : entre 3,88 et 4,23 m NGF-IGN69
 - pied de merlon coté aval SE : est comprise entre 3,72 et 4,38 m NGF-IGN69
- Tronçon n°9a :
 - crête de mur : entre 5,40 et 5,48 m NGF-IGN69,
 - TN en pied de mur : entre 3,40 et 3,73 m NGF-IGN69,
 - TN à l'arrière du mur : entre 4,96 et 5,12 m NGF-IGN69,
- Zones au droit des protections amovibles :
 - TN au droit de l'accès ouest au parking : entre 4,92 m et 5,30 m NGF-IGN69 ;
 - TN au droit de l'accès est au parking : entre 4,80 m et 5,01 m NGF-IGN69 ;
 - TN sur la RD775 : entre 4,86 m et 5,07 m NGF-IGN69 ;

3. SYNTHÈSE DES DONNÉES ET CONTRAINTES

3.1 HYDRAULIQUE

3.1.1 Contexte hydraulique

Drainant un bassin versant de 10 400 km² sur un linéaire de 225 km environ, la Vilaine prend sa source dans les collines de Juvigné (53) et se jette dans l'océan Atlantique entre les communes de Arzal et de Pénestin (56).



Figure 3-1 : Bassin versant de la Vilaine (EDD indice E ; Arcadis)

Le système d'endiguement de St Nicolas de Redon est situé en rive gauche de la Vilaine, à 2 km en amont de la confluence avec l'Oust l'affluent principal de la Vilaine.

3.1.2 Débits caractéristiques

D'après l'Etude De Dangers réalisée par Arcadis les débits caractéristiques de la Vilaine à Redon sont les suivants :

Période de retour	Redon (Vilaine)	
	Débit instantané maximum (m3/s)	Débit journalier maximum (m3/s)
10 ans	475	460
50 ans	515	510
100 ans	570	555

Tableau 3-1 : Débits caractéristiques de la Vilaine (EDD indice E ; Arcadis)

3.1.3 Niveaux de référence

D'après l'Etude De Dangers réalisée par Arcadis les niveaux de référence de la Vilaine au droit du système d'endiguement sont les suivants :

- Secteur en amont de la RD164 (lit mineur de la Vilaine et lit majeur rive droite) :
 - Q10 : 4.60 m IGN69 ;
 - Q50 : 5.30 m IGN69 ;
 - Q100 : 5.60 m IGN69.
- Secteur en aval de la RD 164 (lit mineur et lit majeur) et secteur en amont de la RD164 (uniquement lit majeur rive gauche) :
 - Q10 : 4.30 m IGN69 ;
 - Q50 : 5.00 m IGN69 ;
 - Q100 : 5.30 m IGN69

D'après l'Etude De Dangers réalisée par Arcadis, les principaux évènements des 20 dernières années sont les suivants :

Date	Cote (m IGN69) à l'échelle de Redon
Janvier 1995	5.35
Janvier 2001	5.35
Décembre 1999	4.91
Mars 2001	4.78
Février 2014	4.63

Tableau 3-2 : Niveaux de crue historique (Arcadis, EDD avr. 2021)

3.1.4 Risque inondation

Le site de la zone d'étude est concerné par le Plan de Prévention des Risques d'inondation (PPRI) Bassin Aval de la Vilaine approuvé le 3 juillet 2002.

D'après les éléments indiqués dans l'Etude De Dangers réalisée par Arcadis, la DDTM 35 a lancé une étude de révision des PPRI en Ile et Vilaine, incluant le secteur de Redon. Cette étude est actuellement en cours.

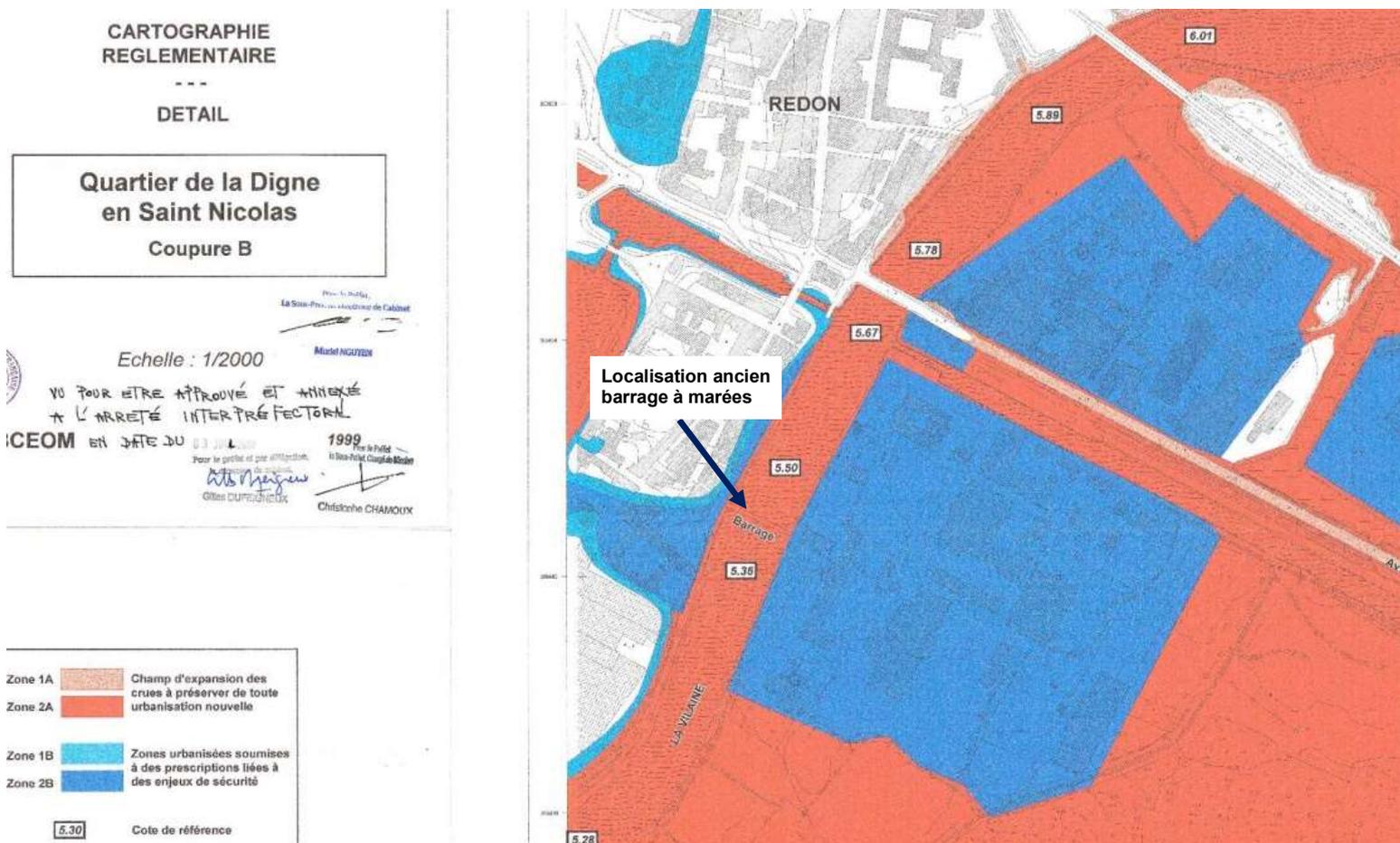


Figure 3-2 : Zonage réglementaire (PPRI)

3.2 DONNEES TOPOGRAPHIQUES

Le Maître d'Ouvrage dispose d'un fond de plan topographique de la zone d'étude établi en octobre 2019 et complété en janvier 2020.

Des points topographiques complémentaires ont été relevés en novembre 2022 au niveau du trottoir à l'Ouest de l'entrée Ouest au parking et en décembre 2022 au niveau des zones situées au droit des protections amovibles.

3.3 DONNEES GEOLOGIQUES ET GEOTECHNIQUES

3.3.1 Contexte géologique

D'après la carte géologique éditée par le BRGM, le contexte géologique à St Nicolas de Redon est le suivant :

- Formations superficielles de couverture (limons, argiles) ;
- Dépôts anthropiques (remblais) (en blanc rayé, noté X) ;
- Dépôts vaseux marins des vals de Vilaine, Oust et Arz (en beige, noté Mz) ;
- Synclinal de Redon-Anticlinorium d'Allaire, Grès de Redon : Grès blancs ou violacés en petits bancs (en kaki, noté O5-6).

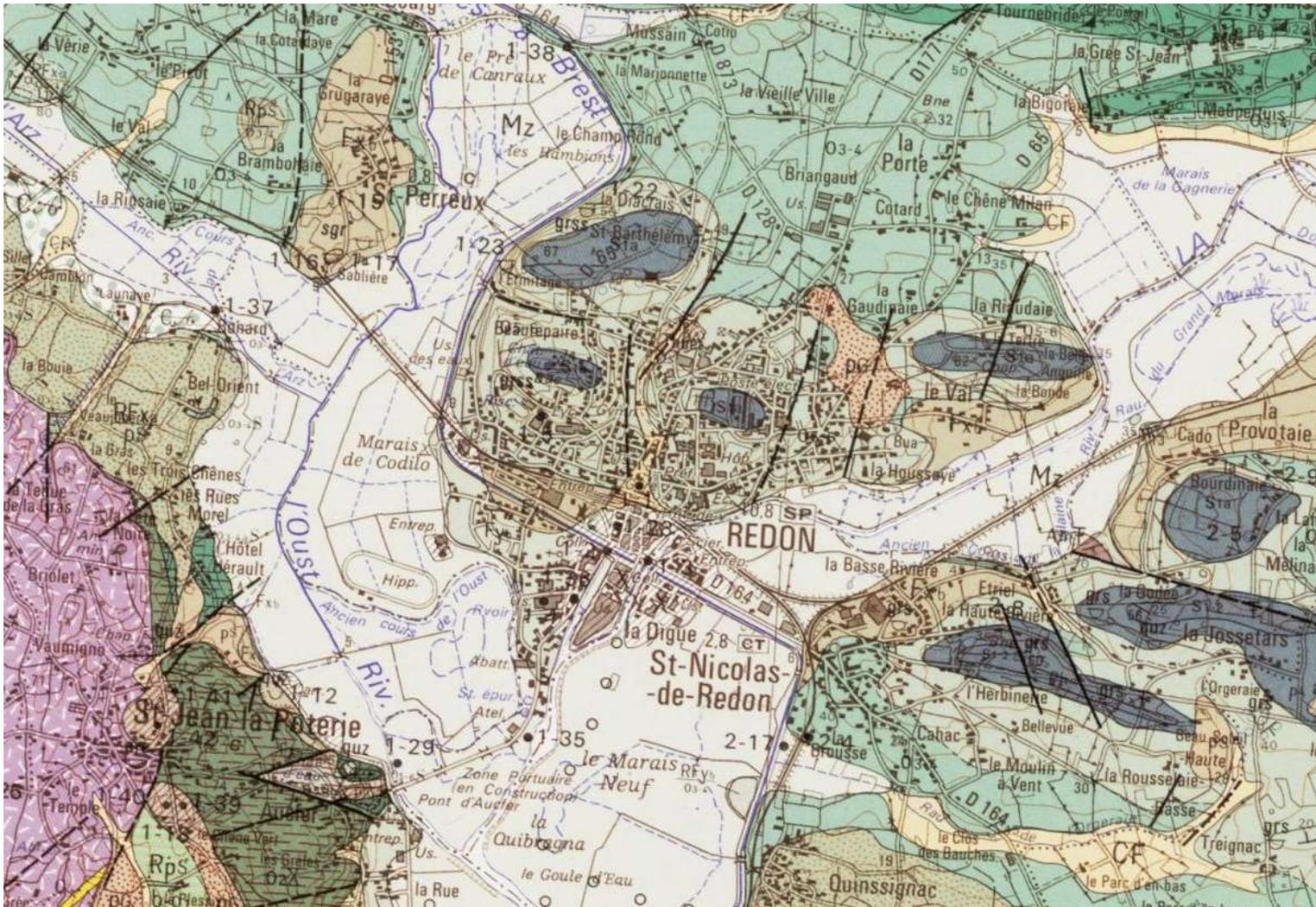


Figure 3-3 : Carte géologique du BRGM au droit du site (Infoterre)

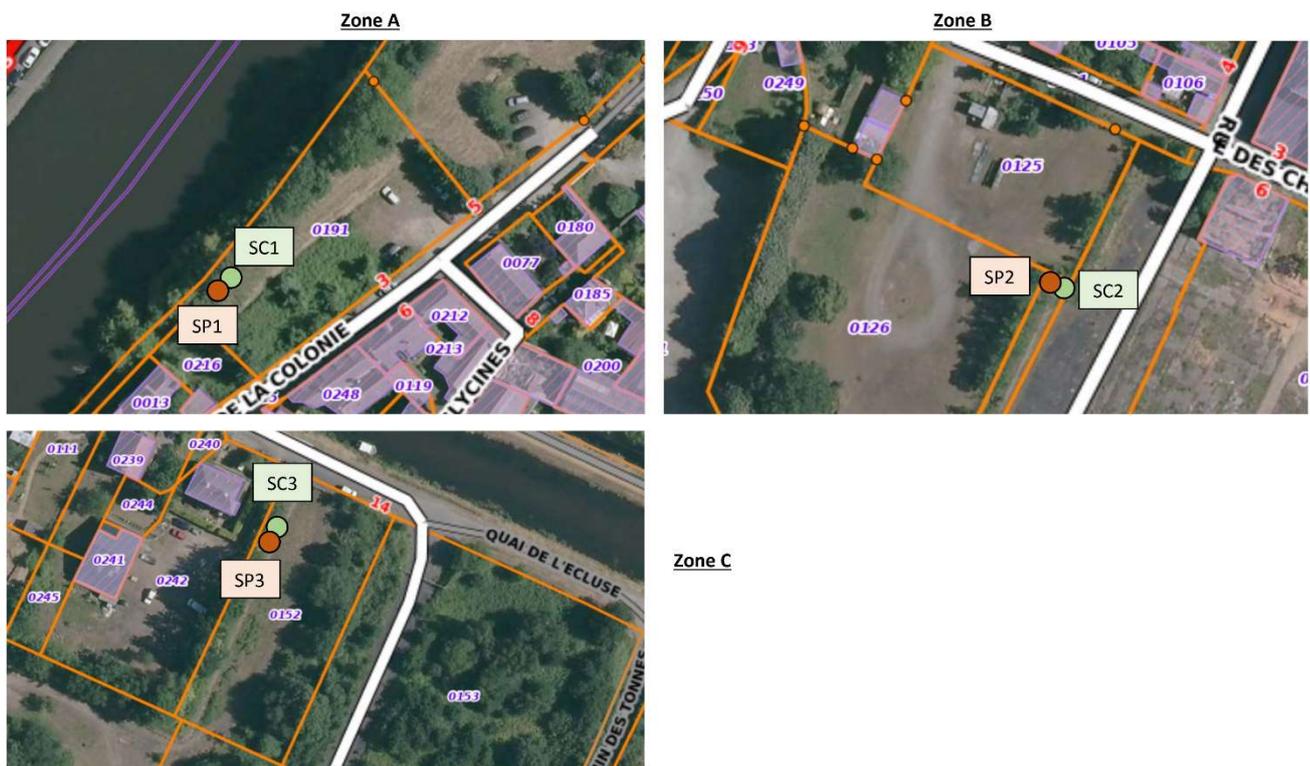
3.3.2 Données géotechniques

Une mission géotechnique G1 a été réalisée par le bureau d'études géotechniques Esiris en août 2020.

Dans le cadre de cette mission, des investigations ont été effectuées sur les digues en terre du tronçon n°4 et du tronçon n°6 ainsi qu'aux abords du mur en gabions (tronçon n°9). Pour chacune de ces zones, les investigations ont consisté en la réalisation de :

- 1 sondage carotté descendu à 15 m ;
- 1 sondage carotté pressiométrique descendu à 15 m avec 1 essai pressiométrique tous les mètres ;
- un essai de perméabilité Lefranc dans chaque sondage carotté,
- essais labo (teneur en eau, analyse granulométrique, limite d'Atterberg, VBS, classification GTR, essai triaxial consolidé non drainé, essai à l'oedomètre).

Par ailleurs, les sondages carottés du tronçon n°6 et du tronçon n°9 ont été équipés d'un piézomètre.



Légende : ● Essai pressiométrique ● Sondage carotté



Figure 3-4 : Localisation des sondages (rapport de mission G1 Esiris)

La stratigraphie rencontrée au droit des sondages a été la suivante :

- SC1 (tronçon n°9a) :
 - Remblai argilo-graveleux marron sur les 3 premiers mètres ;
 - Argile sableuse marron foncé beige sur 5 m ;
 - Argile marron grise sur 7 m (jusque l'arrêt du sondage).
- SC2 (tronçon n°4) :
 - Argile sableuse marron foncé beige sur les 3 premiers mètres ;
 - Argile marron grise bleue sur 10,4 m ;
 - Roche grise bleue sur 1,6 m (jusque l'arrêt du sondage).

- SC3 (tronçon n°6) :
 - Argile marron grise bleue sur les 11,5 m premiers mètres ;
 - Roche grise bleue sur 1,6 m (jusque l'arrêt du sondage).

Les résultats et les conclusions de ces investigations ont été les suivantes

"

L'ensemble des résultats permet de dresser la coupe géologique schématique (sous de la terre végétale ou les sols remaniés) :

- H1 / des argiles peu compactes marron grises bleues, reconnues jusqu'à 12.5 m (SP3) et 13.4 m (SP2) de profondeur environ, et jusqu'en fin de sondage SP1 à 15.1 m de profondeur environ ;

Ces argiles apparaissent molles à partir de 5 à 7 m de profondeur en SP1 et 3 à 4 m de profondeur en SP2 et SP3. Il s'agit probablement d'argiles avec un caractère compressible.

- H2 / des roches grises bleues (grès), reconnues jusqu'en fin des sondages SP2 et SP3, soit jusqu'à 15.7 m de profondeur environ.

Horizon / Sondage		SP1	SC1	SP2	SC2	SP3	SC3
H1	Profondeur du toit de la couche (en m)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Argiles	Epaisseur de la couche (en m)	>15.1	>15.0	13.1	13.4	12.5	11.5
H2	Profondeur du toit de la couche (en m)	-	-	13.1	13.4	12.5	11.5
Roches	Epaisseur de la couche (en m)	-	-	>2.3	>1.6	>2.5	>3.5

Tableau 3-3 : Synthèse lithologique (rapport de mission G1 Esiris)

Horizon	Base de l'horizon (m/TN actuel)	Nombre d'essais	Pression Limite nette pl^* (MPa)				Module Pressiométrique E_M (MPa)		
			Min	Max	Moy _{ar}	σ	Min	Max	Moy _{ha}
H1 - Argiles	12.5 / >15.1	39	0.21	2.66	0.57	0.48	1.9	71.9	5.9
H2 - Roches	>15.7	6	1.92	4.88	3.86	1.10	21.8	59.4	35.2

Moy_{ar} : Moyenne arithmétique Moy_{ha} : Moyenne harmonique σ : Ecart type

Tableau 3-4 : Résultats des essais pressiométriques (rapport de mission G1 Esiris)

Sondage	Essai réalisé	Profondeur de l'essai (m/TN)	Nature du terrain testé	Perméabilité retenue (m/s)
SC1	Lefranc	3.0 à 4.5	Argiles sableux / limons sableux	9.0 10 ⁻⁰⁷
SC2	Lefranc	13.5 à 15.0	Argiles	5.0 10 ⁻⁰⁷
SC3	Lefranc	10.5 à 11.5	Argiles	5.0 10 ⁻⁰⁸

Tableau 3-5 : Résultats des essais de perméabilité (rapport de mission G1 Esiris)

Les argiles montrent une classification GTR essentiellement A3/A4, sauf en SC1 où les sont peu plastiques et de classe GTR A1 jusqu'à 7 m de profondeur au moins et sont identifiés comme des limons sableux.

Les teneurs en eau sont très élevées dans les argiles attestant de sols aptes à absorber de l'eau mais pouvant contenir également une fraction vaseuse ou organique du fait de leur nature compressible.

Sondage	Profondeur (m/TN)	Nature de l'échantillon prélevé	Caractéristiques mécaniques mesurées							
			c_u (kPa)	ϕ_u (°)	c' (kPa)	ϕ' (°)	C_c	C_s	σ'_p (kPa)	e_0
SC1	3.60 à 3.70	Limons sab.	37	13	4	37	0.13	0.01	33	0.537
SC1	6.80 à 7.00	Limons sab.	9	25	2	34	0.11	0.01	81	0.443
SC2	7.95 à 8.15	Argiles	12	8	15	12	1.19	0.16	65	2.277
SC2	12.4 à 12.6	Argiles	6	11	13	20	1.16	0.25	26	3.369
SC3	3.75 à 3.85	Argiles	30	12	20	20	0.28	0.10	193	0.904
SC3	6.15 à 6.30	Argiles	20	8	21	16	2.05	0.36	32	4.039

Tableau 3-6 : Résultats des essais mécaniques en laboratoire (rapport de mission G1 Esiris)

Sondage	Profondeur (m/TN)	Nature de l'échantillon prélevé	$C_c/(1+e_0)$	Commentaire
SC1	3.60 à 3.70	Limons sableux	0.085	Sol moyennement compressible
SC1	6.80 à 7.00	Limons sableux	0.076	Sol moyennement compressible
SC2	7.95 à 8.15	Argiles	0.363	Sol très compressible
SC2	12.4 à 12.6	Argiles	0.266	Sol très compressible
SC3	3.75 à 3.85	Argiles	0.147	Sol moyennement compressible
SC3	6.15 à 6.30	Argiles	0.407	Sol très compressible

Tableau 3-7 : Résultats des essais pressiométriques (rapport de mission G1 Esiris)

Conclusions :

- Les roches (horizon H2) présentent de bonnes caractéristiques mécaniques.
- Les argiles (horizon H1) présentent des caractéristiques mécaniques médiocres/faibles. On évitera d'y fonder les ouvrages à créer. Ces sols sont de nature compressible et peuvent se déformer à très long terme sous de faibles charges voir même sous leur propre poids.
- Les sols du site comportent des matériaux sensibles aux phénomènes de retrait gonflement qui obligent à rechercher une adaptation de l'ouvrage, prenant en compte ce risque de mouvements dus aux variations hydriques.

3.4 CONTRAINTES LIEES A LA PRESENCE DE PIEZOMETRES

Deux piézomètres sont implantés dans le système d'endiguement et un troisième aux abords immédiats (cf. figure ci-dessous) :

- un dans le tronçon 4,
- un aux abords du tronçon 6,
- un dans le tronçon 9b.

La tête du piézomètre présent sur le tronçon 4 devra être réhaussée de manière à émerger d'au moins 50 cm de la crête de digue future (soit une tête de atteignant la cote 6,00 m NGF-IGN69 correspondant à une réhausse de l'ordre de 40 cm).

Le piézomètre présent dans le tronçon 9b devra être protégé afin qu'il ne soit pas endommagé par les engins lors de l'accès au tronçon 9 durant les travaux. Le piézomètre situé aux abords du tronçon 6 est a priori implanté hors de la zone de circulation des engins. Toutefois il sera à protéger si besoin est.



Figure 3-5 : Localisation des piézomètres (EPTB Eaux & Vilaine)



Figure 3-6 : Piézomètre présent dans tronçon 4 (06-10-2022)



Figure 3-7 : Piézomètre présent dans tronçon 9b (14-11-2023)

3.5 CONTRAINTES LIEES A LA QUALITE DES TERRES EN PLACE

Les travaux amèneront à des évacuations de matériaux en place. Des analyses sur ces derniers seront à effectuer afin de préciser leur filière d'élimination/revalorisation.

Ces analyses seront à effectuer au titre de l'arrêté d'octobre 2010 relatif aux installations de stockage de déchets inertes qui fixe la liste des types de déchets inertes admissibles ainsi que les critères à respecter pour l'admission de ces derniers.

3.6 CONTRAINTES LIEES A LA PRESENCE D'ESPECES PATRIMONIALES

La Vipère péliade a été recensée sur des zones proches des tronçons du système d'endiguement objet du projet de travaux. Cette espèce est une espèce patrimoniale.

Les points d'observation sont mis en évidence sur la carte suivante :

- point orange : observation d'individus ;
- zone orange : zone d'habitat avérée ;
- zone verte : zone d'habitat potentielle (favorable), avec possible dépassement sur les zones alentours ;
- ligne jaune : tronçons concernés par les travaux.



Figure 3-8 : Localisation des observations de la Vipère pléiade (EPTB Eaux et Vilaine)

A ce stade aucune Vipère pléiade n'a été recensée au droit des tronçons concernés par les futurs travaux. Toutefois des investigations complémentaires vont être diligentées au printemps 2024 afin de confirmer la non-présence de cette espèce patrimoniale dans l'emprise des travaux.

3.7 CONTRAINTES REGLEMENTAIRES ENVIRONNEMENTALES

Les zones présentant un enjeu environnemental particulier seront délimités sur le terrain par un écologue missionné par l'EPTB Eaux et Vilaine qui implantera un balisage. Ces zones seront préservées de toute circulation d'engins, dépôt de matériel ou de matériaux (même provisoire).

En cas de recensement de la vipère péliade dans l'emprise des travaux (cf. paragraphe ci-avant), des mesures spécifiques pourront être nécessaires (mise en défens de zones du chantier, formation du personnel par l'écologue de la MOA, ...).

3.8 CONTRAINTES LIEES A LA PRESENCE D'ESPECE INVASIVE

De la Renouée du Japon est observée sur les tronçons n°4 et n°6. Les mesures prévues pour éviter la dispersion de cette espèce invasive sont indiquées au § 6.10.

Ces mesures pourront être complétées par le Titulaire du marché de travaux dans le cadre de ses procédures.

3.9 CONTRAINTES PAYSAGERES ET PATRIMONIALES

La majorité des tronçons du système d'endiguement se situe dans le périmètre de protection de sites inscrits (Manoir du Mail, Hôtel de Richelieu) ou classés (Eglise Saint Sauveur, Abbaye Saint-Sauveur).

L'inscription ou le classement de sites concerne des espaces naturels ou bâtis de caractère artistique, historique, scientifique, légendaire ou pittoresques :

- qui nécessitent d'être conservés pour les sites inscrits (premier niveau de protection pouvant conduire à un classement pour un site ayant un intérêt reconnu et dont l'évolution nécessite un suivi particulier) ;
- dont la qualité appelle, au nom de l'intérêt général, la conservation en l'état et la préservation de toute atteinte grave pour les sites classés.

Pour les sites inscrits, l'administration doit être informée au moins 4 mois à l'avance des projets de travaux. L'Architecte des Bâtiments de France émet un avis simple, sauf pour les permis de démolir qui supposent un avis conforme.

Pour les sites classés, tous les travaux susceptibles de modifier l'état des lieux ou l'aspect des sites sont soumis à autorisation spéciale préalable du Ministère chargé des sites (ou du préfet de département pour les travaux moins importants).

L'ABF a été informé du projet de travaux au cours de la phase AVP et a émis des recommandations qui ont été prises en compte et intégrées aux propositions de travaux.

3.10 CONTRAINTES ARCHEOLOGIQUES

Le système d'endiguement est situé hors de zone de présomption de prescriptions archéologique.

3.11 CONTRAINTES D'ACCES

L'accessibilité aux tronçons objet de la présente étude est présentée au § 2.3.

3.12 CONTRAINTES LIEES AUX USAGES

3.12.1 Tronçons n°4 et n°6

Les associations Noria & Compagnie et Les amis du Transformateur réalisent des activités à proximité des tronçons n°4 et n°6 (stages en éco-construction pour Noria & Compagnie, élevage et pacage de bovins pour Les amis du Transformateur).

Ces activités seront maintenues durant les travaux.

Le bétail devra être isolé de la zone de travaux durant la période de chantier.

Suite à la réalisation des travaux, un accès pérenne pour l'éleveur dans la zone la plus à l'Est du site sera à prévoir.

3.12.2 Tronçon n°9

La maison au droit du tronçon n°9 est en vente. Le futur propriétaire envisage de réaliser un aménagement type terrasse en bord de Vilaine.

Toutefois une convention entre l'EPTB Eaux et Vilaine et ce futur propriétaire est en cours d'établissement. Dans la version de travail en cours de discussion, cette convention stipule notamment que :

"

Le propriétaire s'oblige [...] :

- à n'établir aucune clôture dans la bande de 4 m,
- à ne planter aucun arbre dans l'emprise de la servitude,
- à ne procéder dans l'emprise de la servitude, que ce soit de façon permanente ou temporaire,
 - à aucune modification de profil de terrain y compris le creusement ou le stockage de toute sorte,
 - à aucune mise en œuvre culturelle.

Si l'accès à l'emprise de la servitude par le domaine public s'effectue par un portail d'entrée, le propriétaire s'engage à première demande, à fournir au Gestionnaire les modalités d'accès 24/24 pour l'ouverture de ce portail d'entrée.

Si le propriétaire souhaite déroger aux dispositions ci-dessus, il devra en avoir obtenu l'accord écrit préalable du Gestionnaire.

"

La version définitive de cette convention pourra être modifiée suivant les échanges en cours. Nous n'avons pas connaissance de retour ou d'échanges depuis la phase AVP.

3.12.3 Protections amovibles

Les zones de mise en place des protections amovibles sont situées sur des zones de circulations (entrées du parking ; RD744). La commune de St Nicolas de Redon ou le Département de Loire Atlantique est propriétaire et gestionnaire des entrées du parking ([point à préciser](#)). Le CD44 est propriétaire et gestionnaire de la RD744.

Les aménagements devront prendre en compte les contraintes de circulation (charges appliquées) associées. Les travaux pourront nécessiter d'immobiliser temporairement la voirie. Concernant la RD744, cet axe étant un axe principal de circulation entre St Nicolas de Redon et Redon, les travaux devront vraisemblablement être réalisés de nuit.

Un échange sera organisé avec le CD44 afin de recueillir ses prescriptions pour la réalisation des travaux sur sa voirie.

3.13 CONTRAINTES LIEES AU BATI ET AUX OUVRAGES AVOISINANTS

Les travaux sur les zones d'ouvrages concernés, ne devront pas engendrer de désordres sur le bâti et les ouvrages avoisinant.

3.14 CONTRAINTES LIEES AUX RESEAUX

Les Demandes de Travaux (DT) ont été effectués par le Maître d'Ouvrage en novembre 2022 et les réponses nous été transmises en novembre 2022.

Nous indiquons par ailleurs que les DT et réponses aux DT de moins de 3 mois devront être jointes au Dossier de Consultation des Entreprises pour le marché de travaux.

A partir des réponses aux demandes de renseignements relatives, le bilan des réseaux présents sur les deux sites est le suivant :

<u>N° de consultation</u>	<u>Exploitant</u>	<u>Réponse</u>	<u>Localisation</u>
2022110700962T8O	CD44	Concerné	A l'arrière du chemin de halage et au niveau du parking entre l'avenue Jean Burel et le canal => hors zone travaux
2022110700962T8O	SFR - Completel	Concerné	A l'arrière du chemin de halage et au niveau du parking entre l'avenue Jean Burel et le canal => hors zone travaux
2022110700962T8O	Eaux et Vilaine	Non concerné	
2022110700962T8O	Enedis DRBZH	Concerné	Réseau BT souterrain à proximité de l'entrée est du parking entre l'avenue Jean Burel et le canal
2022110700962T8O	GRDF	Concerné	Au niveau du parking entre l'avenue Jean Burel et le canal => hors zone travaux
2022110700962T8O	Orange Q2 Bretagne	Concerné	Réseau le long de l'avenue Jean Burel ; échelle du fond de plan trop importante pour déterminer si hors zone de travaux ou non
2022110700962T8O	SAUR	Concerné	Réseau le long de l'avenue Jean Burel ; échelle du fond de plan trop importante pour déterminer si hors zone de travaux ou non
2022110700962T8O	SFR	Concerné	Au niveau du pont de franchissement de la Villaine => hors zone travaux
2022110700962T8O	Sydela EP	Concerné	Le long de l'avenue Jean Burel => hors zone travaux
2022110700962T8O	Véolia	Concerné	Réseau le long de l'avenue Jean Burel et au niveau du parking entre l'avenue Jean Burel et le canal ; échelle du fond de plan trop importante pour déterminer si hors zone de travaux ou non

Tableau 3-8 : Réponse des concessionnaires

Une prestation de détection et de géoréférencement de réseaux au droit de l'implantation projetée pour les systèmes amovibles a été réalisée par Geosat en avril 2023 de manière à confirmer les emplacements prévus.

Le plan des réseaux détectés au droit des 3 linéaires est présenté ci-dessous.

LÉGENDE DIVERSE	
EMPRISE	
- - - - - Emprise Investigations	
LÉGENDE RÉSEAUX INVESTIGUÉS	
	Classe
Eau Usée	
 Existant	A
 Existant	B / C
ELECTRICITE	
 Réseau BT souterrain	A
 Réseau BT souterrain	B / C
 Réseau HTA souterrain	A
 Réseau HTA souterrain	B / C
Adduction d'Eau Potable	
 Existant	A
 Existant	C
TELECOMMUNICATION	
 Existant	A
 Existant	B / C
ECLAIRAGE PUBLIC	
 Souterrain	B
DIVERS RESEAUX	
 Existant	A

Figure 3-9 : Légende plan réseaux détectés

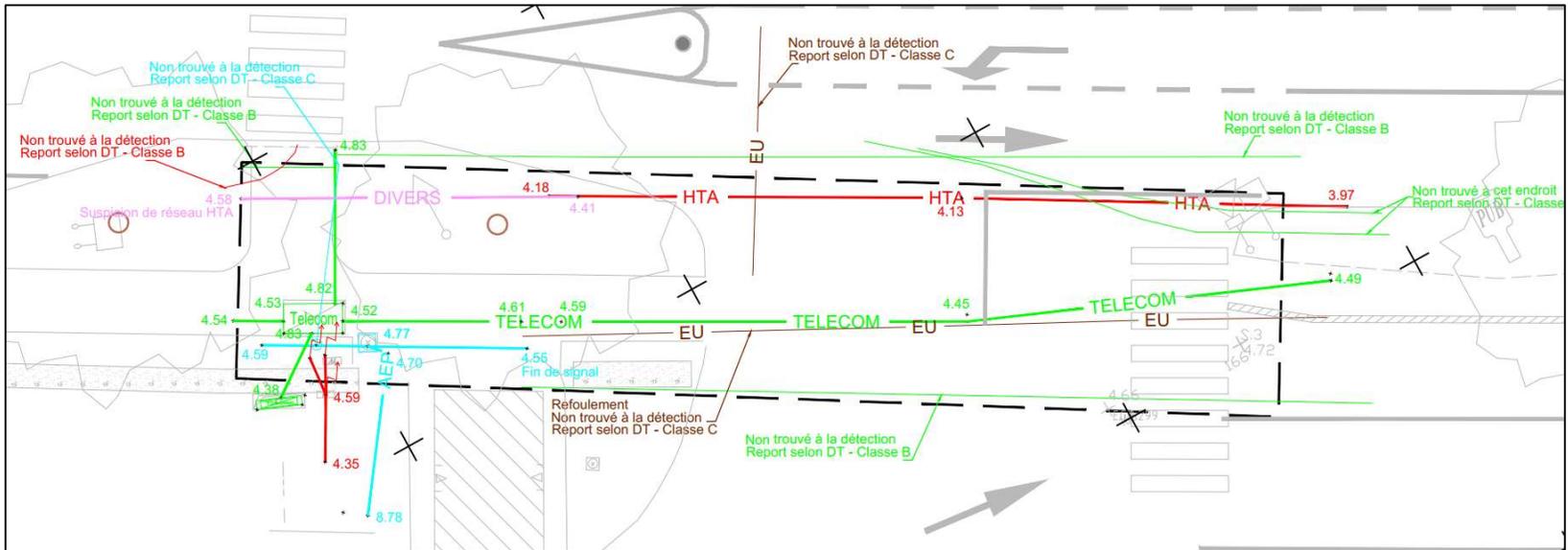


Figure 3-10 : Réseaux détectés lors de l'investigation complémentaire – Linéaire 1 / Entrée ouest du parking (Geosat)

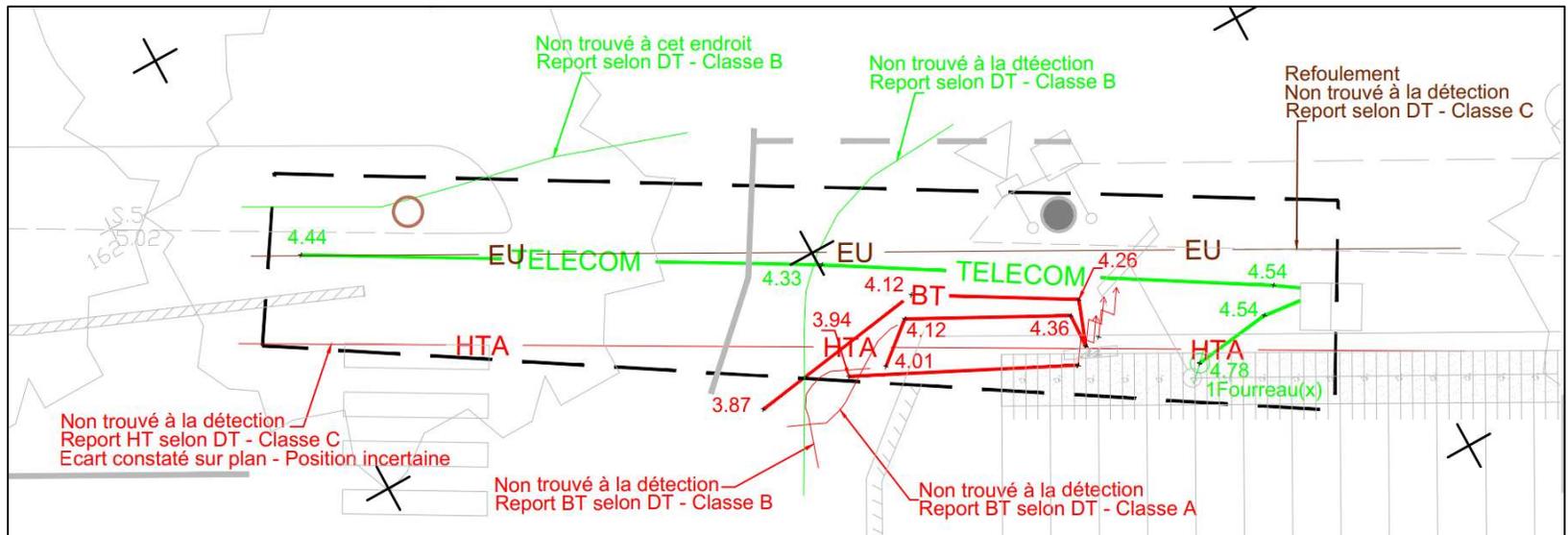


Figure 3-11 : Réseaux détectés lors de l'investigation complémentaire – Linéaire 2 / Entrée est du parking (Geosat)

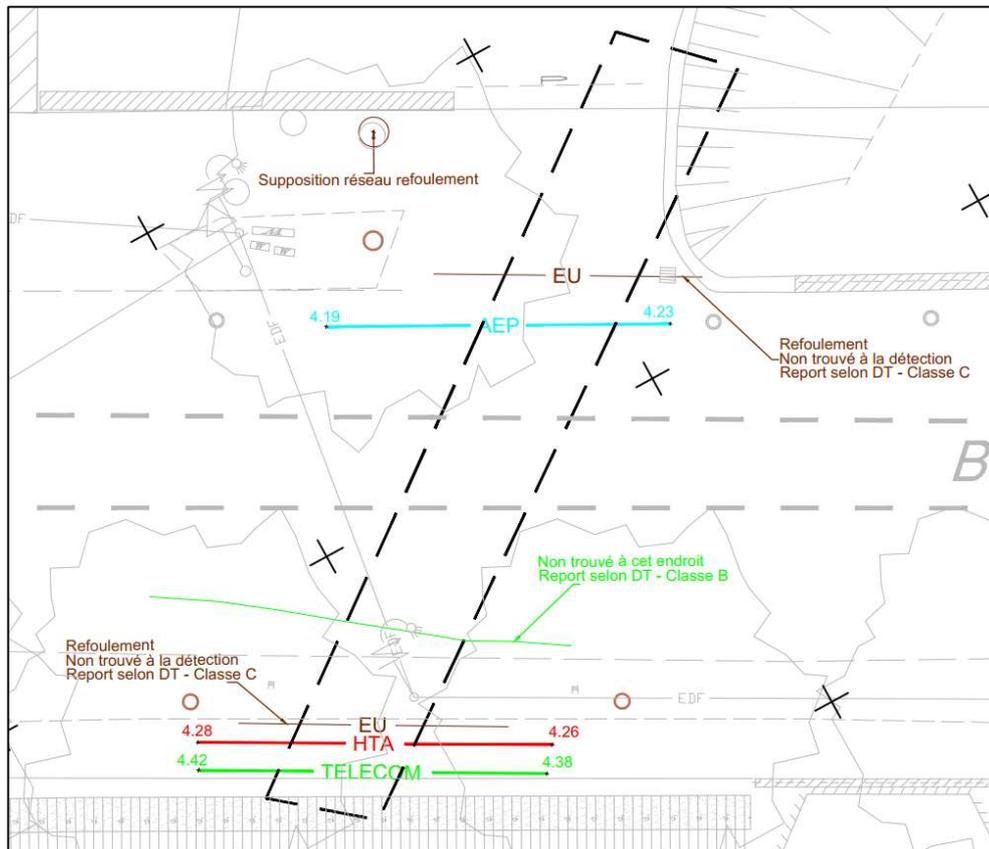


Figure 3-12 : Réseaux détectés lors de l'investigation complémentaire – Linéaire 3 / tronçon en travers de la RD775 au niveau de l'accès à la parcelle cadastrale BI 246 (Geosat)

La synthèse des résultats de l'investigation est donnée ci-après.

Synthèse des Investigations Complémentaires

Réseaux et linéaire détecté	Exploitant(s)	Catégorie	Classe DICT	Présence	Classe après I.C.	Méthode de détection
Éclairage Public	SYDELA	SENSIBLE	A/B	Oui mais non concerné	A/B	Electromagnétisme
Linéaire détecté en classe A : 0ml	Remarques : Hors zone					
Électrique HTA	ENEDIS	SENSIBLE	A/B	Oui	A/B	Electromagnétisme
Électrique BT		SENSIBLE	A/B	Oui	A/B	Electromagnétisme
Linéaire détecté en classe A : 57 ml	Remarques : De fort constaté avec la DICT.					
Télécoms Fibre optique	ORANGE	NON SENSIBLE	B	Oui	A/B	Electromagnétisme
Linéaire détecté en classe A : 72 ml	Remarques : Des écarts avec la DICT					
AEP (Alimentation Eau Potable)	SAUR	NON SENSIBLE	C	Oui	A	Géoradar
Linéaire détecté en classe A : 14 ml	Remarques : RAS					
Assainissement EU/EP/EV	VEOLIA	NON SENSIBLE	C	Oui	C	Géoradar et Electromagnétisme
Linéaire détecté en classe A : 0ml	Remarques : Non trouvé					
Divers / non identifiés		XXXXXXXXXX	XXXX	Oui	A	Géoradar et Electromagnétisme
Linéaire détecté en classe A : 10 ml	Remarques : Des sondages intrusifs sont préconisés pour connaître la nature des réseaux.					
Linéaire total détecté Classe A : 153 ml	Remarques générales : Des écarts constatés avec les plans concessionnaires et des réseaux non-trouvés.					

Figure 3-13 : Synthèse des réseaux détectés (Geosat)

D'après les résultats de ces investigations, les réseaux suivants sont présents au droit de l'implantation projetée pour les systèmes amovibles :

<u>Linéaire</u>	<u>Réseaux présents</u>
Linéaire 1 : entrée Ouest du parking	Télécom
Linéaire 2 : entrée Est du parking	BT
Linéaire 3 : RD775 au niveau de l'accès à la parcelle cadastrale BI 246 (occupée jusque début 2023 par le commerce "Duval Automobile").	HTA, Télécom, Eaux Usées, AEP

Tableau 3-9 : Réseaux présents au droit de l'implantation projetée pour les systèmes amovibles

Le Titulaire devra prendre toutes les mesures nécessaires pour garantir la sécurité lors de la réalisation des fondations des systèmes amovibles (fondations et poutres) vis-à-vis de ces réseaux dont les profondeurs ne sont pas connues et les implantations incertaines.

3.15 CONTRAINTES CADASTRALES

3.15.1 Tronçons n°4 et n°6

Le cadastre au niveau des tronçons n°4 et n°6 est le suivant :

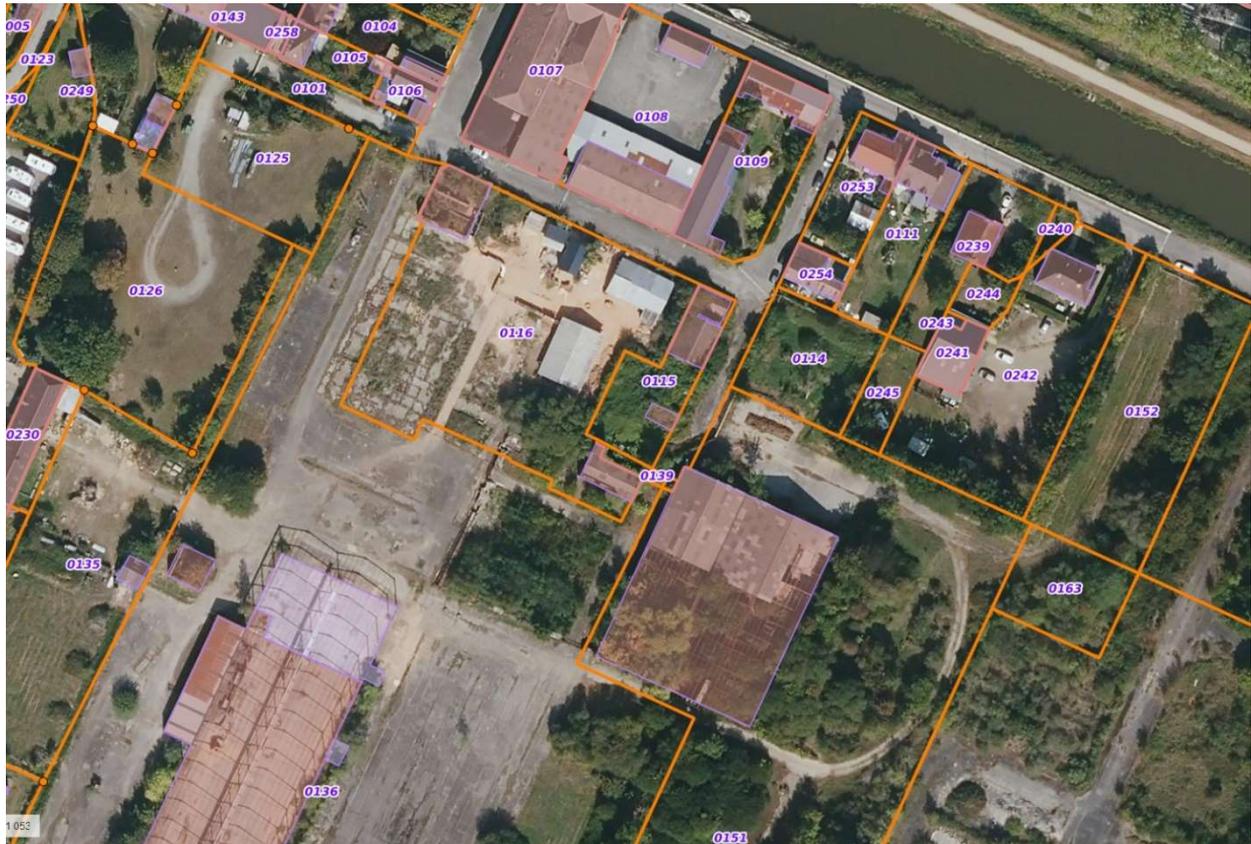


Figure 3-14 : Cadastre au droit des tronçons 4 et 6 (Géoportail)

Le CD44 est propriétaire des parcelles côté amont des tronçons n°4 et n°6 (0135, 0136, 0114, 0151, 0163, 0152).

Les parcelles côté aval (0126 pour le tronçon n°4 ; 0254, 0111, 0245, 0242 pour le tronçon n°6) appartiennent à des propriétaires privés.

3.15.2 Tronçon n°9a

Le cadastre au niveau du tronçon n°9a est le suivant :

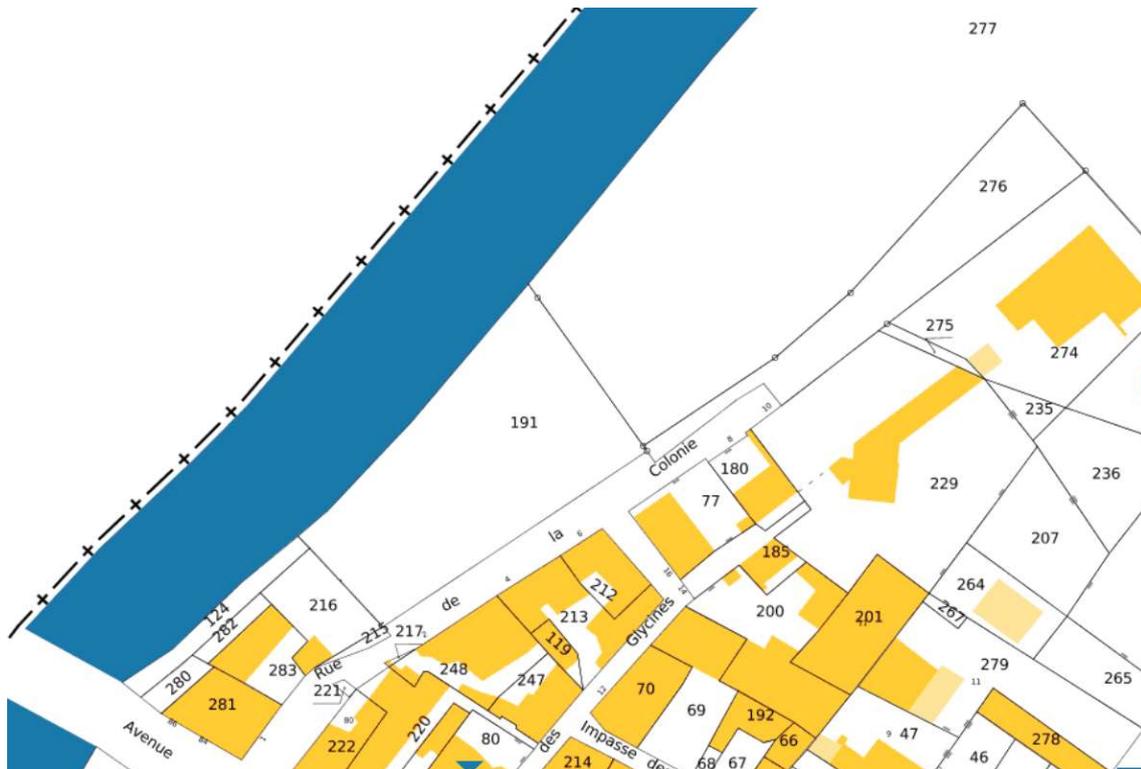


Figure 3-15 : Cadastre au droit du tronçon 9a (cadastre.gouv)

Les parcelles 124, 280 et 282 appartiennent à des propriétaires privés.

La parcelle 277 appartient à la Commune de St Nicolas de Redon.

3.16 CONTRAINTES SISMIQUES

Le système d'endiguement de St Nicolas de Redon se trouve en zone à risque sismique classée 2 (aléa faible).

4. SOLUTIONS RETENUS A L'ISSUE DE LA PHASE AVP

Le programme de travaux concerne les tronçons du système d'endiguement présentés au §2.1.

Les travaux projetés visent à garantir un niveau de protection des ouvrages correspondant à un niveau de crue de période de retour 50 ans avec une revanche de 20 cm ce qui amène aux cotes suivantes :

- secteur en amont de la RD775 (i.e. mur en gabions) : 5,50 m NGF-IGN69 ;
- secteur en aval de la RD775 (i.e. digues en terre et protections amovibles) : 5,20 m NGF-IGN69.

Le programme de travaux retenu à l'issue de la phase AVP consiste en :

- une adaptation des digues en terre existantes (tronçons n°4 et n°6) avec confortement, rechargement en crête et épaulement sur la face amont ;
- une réhausse du mur par l'ajout de gabion d'épaisseur 30 cm tout en conservant la plaque de schiste en crête de mur ;
- le remplacement des sacs de sable au niveau de la RD775 par des dispositifs modulables de type digue amovible avec ancrage.

5. PROPOSITIONS DE TRAVAUX

5.1 ORGANISATION GENERALE DES TRAVAUX

5.1.1 Allotissement

Au vu de la nature des travaux et interventions à réaliser, les travaux pourront être allotis suivant les grands types d'interventions à réaliser, à savoir :

- Lot 1 : Confortement des tronçons n°4, n°6 et n°9a
- Lot 2 : Fourniture des protections amovibles et travaux de génie civil associés

Pour des raisons de facilitation des interfaces et de responsabilités il nous semble que les travaux de génie civil associés aux protections amovibles et que la fourniture de ces dernières doivent faire l'objet d'un lot unique. Ce lot sera confié soit à une entreprise unique soit à un groupement d'entreprises.

5.1.2 Installations de chantier

Les installations de chantier pour le confortement des tronçons n°4 et n°6 pourront être mises en place sur les terrains utilisés par l'association Les amis du Transformateur. Le lieu exact sera défini suite à leur retour (L'EPTB Eaux et Vilaine les a relancés à ce sujet début octobre).

Les installations de chantier pour le tronçon n°9a ainsi que pour les protections amovibles pourront être mises en place, sous réserve d'autorisation de la mairie, sur le parking entre la RD775 et le canal.

5.1.3 Travaux préparatoires réalisés par les partenaires

Préalablement au démarrage des travaux, il est prévu que

- le Maître d'Ouvrage effectue ou fasse effectuer les travaux préparatoires suivants :
 - débroussaillage/fauche de la végétation en place sur les tronçons n°4 et n°6 (hors tronçon sud du tronçon n°4 ou ce débroussaillage/fauche sera réalisé par le CD44) ;
 - dépose de la clôture en pied de digue des tronçons n°4 et n°6.
- les partenaires (CD44, association Noria & Compagnie, association les amis du Transformateur) effectuent les travaux préparatoires suivants :
 - dépose et enlèvement de l'appentis et du stockage de bois (bûcher) attenants au bâtiment de l'Orderie ;
 - évacuation des déchets (déchets verts, gravats, ...) présents sur le tronçon sud du tronçon n°4 et ses abords ;
 - débroussaillage/fauche de la végétation en place sur le tronçon sud du tronçon n°4.

A ce jour le stockage de bois a été déposé et un débroussaillage partiel a été réalisé.

Les associations souhaiteraient conserver le "taillis" d'arbres à l'angle de la digue du tronçon 4. Un débroussaillage a été réalisé pour mettre en évidence les limites de l'ouvrage actuel.

Nous rappelons qu'il est recommandé de ne pas avoir d'arbres à moins de 3,50 m du pied d'une digue. Si le Maître d'Ouvrage souhaite également la conservation du taillis, le point devra être fait avec le Titulaire du marché lors de la préparation des travaux sur les possibilités de

maintien au regard des emprises nécessaires sur cette zone pour les engins pour la réalisation des travaux.

Concernant le débroussaillage/débroussaillage/fauche de la végétation en place sur les tronçons n°4 et n°6, une coupe manuelle soignée, le ramassage, l'évacuation et la mise incinération des parties aériennes de la Renouée du Japon devront être réalisées préalablement aux travaux. A ce stade il est considéré que la coupe des zones colonisées par la Renouée sera effectuée par le Maître d'Ouvrage ou le CD44. Nous préconisons que les coupes aient lieu juste avant (max. 10j avant) la mise en œuvre des autres interventions explicitées ci-après afin de limiter la repousse.

5.2 TRONÇON N°4

a) Digue

La nouvelle digue présentera les caractéristiques géométriques suivantes :

- cote en crête : 5.50 m NGF-IGN69 ;
- largeur en crête : 2 m ;
- fruits de talus (amont et aval) : 3H/2V ;

Les aménagements consisteront en :

- La dépose et l'évacuation des soutènements en parpaings, empierrements, poteaux électriques et autres délimitant la digue actuelle côté amont ;
- La purge du merlon de la digue actuelle sur 0,35 m d'épaisseur ;
- Le décapage du terrain en place dans l'emprise de la nouvelle digue côté amont, et hors de celle actuelle, sur 0,50 m d'épaisseur pour réaliser la fondation ;
A l'issue du décapage, un point d'arrêt sera réalisé de manière à s'assurer des caractéristiques des matériaux du remblai en place (matériaux fins) et ainsi confirmer les éléments considérés jusqu'à présent ;
- La mise en œuvre d'un géotextile filtre sur la surface purgée ;
- La mise en place de matériaux de remblai aux caractéristiques identiques aux matériaux en place (matériaux fins, $\gamma_h = 18 \text{ kN/m}^3$; $c' = 20 \text{ kPa}$; $\varphi' = 20^\circ$) compactés soigneusement par couches d'épaisseur maximum 0,30 m. Le compactage sera réalisé à 95% de l'optimum Proctor ;
- La pose d'un grillage anti-fouisseur sur les talus amont et aval du corps de digue ;
- La mise en œuvre d'un géotextile filtre sur l'interface entre le corps de digue et la terre végétale ;
- La mise en place d'une géo natte coco sur le talus aval assurant la protection des terres contre les érosions superficielles en attendant la stabilisation des talus par la végétation ;
- La mise en œuvre d'une couche superficielle de terre végétale d'apport sur les talus et sur la crête et l'engazonnement de ces surfaces ;
- La réhausse de la tête du piézomètre présent afin que celle-ci émerge d'au moins 50 cm de la crête de digue future (soit une tête de atteignant la cote 6,00 m NGF-IGN69 correspondant à une réhausse de l'ordre de 40 cm).

Compte tenu de la présence de Renouée du Japon sur la levée, de manière à éviter toute dispersion de cette plante invasive conformément aux prescriptions de l'arrêté préfectoral d'autorisation des travaux, il est prévu d'évacuer l'ensemble des produits de déblais dans une filière de traitement adapté et de ne réutiliser aucun matériau sur site.

Ainsi 232 m³ de matériaux seront à évacuer. Par ailleurs, des analyses sur ces derniers seront à effectuer afin de préciser leur filière d'élimination/revalorisation (analyses à effectuer au titre de l'arrêté d'octobre 2010 relatif aux installations de stockage de déchets).

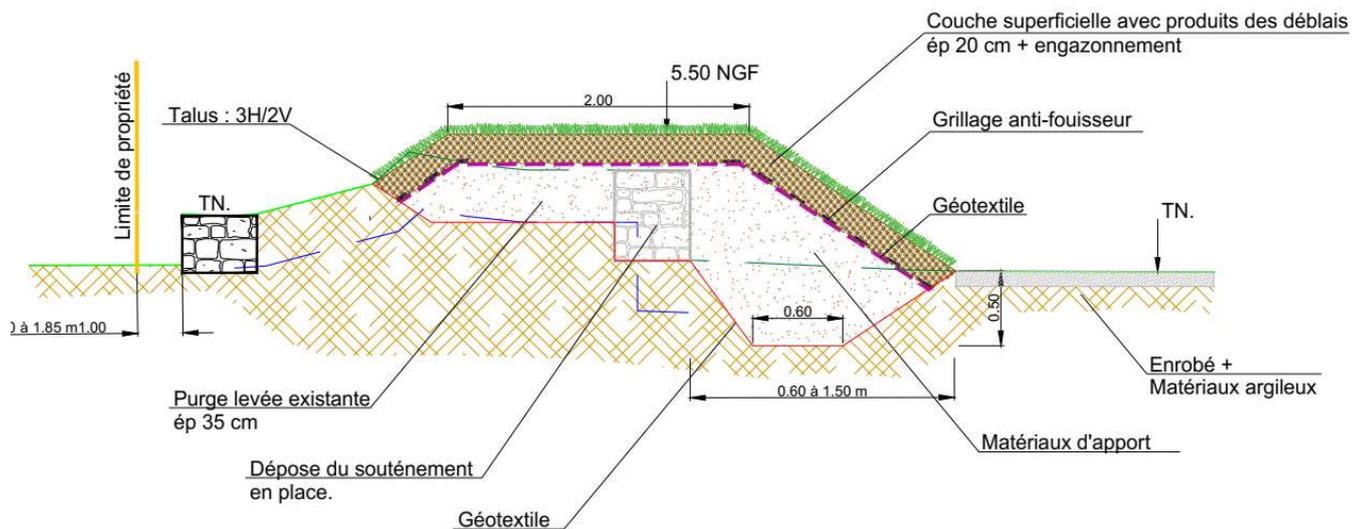


Figure 5-1 : Coupe de principe des aménagements sur le tronçon 4

L'emprise côté amont de la digue créée par rapport à la digue existante sera de 0,60 m à 1,50 m.

b) Déversoir

Au centre du linéaire compris entre le bâtiment de la Corderie et le retour vers le nord, un déversoir de sécurité sera réalisé à la cote 5,20 m NGF-IGN69.

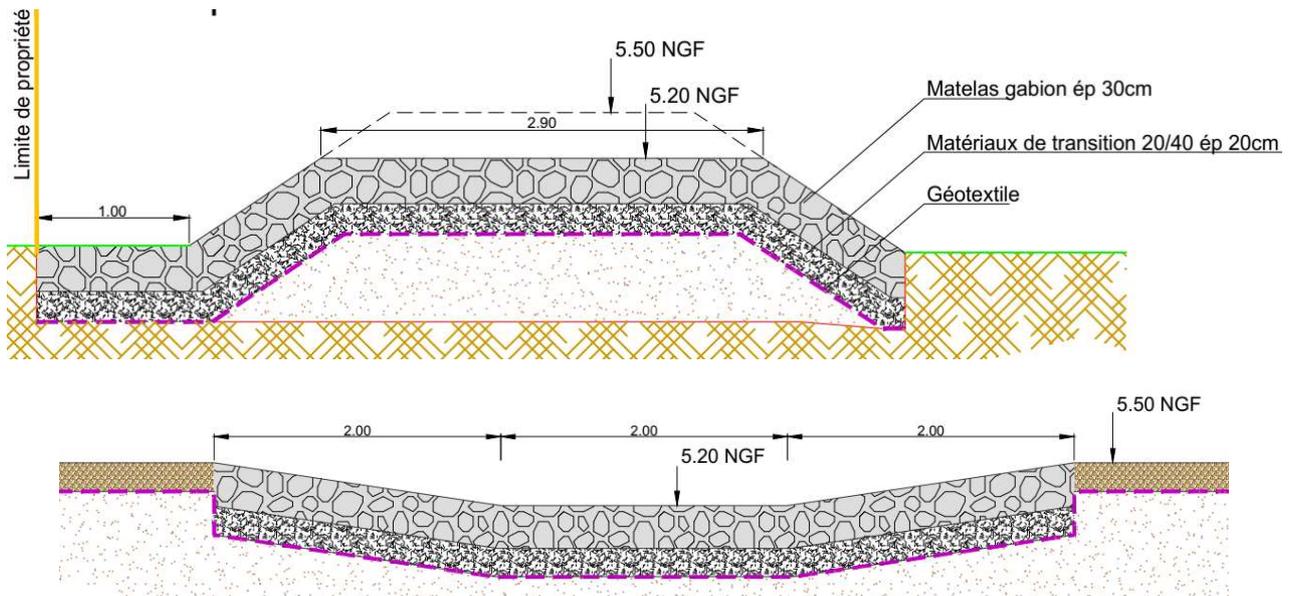
Ce déversoir sera long de 2 ml, identiquement au déversoir prévu lors de la réalisation du tronçon en 2005.

Il sera réalisé en matelas gabions d'épaisseur 0,30 m.

L'aménagement du déversoir consistera en :

- La réalisation du corps de digue tel que présenté ci-avant (dépose ouvrage en place, décapage terrain, mise en place matériaux de remblais) ;
- La mise en place d'un géotextile filtre sur l'interface entre le corps de digue et le déversoir ;
- La mise en œuvre de matériaux de transition 20/40 sur une épaisseur de 0,20 m ;
- La mise en place de matelas gabion sur 2 m de largeur et de 2 ml de long en crête ainsi que sur les talus amont et aval ;
- La mise en place de matelas gabion en pied de talus jusqu'à la clôture délimitant la parcelle du CD44 de celle privée.

Le raccord entre la crête de digue et le déversoir se fera en pente douce sur 2 m de part et d'autre de celui-ci.



Figures 5-2 et 5-3 : Coupe de principe du déversoir sur le tronçon 4

5.3 TRONÇON N°6

La nouvelle digue présentera les caractéristiques géométriques suivantes :

- cote en crête : 5.50 m NGF-IGN69 ;
- largeur en crête : 2 m ;
- fruits de talus (amont et aval) : 3H/2V ;

Les aménagements consisteront en :

- La dépose et l'évacuation des soutènements en parpaings, empierrements pieux bois et autres délimitant la digue actuelle côté amont ;
- La purge du merlon de la digue actuelle sur 0,35 m d'épaisseur ;
- Le décapage du terrain en place dans l'emprise de la nouvelle digue côté amont, et hors de celle actuelle, sur 0,50 m d'épaisseur pour réaliser la fondation ;

A l'issue du décapage, un point d'arrêt sera réalisé de manière à s'assurer des caractéristiques des matériaux du remblai en place (matériaux fins) et ainsi confirmer les éléments considérés jusqu'à présent ;

- La mise en œuvre d'un géotextile filtre sur la surface purgée ;
- La mise en place de matériaux de remblai aux caractéristiques identiques aux matériaux en place (matériaux fins, $\gamma_h = 18 \text{ kN/m}^3$; $c' = 20 \text{ kPa}$; $\phi' = 20^\circ$) compactés soigneusement par couches d'épaisseur maximum 0,30 m. Le compactage sera réalisé à 95% de l'optimum Proctor ;
- La pose d'un grillage anti-fouisseur sur les talus amont et aval du corps de digue ;

- La mise en œuvre d'un géotextile filtre sur l'interface entre le corps de digue et la terre végétale ;
- La mise en place d'une géo natte coco sur le talus aval assurant la protection des terres contre les érosions superficielles en attendant la stabilisation des talus par la végétation ;
- La mise en œuvre d'une couche superficielle de terre végétale d'apport sur les talus et sur la crête et l'engazonnement de ces surfaces.

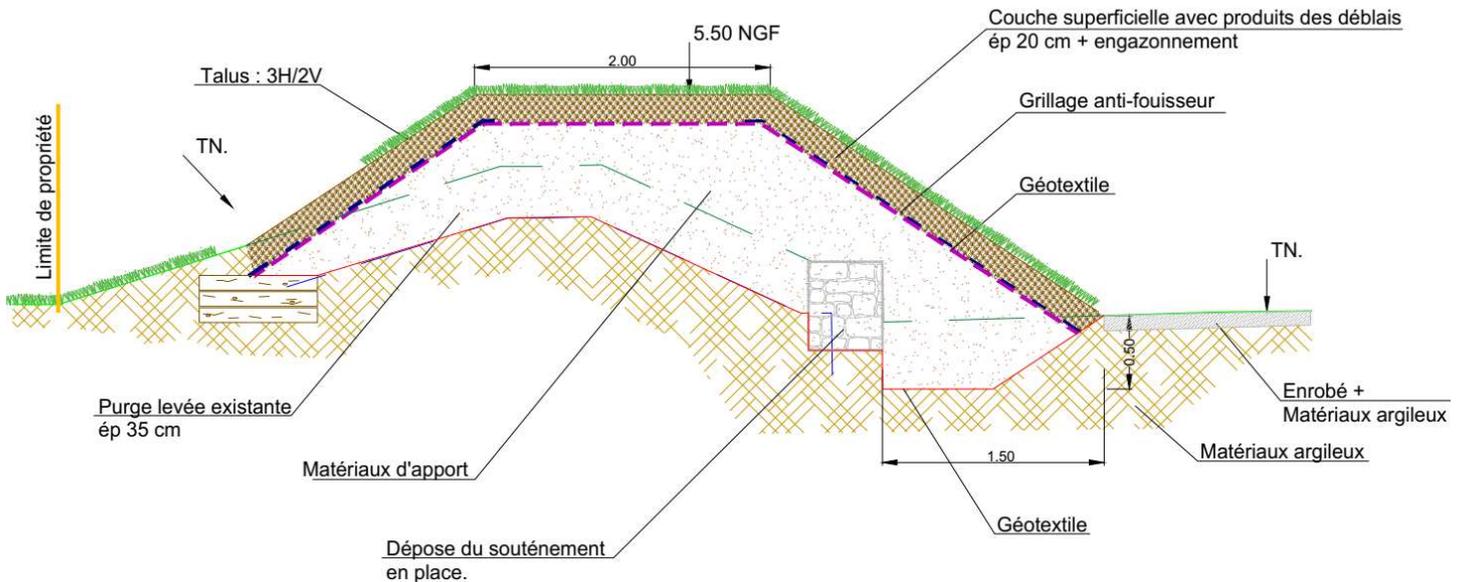


Figure 5-4 : Coupe de principe des aménagements sur le tronçon 6

L'emprise côté amont de la digue créée par rapport à la digue existante est constante et limitée à 1,50 m. Le fait de limiter cette emprise implique de devoir retravailler le talus aval de la digue.

Compte tenu de la présence de Renouée du Japon sur la levée, de manière à éviter toute dispersion de cette plante invasive conformément aux prescriptions de l'arrêté préfectoral d'autorisation des travaux, il est prévu d'évacuer l'ensemble des produits de déblais dans une filière de traitement adapté et de ne réutiliser aucun matériau sur site.

Ainsi 340 m³ de matériaux seront à évacuer. Par ailleurs, des analyses sur ces derniers seront à effectuer afin de préciser leur filière d'élimination/revalorisation (analyses à effectuer au titre de l'arrêté d'octobre 2010 relatif aux installations de stockage de déchets).

5.4 TRONÇON N°9A

Suite à l'avis de l'ABF la solution de reprise retenue pour le tronçon n°9 consiste en une réhausse du mur par l'ajout de gabion d'épaisseur 30 cm tout en conservant la plaque de schiste en crête de mur.

Les aménagements consisteront en :

- La dépose des plaques de schiste en place en couronnement ;
- La mise en œuvre de matelas gabion d'épaisseur 30 cm fixé sur les matelas en place ;
- Le déblai à l'arrière du mur pour permettre la mise en place d'une géomembrane à l'arrière des matelas gabions mis en œuvre avec recouvrement sur la géomembrane en place ;

- Le remblai avec des matériaux argileux à l'arrière du mur jusque la cote 5,30 m NGF ;
- La remise en place des plaques de schiste en couronnement et la fourniture des plaques manquantes.

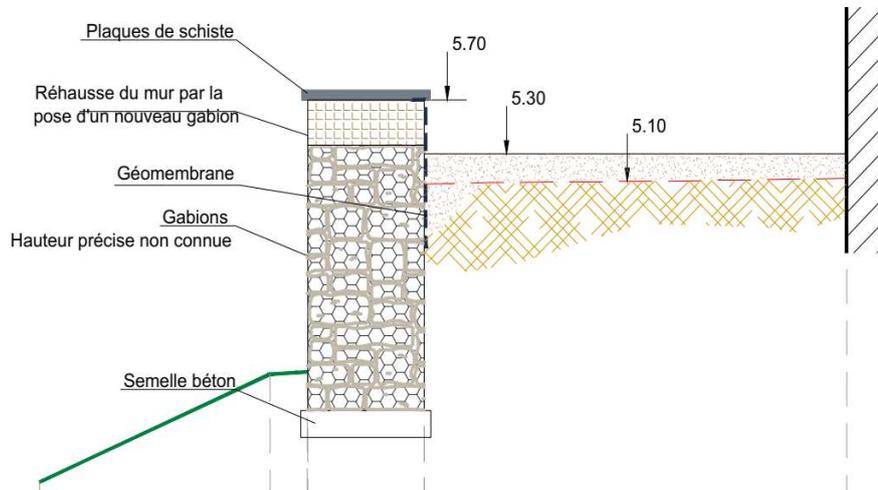


Figure 5-5 : Coupe de principe de la solution retenue sur le tronçon 9a

5.5 PROTECTIONS AMOVIBLES

5.5.1 Rappel aspects réglementaires - Prescriptions de la DREAL

Le but de l'installation des dispositifs amovibles est le remplacement des sacs de sable actuellement mis en place en période de crue par ces dispositifs plus fiables et moins chronophages. Cela implique l'intégration du dispositif amovible dans le système d'endiguement ainsi que son classement.

Dans un courriel communiqué au maître d'ouvrage le 05/10/2022, la DREAL a détaillé les conditions réglementaires pour l'intégration d'un dispositif amovible dans un système d'endiguement (SE). Les conditions sont reprises ci-dessous.

''

*Un dispositif amovible ne peut être intégré dans un SE que s'il est un **ouvrage** ou associé à un ouvrage Et si l'organisation du géomapien garantit une anticipation de la crue significativement supérieure à celle du montage*

La notion d'ouvrage se définit par un certain rattachement au sol ou à une partie d'ouvrage préexistante. Cela signifie qu'un dispositif amovible associé/rattaché à des ouvrages du système d'endiguement, même sans ancrage au sol, peut être inclus dans le SE.

En revanche, un dispositif totalement amovible (sans ancrage au sol ou aux ouvrages du système d'endiguement) ne peut être qualifié de digue et n'est donc pas constitutif d'un système d'endiguement.

L'essentiel est que le dispositif amovible soit toujours installé au même endroit et de la même façon pour assurer le niveau de protection et la zone protégée. Il est donc possible d'inclure dans le SE de Saint Nicolas de Redon des dispositifs amovibles avec ou sans ancrage, du moment qu'ils sont rattachés au reste du SE (ouvrage). Cependant, une attention est à réserver

au choix du ou des dispositifs selon les retours d'expérience existants ou non, la fragilité aux embâcles ou la sensibilité au vieillissement.

L'acceptabilité d'un système d'endiguement comprenant des dispositifs amovibles doit être appréciée avec le fait que la durée de mise en place doit être significativement plus faible que la durée d'anticipation que le gestionnaire s'engage à avoir, y compris au regard de sa capacité à anticiper la crue.

"

Suite à la réunion d'échange et de présentation des dispositifs amovibles avec les services de l'Etat du 9 novembre, la DREAL a confirmé que les dispositifs devront soit présenter un système d'ancrage au sol, soit pouvoir être ancré au reste des ouvrages inclus dans le Système d'Endiguement, soit se fermer dans le terrain naturel.

La DREAL précisant par ailleurs que *"Les dispositifs "flexibles" s'apparentent plus à des solutions d'urgence, qui ne peuvent donc pas être inclus comme éléments pérennes d'un SE.*

"

5.5.2 Présentation de la solution retenue : Digue amovible avec ancrage

Ce système rigide est constitué d'éléments fixes (à installer à l'avance au niveau de l'emplacement prévu) et d'éléments amovibles (à installer en cas d'alerte de crue). Ce type est l'évolution du batardeau classique à poutrelles ou à panneaux. Les éléments bois sont remplacés par des éléments en aluminium.

L'emprise au sol de ce système est très faible (0,35 m). La hauteur de protection peut dépasser les 2 m.

Ce système nécessite une surface au sol plane sur laquelle la poutrelle inférieure viendra en application. En cas d'inclinaison du sol supérieure à 1,5° (surface non horizontale), il est nécessaire de biseauter les profils des poutres.

1. Mise en œuvre

Partie fixe :

Les platines d'ancrages s'ancrent sur des massifs en béton (armé ou fibré).

Les glissières d'extrémité se fixent sur des murs support. Il existe plusieurs types de poses. (encastrée, en applique amont, en applique avale, en tableau, ...).

Les figures ci-dessous illustrent la partie fixe de ce dispositif.



Platines d'ancrage



Glissières (encastrées)

Figure 5-6 : Partie fixe d'une digue amovible avec ancrage

Les platines d'ancrages peuvent être remplacées par des douilles scellées au scellement chimique dans le sol mais ces douilles ne sont pas préconisées sur une surface sur laquelle des véhicules circulent (risque important de détérioration avec le passage des véhicules).

Partie amovible :

La partie amovible est constituée de poutres et poteaux à double glissière.

Les poutres horizontales sont insérées dans les glissières des poteaux dès que ces derniers sont boulonnés. La première poutre au sol garantit l'étanchéité grâce à son joint étanche en caoutchouc. Les poutres sont empilées les unes au-dessus des autres jusqu'à la hauteur recherchée. Des joints intercalaires sont mis en œuvre entre ces poutres pour assurer l'étanchéité.

Les poteaux sont posés sur les platines d'ancrage puis sont vissés au sol par l'intermédiaire des boulons. Il est possible d'installer des étaies obliques à l'arrière des poteaux afin de supporter des efforts plus importants. La hauteur des poteaux peut atteindre 1.5 à 2.0 m. Ils sont espacés dépendamment des platines d'ancrages, entre 2.5 m à 3.0 m.

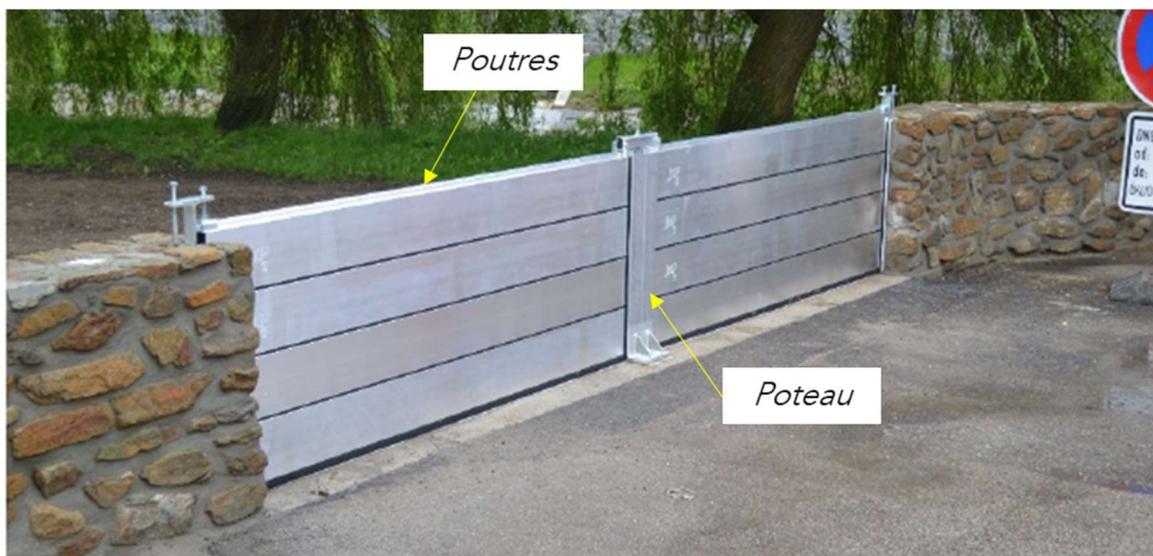


Figure 5-7 : Partie amovible d'une digue amovible avec ancrage

Une cale de serrage vient se placer en tête de glissière pour assurer l'étanchéité entre les poutres. La hauteur totale des poutrelles doit être inférieure à la hauteur de la glissière.

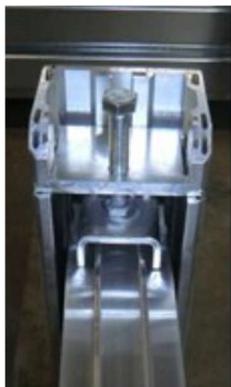


Figure 5-8 : Cale de serrage standard

Structure de fondation :

Ce système nécessite les éléments de fondation en génie civil suivants :

- massif béton sur lequel est ancré la platine d'ancrage ;
- poutre béton au sol assurant la planéité du support de la poutrelle métallique inférieure,
- murs aux extrémités sur lesquels sont fixés les glissières d'extrémité.

Ces éléments de génie civil impliquent des travaux de mise en œuvre avec ferraillage.

L'entreprise en charge des travaux devra dimensionner ces fondations superficielles d'une part vis-à-vis de la résistance interne (ferraillage) et d'autre part vis de la résistance externe (stabilité au basculement et glissement). Les caractéristiques des sols en place seront nécessaires réaliser ce dimensionnement.



Figure 5-9 : Fondation génie civil des poteaux intermédiaires

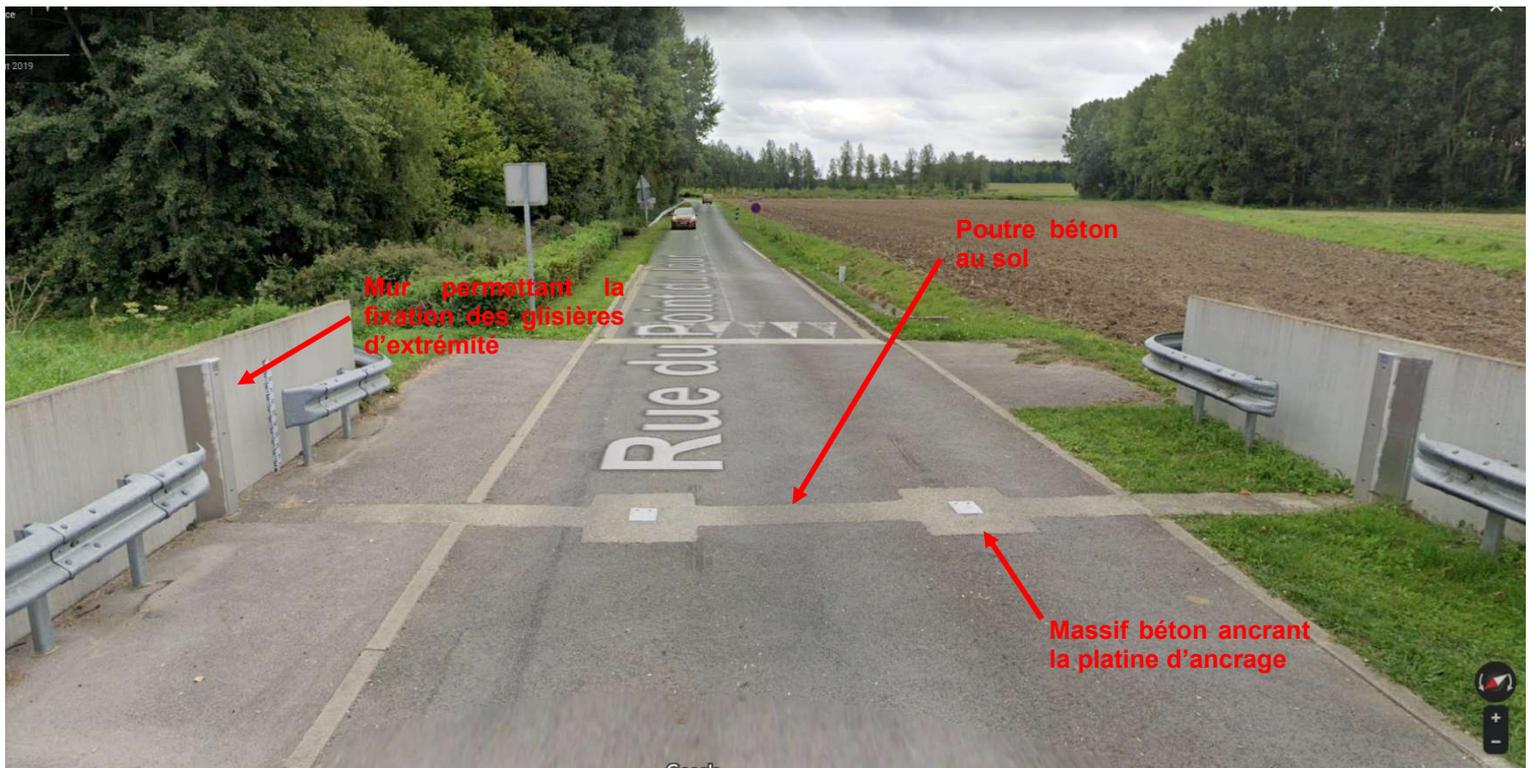


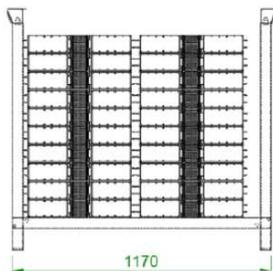
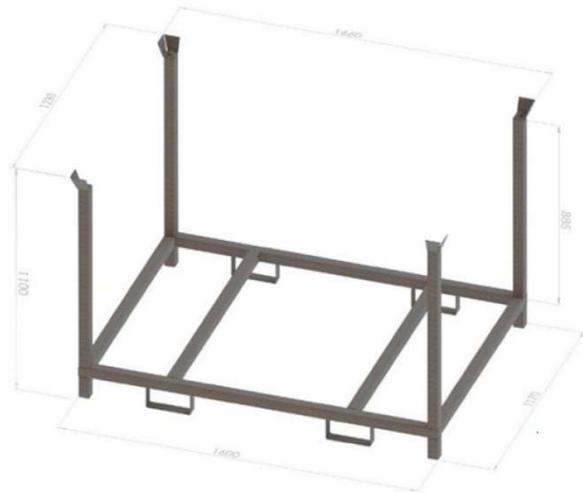
Figure 5-10 : Exemple de structure de fondation d'une digue avec ancrage mis en place rue du Point du Jour à Varesnes (GoogleStreet)

2. Maintenance et stockage

Les poutres, les poteaux, les cales et les joints de sol sont rincés à l'eau froide après utilisation.

Les poutres et poteaux sont stockés dans un lieu sec, limitant les risques de corrosion. Ces éléments sont rangés dans des racks rectangulaires nécessitant un volume de stockage d'environ 5 m³ pour 100 ml de digue. Le rack dans la figure ci-dessous est valable pour une configuration de 40 poutrelles de 3 m avec joints (≈ 120 ml de digue).

Avant stockage, les cales sont à sécher dans un local aéré tandis que les joints de sol, sont laissés à l'air libre pendant 3 - 4 semaines, avant leur rangement dans leur rack.



Rack de 40 poutrelles avec joints
 - 4 poutrelles horizontalement
 - 10 poutrelles verticalement

Poids d'un rack complet de 40 poutrelles de 3M avec joints = 680 Kg

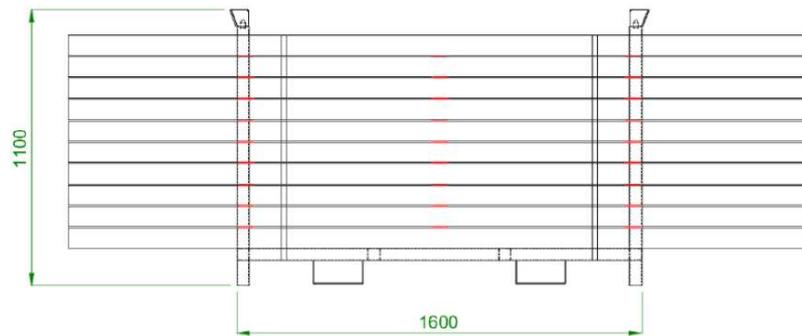


Figure 5-11 : Stockage de la digue avec ancrage

3. Entretien

Il est nécessaire d'effectuer un contrôle des joints intercalaires, des joints du sol et des éléments en aluminium une fois par an. Il est préconisé de changer les joints tous les 5 ans.

Le coût d'entretien de ce dispositif est considéré nul parce qu'il s'agit uniquement de contrôle.

4. Temps d'installation

La vitesse d'installation de ce dispositif est d'environ 12 ml/h pour deux agents sur une hauteur de 1 m.

5. Durée de vie du dispositif

Le dispositif a une durée de vie nominale de plus de 100 ans, notamment pour la présence d'ouvrages de génie civil à réaliser au préalable de l'installation.

5.5.3 Linéaire 1

a) Présentation du linéaire

Il s'agit de mettre en place un système amovible à l'entrée Ouest du parking. Lors de la réunion d'échange avec les services de l'Etat et Arcadis qui s'est tenue le 9 novembre 2022 au sujet des dispositifs amovibles, il a été convenu de protéger le linéaire de protection prolonger au-delà de l'arrêt de bus (jusqu'au coffret électrique) de manière à intégrer l'échancrure de l'accès piéton et se raccorder sur le terrain en place dont la cote s'élève à environ 5,30 m NGF.

Ce linéaire s'élève à 27 m de long et est représenté sur la vue en plan ci-dessous.

Sur ce linéaire, le terrain varie entre 4.87 m et 5.30 m NGF-IGN69. La topographie est relativement plane avec une pente relativement continue vers l'est qui ne présente pas d'irrégularités altimétriques. La pente globale est d'environ 1,667% (soit environ 0,955°).

Selon les résultats de l'EDD du système d'endiguement, les dispositifs amovibles doivent protéger le site contre une crue cinquantennale dont la cote d'eau au droit du site est de 5.00 m NGF-IGN69. Le niveau de protection du système d'endiguement est de 5.20 m NGF-IGN69 y compris la revanche de sécurité de 20 cm.

Le linéaire 1 doit donc couvrir l'entrée du parking et :

- soit se raccorder sur les extrémités existantes faisant partie du système d'endiguement dont les niveaux sont supérieurs à 5.20 m NGF-IGN69 ;
- soit rejoindre le terrain en place où les niveaux sont supérieurs à 5.20 m NGF-IGN69.

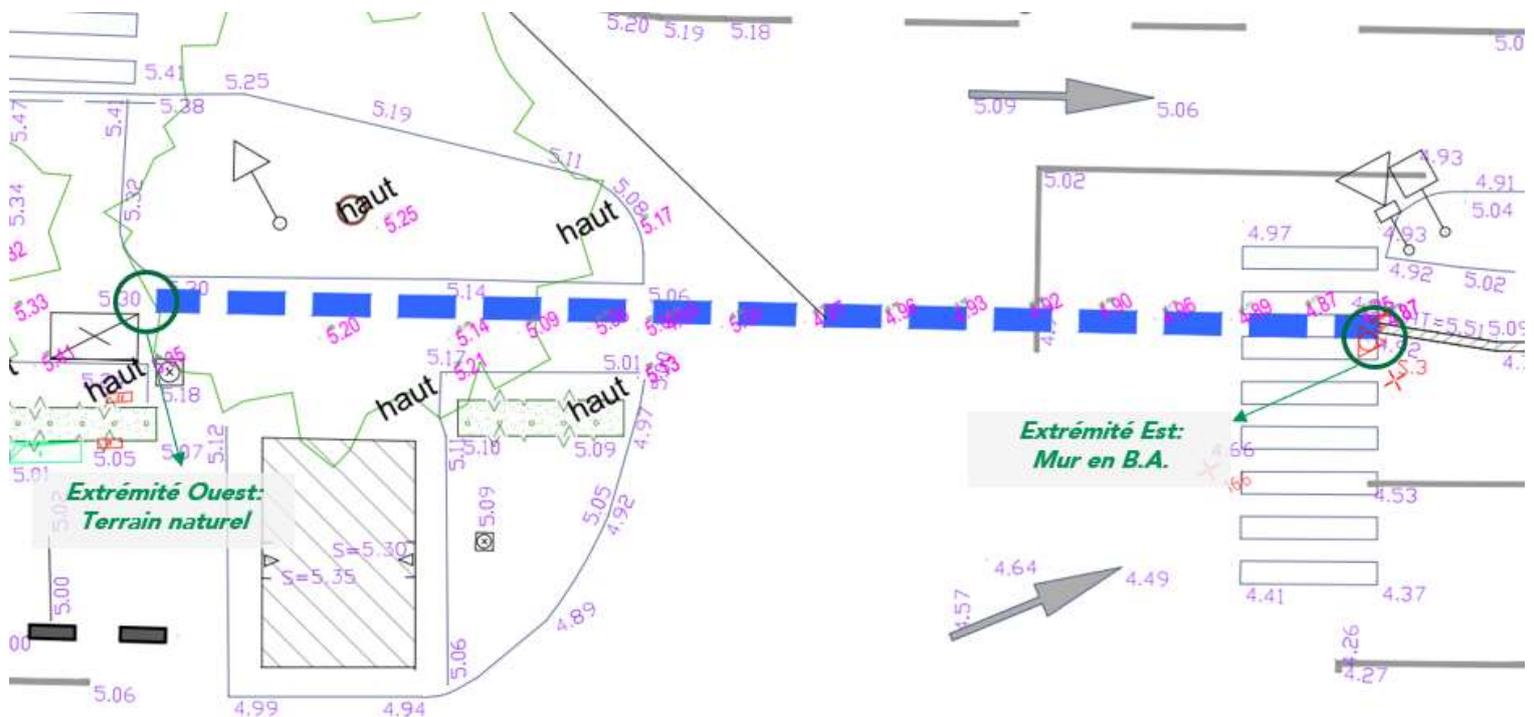


Figure 5-12 : Linéaire 1 – protection amovible – vue en plan

b) Conditions aux extrémités

Les ouvrages existants aux extrémités du linéaire sont les suivant :

- à l'Est, le système d'endiguement existant est constitué d'un mur en béton armé de 60 cm de hauteur et de 20 cm d'épaisseur. La crête du mur se situe à 5.51 m NGF-IGN69 selon les levés topographiques réalisés sur le site.
- à l'Ouest, l'extrémité est définie par le terrain naturel où les cotes se situent à 5.30 m NGF-IGN69.

Les extrémités sont illustrées dans la figure ci-dessous.



Figure 5-13 : Eléments existants aux extrémités du linéaire 1

c) Hauteur de dispositif amovible envisagée

La crête du dispositif amovible sera calée à 5.30 m NGF, soit une dizaine de centimètres de revanche au-delà de la cote de protection de 5.20 m NGF afin d'éviter le phénomène de surverse sur ces dispositifs.

La topographie du terrain permet de considérer une hauteur de dispositif de 40 cm à partir du mur jusqu'à la moitié du linéaire et de 20 cm sur le reste. Cependant de manière à disposer d'une hauteur de dispositif standard utilisable et interchangeable sur les 3 linéaires et sur n'importe quelle section des linéaires il est préconisé de ne considérer qu'une hauteur de dispositif de 40 cm.

Compte tenu de la pente du terrain sur le linéaire (environ $0,955^\circ$) il n'est pas nécessaire de disposer de profils de poutres biseautés.

d) Mise en œuvre du dispositif

La digue amovible avec ancrage sera réalisée de la façon suivante.

- Ancrage au mur à l'Est : une glissière métallique en U sera ancrée au mur béton armé pour la mise en place des poutres.

- Des massifs en béton armé de 50x50 cm, profondeur 1 m, (dimensionnement à confirmer par l'Entreprise dans le cadre de ses études d'exécution) seront réalisées tous les 3 m (longueur maximale de poutrelles) et serviront de réservation aux poteaux du dispositif.
- Une poutre en béton armé de 30 cm de largeur et de profondeur 50 cm, (dimensionnement à confirmer par l'Entreprise dans le cadre de ses études d'exécution) viendra relier ces massifs. De part et d'autre l'arrête de la poutre sera, si besoin est, chanfreinée afin d'assurer une parfaite continuité entre la chaussée et la poutre.
- Des poteaux à double glissière seront mis via des platines d'ancrages en temps de crue au droit des massifs en béton armé.
- Ancrage au TN à l'Ouest : Un massif en béton armé sera mis en œuvre à la clôture du linéaire où le TN est à 5.30 m NGF. Un poteau à glissière sera ancré au massif via une platine d'ancrage.
- Une attention est à réserver sur le franchissement du réseau télécom lors de la réalisation des fondations aux abords de l'extrémité est (cf. Figure 3-10 en page 46) dont la profondeur n'est pas connue.

5.5.4 Linéaire 2

a) Présentation du linéaire

Un linéaire sera mis en œuvre au niveau de l'entrée Est du parking (à 100 m à l'Est du premier linéaire). Ce linéaire s'élève à 15,5 m de long et est représenté sur la vue en plan ci-dessous.

Le terrain à l'entrée du parking varie entre 4.80 m et 5.00 m NGF. La topographie est plane d'une manière générale mais présente une inversion de pente sur 4,5 dernier ml côté est (point bas à 4,5 m de l'extrémité est).

En outre, un dénivelé de plusieurs centimètres est observé au droit de l'extrémité du mur côté Est. Il est nécessaire de combler cette différence altimétrique pour l'installation du dispositif qui sera rigide et ne tolère pas une irrégularité altimétrique marquée sur un faible linéaire.

Hormis sur la zone précitée, la pente globale est d'environ 1,905% (soit environ 1,091°) sur les 10,5 ml côté ouest et d'environ 3,556% (soit environ 2,036°) sur les 4,5 ml côté est

Le linéaire 2 protégera l'arrière de l'entrée du parking contre la crue cinquantennale. Il doit donc couvrir l'entrée du parking et se raccorder sur les extrémités existantes faisant partie du système d'endiguement dont les niveaux sont supérieurs à 5.20 m NGF-IGN69.

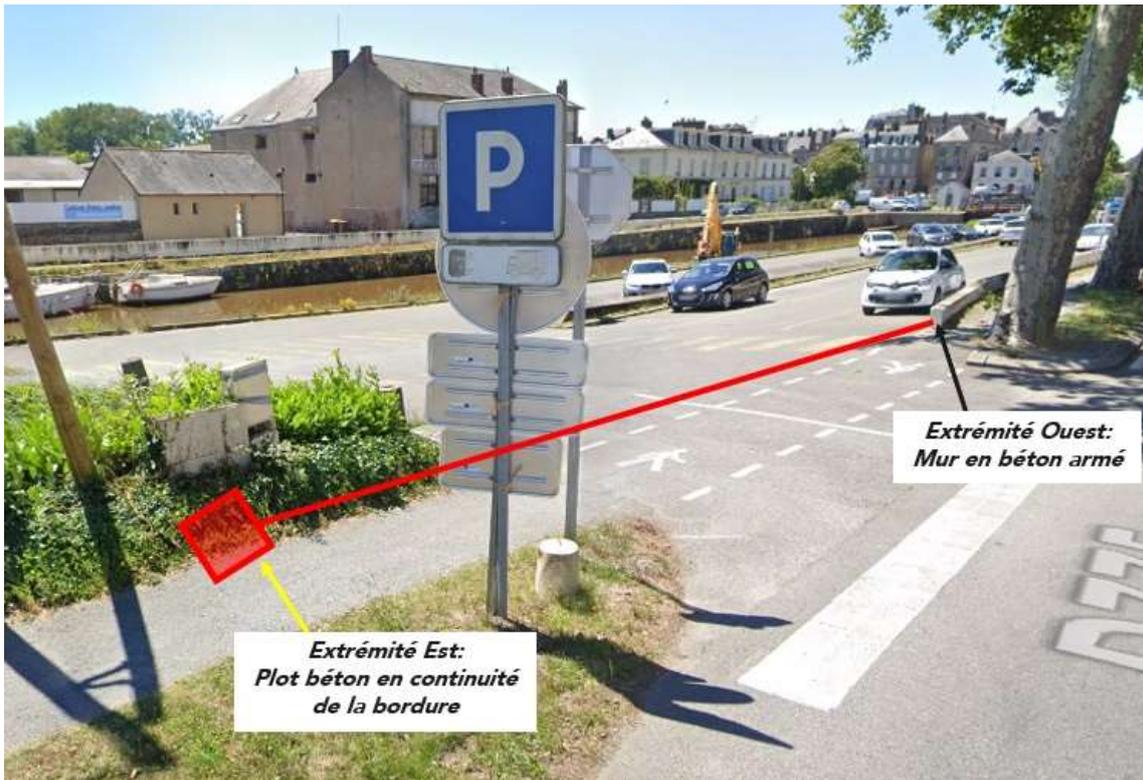


Figure 5-15 : Eléments existants aux extrémités du linéaire 2

Un plot en béton armé ancré dans le sol et en continuité avec la bordure du trottoir sera réalisé pour assurer l'étanchéité à l'extrémité. Dans ce cas, une glissière en U sera mise en œuvre dans le plot pour accueillir les poutrelles métalliques du batardeau (cf. figure ci-dessous).



Figure 5-16 : Plot en béton armé à créer - linéaire 2

c) Hauteur de dispositif amovible

La crête du dispositif amovible considérée sera calée à une cote légèrement supérieure à 5,20 m NGF, soit quelques centimètres de revanche au-delà de la cote de protection de 5,20 m NGF.

La hauteur du dispositif sera de 40 cm. Cette hauteur permettra de disposer d'un dispositif standard utilisable et interchangeable sur les 3 linéaires et sur n'importe quelle section des linéaires.

Compte tenu de la pente du terrain sur le linéaire (environ 1,091° sur les 10,5 ml côté ouest et environ 2,036° sur les 4,5 ml côté est), il sera nécessaire de disposer de profils de poutres biseautés sur les 4,5 ml côté est. Les poutres biseautées devront faire l'objet d'un marque signalétique spécifique afin de visualiser le sens de mise en œuvre (contrairement aux poutres standards qui peuvent se mettre dans les 2 sens les poutres biseautées ne peuvent se mettre que dans un sens).

d) Mise en œuvre du dispositif

La digue avec ancrage amovible sera réalisée comme suit :

- Ancrage au mur à l'Ouest : Une glissière sera ancrée au mur pour la mise en place des poutres (méthode de pose en réservation encastrée en U ou en applique).
- Des massifs en béton armé de 50x50 cm, profondeur 1 m, (dimensionnement à confirmer par l'Entreprise dans le cadre de ses études d'exécution) seront réalisés tous les 3 m (longueur maximale de poutrelles) et serviront de réservation aux poteaux du dispositif.
- Une poutre en béton armé de 30 cm de largeur et de profondeur 50 cm, (dimensionnement à confirmer par l'Entreprise dans le cadre de ses études d'exécution) viendra relier ces massifs. Le dénivelé de la chaussée sera lissé par la réalisation de cette poutre. De part et d'autre l'arrête de la poutre sera, si besoin est, chanfreinée afin d'assurer une parfaite continuité entre la chaussée et la poutre.
- Des poteaux à double glissière seront ancrés via des platines d'ancrages en temps de crue au droit des massifs en béton armé.
- Jonction à la bordure à l'Est : Un plot en béton armé sera mis en œuvre avec ancrage dans le sol et en continuité avec la bordure du trottoir pour assurer l'étanchéité à l'extrémité. Dans ce cas, une glissière en U sera réservée dans le plot pour accueillir les poutres métalliques du batardeau.
- Une attention est à réserver sur le franchissement du ou des réseau(x) BT lors de la réalisation des fondations (cf. Figure 3-11 en page 46) dont la(les) profondeur(s) n'est (ne sont) pas connue(s) et l'implantation incertaine.

5.5.5 Linéaire 3

a) Présentation du linéaire

Il s'agit de mettre en place un système amovible au droit de la RD775 au niveau de l'accès à la parcelle cadastrale BI 246 (occupée jusque début 2023 par le commerce "Duval Automobile"). Suite à une réunion sur site avec la commune de St Nicolas de Redon (le 6 décembre 2022), il a été retenu d'implanter le dispositif de protection en biais par rapport à la route en raison du fort courant du ruisseau en période de débordement.

Le linéaire de protection s'élève à 18 m de long et est représenté sur la vue en plan ci-après.

Un point bas à la cote ≈ 4.80 m NGF est observé au niveau du terre-plein enherbé (cf. figures ci-après). Cette différence de niveau ponctuelle sera reprise et lissée au droit du terre-plein.

Pour le reste la topographie au droit de ce linéaire varie entre 4.94 et 5.16 m NGF (cf. profil en travers sur la figure ci-dessous). Elle présente un point haut au centre de la route RD775 qui a un profil en toit.

La pente globale est d'environ 1,158% (soit environ $0,663^\circ$) sur les 9,5 ml de la bordure côté canal jusqu'au point haut de la route puis d'environ 2,588% (soit environ $1,483^\circ$) sur les 8,5 ml du point haut de la route jusqu'à la bordure de la voirie.

Le linéaire 3 doit donc couvrir la RD775, le terre-plein et le cheminement piéton associés et se raccorder à ses extrémités existantes aux éléments faisant partie du système d'endiguement dont les niveaux sont supérieurs à 5.20 m NGF-IGN69.



Figure 5-17 : Différence altimétrique ponctuelle au droit du terre-plein enherbé

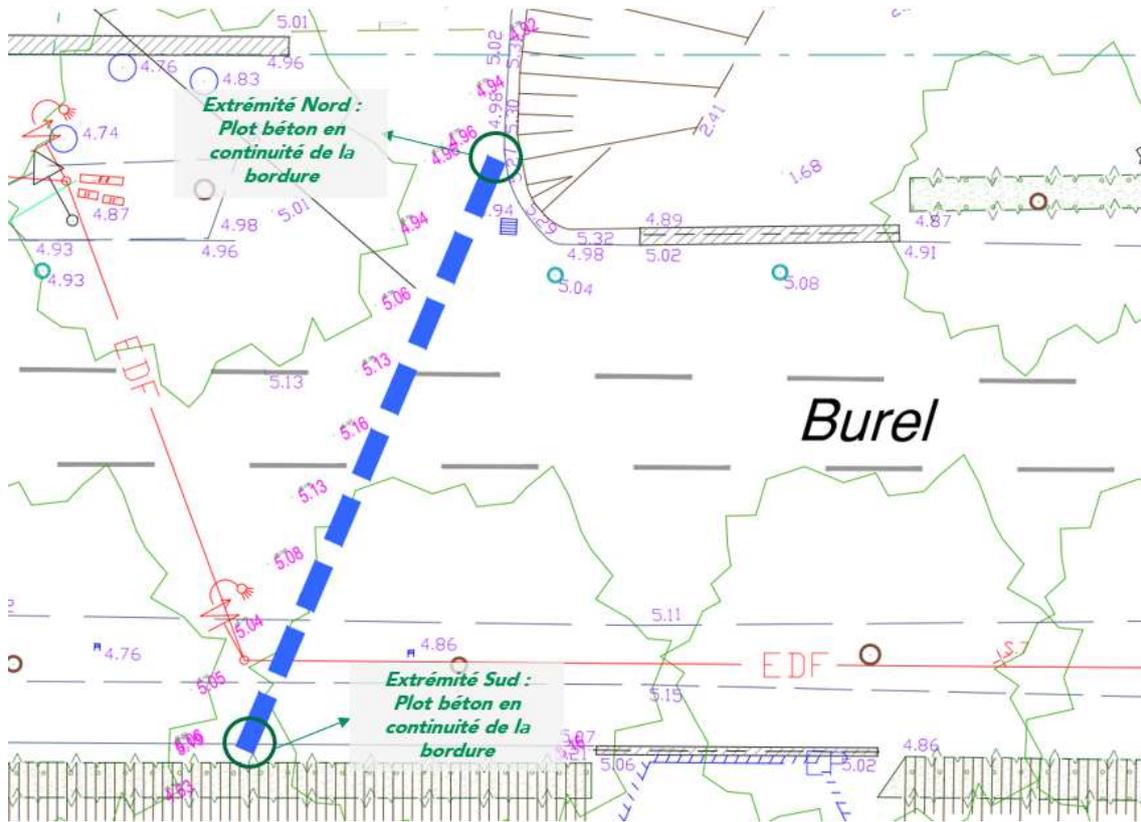


Figure 5-18 : Linéaire 3 – protection amovible – vue en plan

Profil en travers
RD775 tronçon
amovible n°3

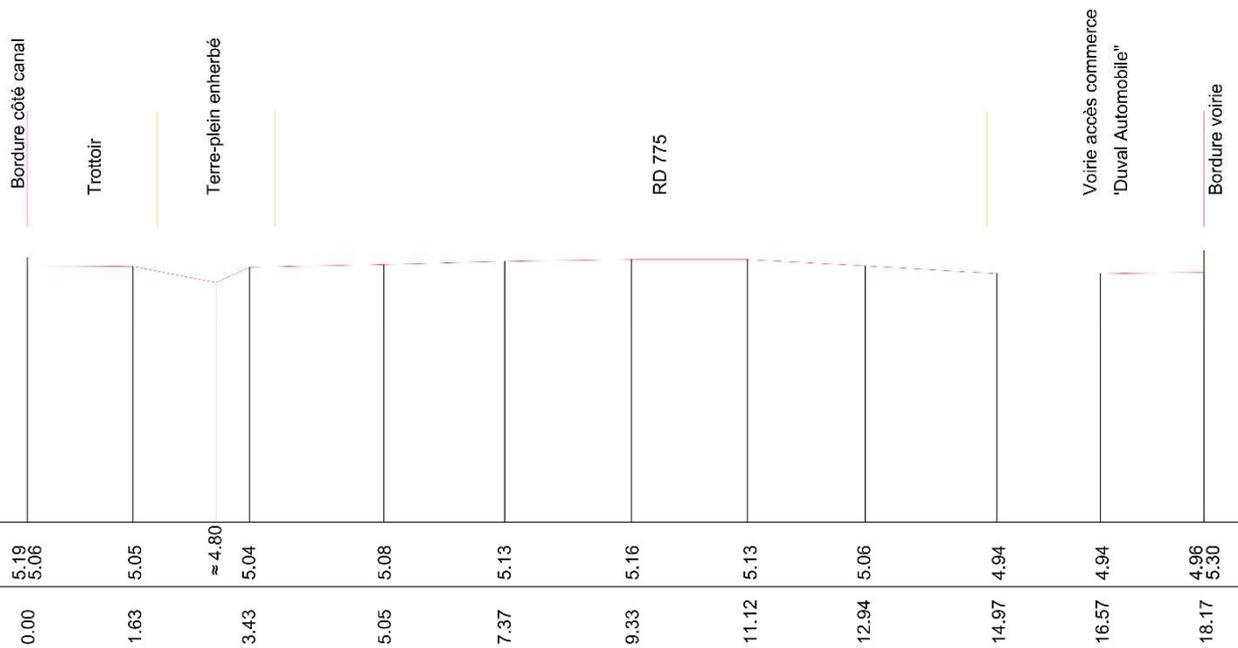


Figure 5-19 : Linéaire 3 – protection en travers

b) Conditions aux extrémités

Les éléments existants aux extrémités du linéaire 3 sont détaillés ci-dessous :

- Extrémité Nord : Le système d'endiguement existant est constitué de la bordure de voirie située à la cote de 5.30 m NGF.
- Extrémité Sud : La condition au sud est définie par la bordure en crête du talus du canal et se situant à la cote de 5.19 m NGF.

NB : Comme indiqué au paragraphe relatif au linéaire 2, sur le linéaire compris entre l'entrée Est du parking et le franchissement de l'affluent du canal de Nantes à Brest, les relevés topographiques complémentaires font état d'une bordure béton en crête de talus à une cote comprise entre 5,15 m NGF-IGN69 et 5,17 m NGF-IGN69. Soit une cote inférieure à la cote de protection retenue. **Ainsi la bordure béton sera à reprendre/rehausser pour assurer la continuité de la protection.** (hors de la présente mission)



Figure 5-20 : Eléments existants aux extrémités du linéaire 3

c) Hauteur de dispositif envisagée

La crête du dispositif amovible considérée sera calée à 5.30 m NGF soit une dizaine de centimètres de revanche au-delà de la cote de protection de 5.20 m NGF afin d'éviter le phénomène de surverse sur ces dispositifs.

La hauteur du dispositif pourra ainsi être de 40 cm sur les premiers 6 m depuis l'extrémité Nord et de 20 cm sur le reste du linéaire. Cependant de manière à disposer d'une hauteur de dispositif standard utilisable et interchangeable sur les 3 linéaires et sur n'importe quelle section des linéaires il est préconisé de ne considérer qu'une hauteur de dispositif de 40 cm.

Compte tenu de la pente du terrain sur le linéaire (environ $0,663^\circ$ sur les 9,5 ml de la bordure côté canal jusqu'au point haut de la route et environ $1,483^\circ$ sur les 8,5 ml du point haut de la route jusqu'à la bordure de la voirie), il sera nécessaire de disposer de profils de poutres biseautés sur les 8,5 ml du point haut de la route jusqu'à la bordure de la voirie. Les poutres biseautées devront faire l'objet d'un marque signalétique spécifique afin de visualiser le sens de mise en œuvre (contrairement aux poutres standards qui peuvent se mettre dans les 2 sens les poutres biseautées ne peuvent se mettre que dans un sens).

d) Mise en œuvre du dispositif

La digue avec ancrage sera réalisée comme suit :

- Jonction aux bordures Nord et Sud : Des plots en béton armé (50x50) cm seront mis en œuvre dans le sol et en continuité avec les bordures pour assurer l'étanchéité à l'extrémité. Deux glissières en U seront réservées dans les plots.
- Des massifs en béton armé de 50x50 cm, profondeur 1 m, (dimensionnement à confirmer par l'Entreprise dans le cadre de ses études d'exécution) seront réalisés tous les 3 m pour la fixation des poteaux par ancrage lors d'une crue.
- Une poutre en béton armé de 50 cm de largeur et de profondeur 50 cm, (dimensionnement à confirmer par l'Entreprise dans le cadre de ses études d'exécution) viendra relier ces massifs. Le dénivelé de 30 cm sera lissé par la réalisation de cette poutre. De part et d'autre l'arrête de la poutre sera, si besoin est, chanfreinée afin d'assurer une parfaite continuité entre la chaussée et la poutre.
- Une adaptation d'un avaloir d'eau pluviale implanté à proximité de l'extrémité nord est à prévoir.
- Une attention est à réserver sur le franchissement des différents réseaux (HTA, Télécom, Eaux Usées, AEP) lors de la réalisation des fondations (cf. Figure 3-12 en page 47) dont les profondeurs ne sont pas connues.
- Des poteaux à double glissière seront ancrés via des platines d'ancrages en temps de crue au droit des massifs en béton armé.

6. CONDITIONS PARTICULIERES D'EXECUTION

Le programme d'exécution tiendra compte des contraintes définies ci-après.

6.1 GENERALITES

Par le fait même de répondre à la consultation, l'entrepreneur reconnaît s'être personnellement rendu compte de la situation exacte des lieux et des circonstances spéciales d'exécution des travaux. De même l'entrepreneur reconnaît s'être parfaitement informé sur :

- les conditions d'accès au chantier et leurs conséquences sur l'exécution des travaux ;
- les contraintes hydrauliques de la Vilaine et ses conséquences sur l'exécution.

L'Entrepreneur assurera la sécurité du chantier et de ses installations vis-à-vis des tiers.

Les travaux devront être réalisés de façon à perturber le moins possible les habitations avoisinantes.

Les travaux devront être réalisés avec précaution, quel que soit le poste, afin de ne pas porter atteinte à l'intégrité des ouvrages en place. L'Entrepreneur devra dans son mémoire technique, dans ses procédures d'exécution et tout au long des travaux, justifier que les modes opératoires qu'il compte mettre en œuvre sont compatibles avec l'état des ouvrages existants.

Aucune modification au marché ne sera accordée en cas de méprise de la part des entreprises sur les contraintes du site ainsi que sur les règlements locaux.

6.2 DUREES DE VIE, DE SERVICE ET D'UTILISATION

Les durées de vie, de service et d'utilisation des ouvrages sont fixées à 50 ans.

6.3 CONTROLE TECHNIQUE

Il n'est pas prévu de contrôleur technique dans le cadre de cette opération.

6.4 COORDONNATEUR SPS

Un coordonnateur SPS sera mandaté dans le cadre de cette opération.

6.5 ACCES AU SITE

L'accès au site se fera dans les conditions présentées au §2.3.

6.6 ASTREINTE ET PROCEDURE DE REPLI

Une attention toute particulière devra être portée à la protection du chantier contre les risques d'inondation.

Pendant toute la durée du chantier, l'Entrepreneur devra se tenir informé des prévisions météorologiques au plus près du chantier.

Les débits et hauteurs d'eau (vigicrues.gouv.fr) des stations hydro de Guichen (le Boël) sur la Vilaine et de l'écluse du Guélin (St Gravé) sur l'Oust devront être relevés quotidiennement (via le site Vigicrues) en matinée et après-midi.

A la fin de la journée de travail, des dispositions générales devront être prises par l'Entrepreneur pour mettre les matériaux et matériels de chantier à l'abri des conséquences des inondations prévisibles.

L'Entrepreneur devra mettre en place un dispositif d'astreinte de manière à pouvoir intervenir en moins de 6 h sur l'ouvrage, 24 h/24 et 7 j/7 à la demande du Maître d'ouvrage, en cas d'alerte météorologique pouvant mettre en péril l'ouvrage, et ce durant toute la durée des travaux.

Les cotes d'alerte de déclenchement sont précisées dans le tableau suivant :

Cote d'alerte	Conséquences
Niveau d'eau de Vilaine en aval du pont de la RD775 = 3.70 m NGF	Poursuite de l'intervention à valider par le Maître d'œuvre
Niveau d'eau de Vilaine en aval du pont de la RD775 = 3.85 m NGF	Repli des engins côté Val Information des habitants et usagers du quartier digue sud, demande d'évacuer leurs véhicules
Niveau d'eau de Vilaine en aval du pont de la RD775 = 4.00 m NGF	Evacuation

Tableau 6-1 : Cotes d'alerte de déclenchement

Les éléments précités pourront être complétés par le Titulaire du marché dans le cadre de ses procédures au titre des études d'exécution.

Le Titulaire établira une procédure explicitant le protocole de gestion du risque de crue et la transmettra au Maître d'Ouvrage au moins 5 semaines avant le démarrage des travaux in-situ. Ce protocole précisera notamment les moyens de suivi du niveau des eaux, les cotes d'alerte et de déclenchement, la procédure de mise en sécurité des moyens humains et matériels ainsi que les moyens pour prévenir tout risque de pollution.

6.7 SECURITE ET POLICE

La sécurité du chantier est à la charge du Titulaire pendant toute sa durée.

L'accès au chantier sera interdit au public. L'Entrepreneur a à sa charge les fournitures, le montage et le démontage d'une clôture et des portails interdisant l'accès du public dans la zone des travaux et des installations de chantier. La clôture sera constituée d'un grillage de 2 m de hauteur au-dessus du terrain naturel du type « vite-clos » ou similaire.

En cas de vol ou de vandalisme, aucun dédommagement ne pourra être demandé de la part de l'Entrepreneur.

6.8 HYGIENE ET SECURITE

L'Entrepreneur est tenu d'assurer la sécurité et l'hygiène de son personnel et de prendre toutes les mesures d'ordre et de sûreté propres à prévenir tout accident. Les stipulations du C.C.A.G., du code du travail et des différentes réglementations en vigueur concernant la sécurité, l'hygiène et la santé des travailleurs sont applicables.

L'Entrepreneur prévoira toutes les mesures de prévention et de sauvetage correspondant aux travaux induisant un risque potentiel de noyade.

Toutes les personnes impliquées à quelque degré que ce soit dans le travail en espace confiné (puits, fosses, chambres de visite ou à vannes, galeries, regards, cuves, conduites, égouts, collecteurs visitables, rivière souterraine, ...) devra avoir reçu préalablement à leur prise de fonction, en sus des formations de base à la sécurité, une formation renforcée, spécifique aux risques rencontrés et disposer de la certification CATEC (Certificat d'aptitude au travail en espace confiné).

Le personnel de l'entreprise appliquera les consignes de sécurité. Le coordonnateur et les chefs d'équipe de l'entreprise seront responsables de leur application en permanence et devront rendre compte au Maître d'œuvre et au Maître d'ouvrage.

L'Entrepreneur devra établir un Plan Particulier de Sécurité et de Protection de la Santé pour les travaux stipulés dans le présent document. Il précisera l'ensemble des risques encourus par les intervenants sur le site et les tiers, et traitera des procédures et moyens mis en œuvre pour leur sécurité.

L'Entrepreneur assurera la signalisation adéquate du chantier et de ses accès. Toutes les précautions seront prises pour ne pas mettre en danger les usagers de toutes les voies et les riverains des zones de circulation. Une signalisation prévenant les usagers de l'entrée et de la sortie des camions sur les voies/rues d'accès au chantier sera mise en place.

L'Entrepreneur est entièrement responsable des accidents ou dommages causés aux tiers ou à son personnel par l'inobservation des mesures de sécurité ; à cet égard, il ne peut présenter aucun recours au sujet des conséquences éventuelles des accidents pouvant survenir, résultant d'une faute de la part de ses agents ou de ses sous-traitants dans l'exécution du travail ou de la façon d'appliquer les règlements en vigueur.

6.9 PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT

L'Entrepreneur prendra à sa charge les dispositions nécessaires pour la réduction des nuisances acoustiques et assurera une surveillance en continu des bruits dans le but de s'assurer que les niveaux atteints ne dépassent pas les niveaux limites.

Tous les déchets et les produits de démolition seront triés et évacués selon les filières de valorisation optimisée (bennes de collecte) ou en Installation de Stockage des Déchets appropriée et agréée.

L'Entrepreneur devra fournir au Maître d'œuvre les Bordereaux de Suivi des Déchets originaux remis par les centres de revalorisation et les Installations de Stockage des Déchets.

Afin de préserver la qualité de l'eau et des terres, l'Entrepreneur devra prendre toutes les dispositions nécessaires pour les protéger contre toute pollution due aux travaux. Pendant toute la durée du chantier aucun matériau ou produit ne devra tomber dans la Vilaine et l'intégrité des végétaux déjà présents sur le site devra être préservée.

Les produits toxiques seront stockés à l'abri des intempéries et à l'intérieur de bacs de rétention de capacité supérieure au volume de produits stockés.

Toutes les précautions seront prises vis-à-vis des engins de chantier, afin de prévenir toute fuite d'huiles ou d'hydrocarbures. En cas de pollution accidentelle par des hydrocarbures issue du chantier, l'Entrepreneur devra mettre en œuvre tous les moyens pour éviter la propagation des polluants et les recueillir pour les mettre en dépôt.

Les opérations d'entretien des engins sont interdites sur le site. Seules sont autorisées les opérations de dépannage ne nécessitant pas de démontage de pièces mécaniques ou de vidange d'huile (que ce soit de l'huile hydraulique ou de l'huile moteur).

Enfin, l'Entreprise devra respecter les consignes du service de la police des eaux (DDT).

En cas de pollution accidentelle de l'emprise du chantier, du cours d'eau ou des terrains situés à proximité, l'Entrepreneur supportera toutes les conséquences juridiques et financières de ses effets.

6.10 MESURES POUR EVITER LA DISPERSION DE LA RENOUÉE DU JAPON

Afin d'éviter la dispersion de la Renouée du Japon le Titulaire du marché de travaux devra :

- Procéder à un nettoyage scrupuleux des engins, du petit matériel et des équipements (bottes) avant, pendant et après le chantier :
 - Avant le démarrage de chantier, et avant d'entrer sur site, les engins doivent être nettoyés et débarrassés de toute contamination antérieure afin d'éviter l'importation de résidus de plantes exotiques envahissantes ou d'adventices (graine, rhizome, etc.). Le nettoyage permet de contrôler par la même occasion l'état général de l'engin. Nettoyage complet (carter des protection, filtre moteur, roues, chenilles, broyeur, débroussailleuse...), permettant l'élimination de tout matériaux (terre, poussières, végétaux...).
 - Pendant : si un engin ou un petit matériel sort des emprises contenant de la Renouée (après y avoir travaillé), il devra faire l'objet d'un nettoyage détaillé sur un emplacement bâché. Les résidus seront ramassés et exportés en centre de traitement approprié.
 - Après : tous les engins, le petit matériel et les équipements devront être nettoyés sur une aire bâchée avant toute sortie du site pour ne pas disséminer l'espèce sur un autre site. Aucun engin ne doit quitter le chantier pour circuler sur les voies publiques tant que son état de propreté comporte un risque de souillure des chaussées ou de dispersion de la Renouée du Japon.
- Soumettre dans le cadre de ses études d'exécution, des protocoles :
 - de nettoyage du matériel,
 - de stockage des éventuels débris de végétaux et des produits de déblais,
 - d'exportation des éventuels débris de végétaux et des produits de déblais vers la filière de traitement adapté.
- Utiliser un matériel dédié : il est demandé à l'Entreprise de ne pas changer de matériel en cours de chantier (sauf cas de force majeure, mais dans ce cas les engins entrants et sortants seront également nettoyés). Il en est de même pour les équipements du personnel (bottes et chaussures en particulier) qui devront rester sur les zones bâchées du chantier.
- Mettre en place un espace de stockage sur des zones bâchées à proximité de la base-vie pour éviter toute contamination du sol.

Les éléments précités pourront être complétés par le Titulaire du marché dans le cadre de ses procédures au titre des études d'exécution.

Le Titulaire établira une procédure explicitant les mesures prévues pour éviter la dispersion de la Renouée du Japon et la transmettra au Maître d'Ouvrage au moins 5 semaines avant le démarrage des travaux in-situ.

6.11 ORGANISATION DES TRAVAUX SUR LA RD775

Etant donné les contraintes de passage sur la RD775, et notamment le fait que le passage sur la voie ferrée, à l'est de l'avenue Jean Burel, est limité à 3,5 T ce qui implique que les fournisseurs et livreurs du centre commercial arrivent par l'ouest de l'avenue et transitent nécessairement au niveau de la zone d'implantation prévue pour le système amovible du

linéaire n°3, une fermeture de la route n'est pas envisageable (y compris en procédant à des travaux de nuit).

Les travaux sont à réaliser avec un régime d'alternat.

Un alternat avec des travaux de nuit semble plus pertinent vu le flux de véhicules.

Par ailleurs, en cas de déviation un arrêté de travaux sera à prendre par le Département (dans ce cas, un délai de 1 mois ½ est à envisager pour l'établissement de cet arrêté).

6.12 REUNION PREALABLE AVANT L'INTERVENTION DU TITULAIRE

Une réunion de préparation avant l'intervention du titulaire sera organisée avec les représentants de la Maîtrise d'Ouvrage, de la Maîtrise d'œuvre, de l'Entreprise et de ses éventuels co-traitants notamment pour :

- définir l'organisation générale du chantier,
- faire un point sur les aspects contractuels et techniques,
- échanger sur les modalités de réalisation des travaux,
- faire un point sur les documents et informations à fournir entre les différentes parties,
- présenter les règles liées à la protection du milieu naturel et les procédures à respecter en cas d'accident ou d'incident.

6.13 ETATS DES LIEUX ET REMISE EN ETAT

L'Entrepreneur doit la remise en état tel qu'avant son intervention des parties de l'ouvrage et de son environnement non directement concernés par les travaux.

Préalablement à son installation, l'Entrepreneur fera réaliser un état des lieux de la zone d'installations de chantier, des routes d'accès et de la zone aux abords par huissier. En fin de chantier, un état des lieux de sortie contradictoire est réalisé en présence des différentes parties (MOE, Entrepreneur, MOA, propriétaires, ...). En cas de désordres constatés, l'Entrepreneur doit la remise en état des biens endommagés.

L'état des lieux de l'existant portera au moins sur :

- les voies communales d'accès au chantier,
- les terrains mis à disposition par le Maître d'Ouvrage,
- les terrains privés : zone de travaux et d'accès au chantier pour le mur en gabions (tronçon n°9) ainsi que terrains du CD44 pour les tronçons 4 et 6,
- les arbres à protéger,
- les bâtiments et les ouvrages aux abords de la zone de travaux et d'installation de chantier.

Cet état des lieux comporte obligatoirement :

- une description des lieux mentionnant les divers ouvrages et précisant leur état. Toutes les dégradations préexistantes (épaufures, dégradations des revêtements de chaussée, zones enherbées dégradées, arbres endommagés...) sont localisées sur un plan et décrites qualitativement et quantitativement,
- un cahier de photographies montrant des vues générales du site et des ouvrages ainsi que des vues de détail des dégradations préexistantes. Les photographies comportent une légende et sont répertoriées avec leur orientation sur la vue en plan.

6.14 DECOUVERTE DE VESTIGES

Si des vestiges étaient mis à jour au cours des travaux l'Entreprise devra en avvertir immédiatement par écrit le Maître d'Œuvre qui en avertira le Maître d'Ouvrage.

6.15 EXECUTION DE TRAVAUX NON PREVUS

L'entrepreneur est tenu de signaler immédiatement au Maître d'Ouvrage, tous désordres et anomalies qui n'ayant pas été visés à la commande, peuvent être décelés avant un travail, une intervention ou en cours d'exécution.

Ainsi, les travaux complémentaires éventuels s'avérant nécessaires devront faire l'objet d'un accord du maître d'œuvre et seront rémunérés en plus-value après accord sur les prix unitaires. Les travaux seront rémunérés aux quantités réellement exécutées.

7. PROVENANCE, QUALITE ET PREPARATION DES MATERIAUX

7.1 DISPOSITION GENERALES

7.1.1 Provenances des matériaux – Conformité aux normes

Sont à la charge de l'Entreprise toutes les fournitures de matériaux décrites dans le présent Cahier des Clauses Techniques Particulières.

Les matériaux, produits, composants des ouvrages et fournitures devront satisfaire aux conditions fixées dans le C.C.T.G. et être conformes aux normes homologuées de l'AFNOR ainsi qu'aux règles et règlements français en vigueur à la date de base des conditions économiques du Marché.

En cas d'absence de normes, l'Entrepreneur proposera à l'agrément du Maître d'Œuvre, ses propres albums ou catalogues ainsi que les conditions et essais de contrôle ou, à défaut, ceux de ses fournisseurs.

Le fait pour le Maître d'Œuvre de n'avoir pas refusé une provenance ne diminue en rien la responsabilité de l'Entrepreneur quant à la qualité des matériaux qui doivent être incorporés aux ouvrages. Si, en cours des travaux, les matériaux cessent de présenter les qualités requises, l'Entrepreneur devra rechercher d'autres provenances, les dispositions des paragraphes précédents restant applicables.

7.1.2 Vérification quantitative des matériaux, produits et composants de construction

La détermination des quantités de matériaux, produits et composants de construction, est effectuée sur la base des plans d'exécution visés par le Maître d'œuvre ou de la mesure des quantités réellement exécutées lorsque les plans ne permettent pas cette détermination ou que les quantités réellement mises en œuvre sont inférieures à celle prévue dans les plans d'EXE.

Si au cours des études d'exécution, l'Entrepreneur constate des différences avec les quantités prévues au marché il devra en informer le Maître d'œuvre préalablement à la réalisation des tâches concernées. Dans le cas contraire il ne pourra lui être accordé de rémunération pour les quantités complémentaires.

Pour les matériaux, produits et composants de construction faisant l'objet de documents de transport, les indications de masse portées sur ceux-ci sont présumées exactes. Ces documents seront systématiquement fournis au Maître d'Œuvre pour toute utilisation éventuelle. Toutefois, le Maître d'Œuvre se réserve le droit de faire procéder pour chaque livraison à une vérification contradictoire en un lieu équipé en conséquence

7.1.3 Demande d'agrément

Les demandes d'agrément sont présentées au Maître d'Œuvre en temps utile et en règle générale pendant la période de préparation.

L'Entrepreneur devra soumettre à l'agrément du Maître d'Œuvre la nature, provenance, qualité de chaque matériau, produit et fourniture au moins 15 jours avant la date d'utilisation prévue au programme d'exécution des travaux.

L'agrément par le Maître d'œuvre des matériaux et produits est subordonné à la production de procès-verbaux d'essais, références, échantillons établissant complètement qu'ils satisfont aux spécifications et sont adaptés aux conditions auxquelles ils sont soumis.

Le Maître d'œuvre dispose de 15 jours pour donner ou refuser l'agrément.

7.1.4 Contrôles

Il appartient à l'Entrepreneur de réaliser à ses frais et en temps utile les contrôles nécessaires pour démontrer que la qualité et les caractéristiques des différents matériaux, composants ou équipements satisfont aux exigences du marché et à celles du Plan d'Assurance Qualité (P.A.Q.).

7.2 MATERIAUX POUR LA REALISATION DES TRONÇONS N°4, N°6 ET N°9A

7.2.1 Matériaux argileux

Les matériaux argileux devront répondre aux spécifications ci-après :

- matériaux argileux de type A3h
- teneur en matière organique <1%
- $25 < IP < 40$
- $D_{max} \leq 50 \text{ mm}$
- Tamisat à $80 \mu\text{m} > 35\%$
- $W = WOPN \pm 2 \text{ pts.}$
- $K < 10^{-7} \text{ m/s}$ (mesuré au perméamètre).
- caractéristiques géomécaniques : $\gamma_h = 18 \text{ kN/m}^3$; $c' = 20 \text{ kPa}$; $\phi' = 20$.

Dans le cas où l'entrepreneur propose des matériaux de caractéristiques différentes, il devra justifier sa proposition par une vérification de la stabilité des digues pour les différentes situations de charge.

7.2.2 Géotextile filtre

Le géotextile destiné à jouer le rôle de filtre vis-à-vis du risque de migration des matériaux sera de type non tissé et devra être conforme aux normes en vigueur (NF EN ISO 9863-1, NF EN ISO 9863-1, NF EN ISO 9864, NF EN ISO 10319, NF EN ISO 13433, NF EN ISO 11058, NF EN ISO 12956 NF EN ISO 12958, NF EN ISO 13562).

Il devra être certifié asqual et respecter les différentes caractéristiques ci-après :

- Ouverture de filtration : $50 \mu\text{m} < O_f < 100 \mu\text{m}$
- Perméabilité $> 10^{-2} \text{ m.s}^{-1}$.
- Résistance en traction $> 20,5 \text{ kN/m}$
- Masse surfacique : $> 250 \text{ g/m}^2$

7.2.3 Géotextile au droit du déversoir (tronçon n°4)

Le géotextile mis en œuvre au droit du déversoir sera de type non tissé et devra être conforme aux normes en vigueur (NF EN ISO 9863-1, NF EN ISO 9863-1, NF EN ISO 9864, NF EN ISO 10319, NF EN ISO 13433, NF EN ISO 11058, NF EN ISO 12956 NF EN ISO 12958, NF EN ISO 13562). Il devra en outre présenter des bonnes caractéristiques anti-poinçonnements.

Il devra être certifié asqual et respecter les différentes caractéristiques ci-après :

- Ouverture de filtration : $50 \mu\text{m} < \text{Of} < 100 \mu\text{m}$
- Perméabilité $> 10^{-2} \text{ m.s}^{-1}$.
- Résistance au poinçonnement CBR : $> 3.5 \text{ KN/m}$
- Résistance en traction $> 35 \text{ kN/m}$
- Masse surfacique : $> 600 \text{ g/m}^2$

7.2.4 Grillage anti-fouisseurs

Le grillage anti-fouisseur sera en acier galvanisé et présentera les caractéristiques suivantes :

- maille 6*8,
- diamètre du fil 2,2 mm .

7.2.5 Géo-natte en fibres de coco

Le géotextile biodégradable présentera les caractéristiques suivantes :

- treillis de coco tissé type « Sifor RZ 5, 740 g/m^2 , largeur $\geq 2,0 \text{ m}$ » ou similaire.

Ce géotextile sera fixé au sol au moyen d'agrafes métalliques de type :

- agrafes en fer à béton recourbées selon les profils types, longueur totale 90 cm (longueurs d'ancrage 60 cm et 20 cm), $\Phi 6 \text{ mm}$.

7.2.6 Matériau de transition sous matelas gabions

Le matériau de transition utilisé sous les matelas en gabion sera composé d'une grave naturelle concassé propre, d'une granulométrie continue, ayant les caractéristiques suivantes :

- granulométrie 20/40 mm ;
- coefficient Los Angeles inférieur à 30 ;
- granulats non gélifs.

Ces matériaux devront également répondre aux critères de la norme NF P 94-325-1.

7.2.7 Matelas gabions

Les matelas de gabion utilisés seront conformes aux exigences de la norme NF P 94-325-2 « Ouvrages en gabions en grillage métallique à maille hexagonale double torsion ».

Le grillage certifié NF Acier constitutif du gabion sera à mailles hexagonales double torsion de type 60 x 80 mm et de diamètre 2,2 mm en conformité à la norme NF EN 10223-3. Les grillages constitutifs des matelas de gabions ne pourront pas être fabriqués par soudure, les matelas métalliques constituées même partiellement de treillis soudé ou panneau électro soudé seront proscrites. Le fil métallique du grillage devra être revêtu de GALFAN (Alliage eutectique Zinc 95% Aluminium 5%) conformément à la norme NF EN 10244-2.

Les matelas gabions, conformes à la norme NF P 94 325-2, munis d'un double diaphragme tous les mètres auront une épaisseur de 0.30 m ($\pm 2 \%$), une largeur de 2.00 m ($\pm 3 \%$) et une longueur de 2.90 ($\pm 3 \%$).

Pour des applications en site aquatique ou en milieu agressif, le revêtement GALFAN du fil devra obligatoirement être plastifié sur une épaisseur de 0,5 mm. Une plastification d'épaisseur inférieure à 1mm sur le diamètre sera proscrite. Le revêtement plastifié devra être conforme aux normes NF EN 10245-1 à 5.

Les agrafes devront être en acier inoxydable (charge de rupture $\geq 170 \text{ kg/mm}^2$).

Les accessoires utilisés pour le montage et l'assemblage des matelas gabions (agrafes et tirants) devront être conformes aux exigences de la norme NF P 94-325-2. La ligature des matelas se fera obligatoirement à l'aide d'agrafes métalliques ayant un revêtement de même nature que les matelas de gabions. Les agrafes seront disposées à chaque maille (soit un espacement maximum de 8 cm) à l'aide de pinces spéciales ou d'outils pneumatiques et devront être refermées en recouvrement sur au moins la moitié de leur périmètre.

L'effort nécessaire à l'ouverture d'une agrafe qui a été préalablement fermée doit être au minimum de 2,7 kN, valeur qu'il convient de déterminer en suivant le protocole d'essai décrit en Annexe A de la norme NF P 94 325-2.

Les matelas de gabions devront être certifiées BBA (British Board of Agreement) et CE selon le Règlement des Produits de construction UE n°305/2011. Le grillage double torsion constitutif des structures gabions devra être certifié NF Acier.

Avant agrément et à la demande du maître d'œuvre, le fournisseur devra pouvoir justifier du certificat délivré par AFNOR certification aux fabricants de grillage.

Le fabricant devra également pouvoir fournir à la demande de l'entreprise tous les certificats nécessaires, délivrés par un organisme certificateur agréé et attestant du niveau de contrôle de l'assurance de la qualité au sein de la fabrication. Chaque fardeau livré sur le chantier disposera au moins d'un label d'identification avec le diamètre du fil, le type de revêtement, la maille, et la dimension du produit.

7.2.8 Cailloux et blocs de remplissage du matelas gabions

D'une manière générale, l'origine et la provenance des matériaux devra correspondre à la pierre locale tant dans ses coloris que dans sa morphologie. Elles devront être soumises préalablement à l'agrément du maître d'œuvre. Les matériaux non agréés par le maître d'œuvre, quelle que soit leur origine, ne pourront être utilisés sur le chantier.

Sauf spécifications contraires, pour le remplissage des cages de gabion et des matelas gabions conformément aux exigences des normes d'exécution des ouvrages gabions NF P 94-325-1 et NF P 94-325-2, il conviendra d'utiliser respectivement de préférence des cailloux de classe granulaire 90/180 mm et 80/125 mm conformes à la norme NF EN 13383-1.

La qualité des cailloux utilisés devra répondre au moins aux critères fixés dans la norme NF P 94-325-1 ; de préférence les cailloux seront issus de roches sédimentaires carbonatées, siliceuses ou de roches magmatiques et métamorphiques, dures à moyennement dures. Ce matériau devra être propre, avoir une forme homogène dans ses trois dimensions et être constitué de matériaux roulés ou concassés. Les cailloux de petites dimensions susceptibles de passer à travers la maille ne pourront pas être utilisés pour le remplissage des cages de gabion et de matelas gabion dans la zone du parement extérieur de l'ouvrage.

Le matériau de remplissage présentera les caractéristiques minimales suivantes :

Nature de la roche		Dureté	Critères retenus
Roches sédimentaires carbonatées	Calcaires rocheux divers : calcaires rossiers, tufs, avertins, ...	dure	MDE ≤ 45
		dureté moyenne	MDE > 45 et $\rho_d > 1,8$
Roches sédimentaires siliceuses	Grès, poudingues, brèches	dure	LA ≤ 45 et MDE ≤ 45
		dureté moyenne	LA > 45 ou MDE > 45 et FR ≤ 7
Roches magmatiques et métamorphiques	Granite, basalte, gneiss, schistes métamorphiques, ..	dure	LA ≤ 45 et MDE ≤ 45
		dureté moyenne	LA > 45 ou MDE > 45 et FR ≤ 7
MDE : coefficient micro Deval en présence d'eau (norme NF EN 1097-1) LA : coefficient Los Angeles (norme NF EN 1097-2) ρ_d : masse volumique (norme NF EN 13383-2) en t/m ³ FR : coefficient de fragmentabilité (norme NF EN 1097-2)			

Figure 7-1 : Caractéristiques matériaux remplissage gabions

Avant agrément et à la demande du maître d'œuvre, le fournisseur devra justifier des résistances du matériau de remplissage au gel/dégel suivant la norme NF EN 13383-2 ainsi qu'à la fragmentation suivant la norme NF EN 1926.

7.2.9 Géomembrane

La géomembrane étanche sera choisie pour résister à l'ensemble des sollicitations mécaniques lors de la pose et après réalisation de l'ouvrage.

La géomembrane sera de synthèse et de type PEHD et composées par superposition et assemblage de plusieurs composants qui apporteront :

- la protection contre le poinçonnement,
- la protection contre l'agressivité chimique,
- l'amélioration du coefficient de frottement.

Elle sera fournie en rouleaux de grande largeur afin de limiter les opérations de collage, présentant toutes une étiquette précisant la marque, l'épaisseur, la date et le lot de fabrication. Lors de leur stockage, les rouleaux devront être protégés de la pluie et de la lumière. Ils ne seront déroulés qu'immédiatement avant leur utilisation.

Elles seront certifiées par l'Asqual et respecteront les caractéristiques suivantes :

- Densité (g/cm³) > 0.94 (norme UNE-EN ISO 1183)
- Perméabilité hydraulique (m³/m².jour) : < 10⁻⁶ (norme UNE -EN 14150) ;
- Epaisseur fonctionnelle : mini 1 mm, tolérance 0% (norme UNE -EN 1849-2) ;
- Largeur de fabrication : mini 5.0 m, tolérance 0,05 m (norme NF EN 1848) ;
- Poinçonnement statique > 5.0 KN (norme EN-ISO 12236)
- Résistance à la rupture > 30 MPa (norme UNE EN ISO 527-3)

7.3 MATERIAUX POUR LA REALISATION DES TRONÇONS AMOVIBLES

7.3.1 Bétons

a) Généralités

Les désignations, classe d'environnement, classe de résistance, dosage en liant, destinations, résistances en compression et caractéristiques complémentaires exigées, utilisés pour les différents bétons dans la suite du présent CCTP seront conformes à la norme NF 206/CN.

Les mortiers sont titulaires de la marque NF-Produits spéciaux aux constructions en béton hydraulique au titre de scellement ou de calage et sont conformes à la norme NF 18-821.

b) Provenance

Les bétons proviendront soit d'une centrale à béton prêts à l'emploi, soit d'une usine de préfabrication, certifiées par la marque NF BPE et répondront aux conditions imposées par la norme NF EN 206/CN.

La fourniture de béton prêt à l'emploi devra pendant toute la durée du chantier être assurée par la même centrale. Si, pour des raisons de force majeure, une deuxième centrale devait être utilisée, celle-ci devra pouvoir fournir des bétons de composition identique à celle de la centrale principale (poids, nature et origine des constituants des bétons) et devra satisfaire aux conditions de transports des bétons définies ci-après.

L'Entrepreneur remettra au Maître d'œuvre les documents de suivi de la fabrication.

c) Transport

En complément de l'article 8.3.1.3 du fascicule 65 du CCTG, il est spécifié que :

La durée du transport du béton ne devra pas être supérieure à 1 h 00 et la durée totale entre la fin de sa fabrication et sa mise en place (transport + mise en œuvre) ne doit pas excéder 1h30. Au-delà de ce délai toute mise en œuvre du béton est proscrite.

Afin de permettre la vérification de ce délai, le conducteur du véhicule doit, à son arrivée au chantier, remettre au responsable du chantier ou à son représentant, un ticket de livraison horodaté délivré par le responsable de la fabrication du béton, qui devra garder un double. Toute livraison dépassant le délai fixé ci-dessus devra être rebutée d'office.

Il ne sera employé aucun procédé de transport susceptible de produire une ségrégation des constituants du béton, un commencement de prise avant mise en œuvre, une altération des qualités du béton par les conditions atmosphériques.

Le transport des bétons est normalement effectué dans des camions toupies équipés d'un tambour à deux vitesses, l'une pour l'agitation, l'autre pour le malaxage.

Aucun ajout d'eau ou autres ingrédients ne peut intervenir, sur le chantier, sans l'accord exprès du producteur de béton. Les camions devront circuler avec un réservoir d'eau vide.

d) Formulation des bétons

Les proportions exactes des différents constituants et la granulométrie des granulats sont déterminées par l'entrepreneur conformément aux prescriptions du fascicule 65 du C.C.T.G.

On doit obtenir une compacité optimale et une maniabilité suffisante compatible avec la définition des bétons du présent C.C.T.P.

Le dossier d'étude des bétons est présenté à l'accord du maître d'œuvre au moins dix (10) jours avant tout commencement de fabrication des bétons correspondants. Le maître d'œuvre dispose d'un délai de huit (8) jours pour les agréer ou formuler ses observations

Les bétons devront satisfaire aux classes d'exposition suivantes :

	Classe d'exposition				
	Corrosion par carbonatation	Attaques Gel/dégel	Corrosion par les chlorures d'origine marine	Corrosion par les chlorures autres que d'origine marine	Attaque chimique
Béton de propreté	X0				
Béton armé de structure	XC4	XF2	sans objet	XD3	XA1

L'ensemble des superstructures sera réalisé en béton dont les caractéristiques seront, par référence à la norme NF EN 206+A1 les suivantes :

	Classe de résistance à la compression	Classe de chlorure	D _{max} des granulats	Nature et dosage du ciment	Classe de consistance
Béton de propreté	C20/25	1,0	20 mm	CEM I PMES 32,5 280 kg/m ³	S2
Béton armé de structure	C35/45	0,4	20 mm	CEM III PMES 42,5 350 kg/m ³	S2

e) Fibres pour béton

Des fibres métalliques ou synthétiques peuvent être ajoutées au béton afin de limiter les effets du retrait et/ou de remplacer les armatures de type treillis soudé jusqu'à ST 35 ou 40.

Les fibres métalliques, qu'elles soient en acier ou en fonte amorphe, doivent être conformes à la norme NF EN 14889-1.

Les fibres synthétiques doivent être conformes à la norme NF EN 14889-2.

Leur utilisation et leur dosage sont validés lors des essais de convenance

f) Eléments préfabriqués

La fabrication, la manutention, le stockage, la mise en œuvre et les contrôles seront conformes aux prescriptions des articles 9.1 à 9.7 du fascicule 65 du C.C.T.G..

g) Mortier de calage et de scellement des équipements

Les produits divers de ragréage, calage et scellement susceptibles d'être utilisés sur le chantier seront conformes aux réglementations spécifiques en vigueur et seront obligatoirement admis à la marque NF.

Les mortiers de résines pourront être utilisés pour les calages et scellements de pièces métalliques et pour certaines fixations (profilés métalliques dans les rainures à batardeaux, etc. ...).

h) Constituants des bétons

Les constituants des bétons utilisés dans la construction de l'ouvrage doivent respecter les exigences définies dans la norme NF EN 13670/CN.

Ciment

La fourniture des ciments fait partie de l'entreprise. Ceux-ci devront être conformes aux normes européenne NF EN 197-1, NF P15-314, NF P 15-317 et NF P 15-319.

Le P.A.Q. rappelle la catégorie, la classe, la sous-classe et la provenance des ciments en fonction des parties d'ouvrage, des qualités de parement et des spécialités liées à l'exécution des travaux (temps froid, décintrage, ...).

Granulats

Les granulats destinés à la confection des bétons devront répondre aux prescriptions du fascicule 65 du CCTG. Ils seront d'origine naturelle et seront conformes aux spécifications des normes NF EN 12620+A1, NF EN 12620/IN1 et NF P 18-545.

Pour chaque formule de béton, la dimension nominale supérieure du plus gros granulats est proposée et justifiée par le titulaire dans son Plan Qualité. Dans tous les cas, elle est limitée à 25 mm et doit être adaptée à la dimension et à la densité du ferrailage des pièces à bétonner.

Les granulats destinés à la confection des bétons doivent être non gélifs, propres et ne contenir ni débris animaux ni végétaux.

La provenance des matériaux indiquée dans le P.A.Q. de l'usine de béton prêt à l'emploi choisie par l'Entreprise est obligatoirement accompagnée :

- de la courbe granulométrique des agrégats,
- des fuseaux de production. Ces fuseaux sont établis pour chaque catégorie d'agrégats sur un contrôle statistique à la production d'une durée au moins égale à trois (3) mois. Ils font apparaître les limites de contrôle et de surveillance

Sable pour mortiers bétons

Le sable pour béton devra satisfaire aux normes NF EN 12620+A1 et NF EN 12620/IN1.

Nature

Le sable pour béton sera du sable de carrière 0/1 mm.

Il devra contenir au moins 75 % de silice.

Propreté

Le granulats fin devra avoir un équivalent de sable supérieur à 90 (quatre-vingt-dix).

Stockage

Tous les sables seront stockés dans les conditions fixées suivant les prescriptions du fascicule 65 du C.C.T.G. L'Entrepreneur ne pourra utiliser que les sables approvisionnés depuis au moins deux jours.

Eau de gâchage pour mortiers et bétons

L'eau de gâchage pour bétons devra avoir les qualités physiques et chimiques fixées à la norme NF EN 1008. La température de l'eau ne devra pas dépasser 30°C, son PH devra être compris

entre 5 et 9 et la concentration globale en sulfates ne devra en aucun cas être supérieure à 0,3 g/l.

Adjuvants

Les adjuvants éventuellement proposés par l'Entrepreneur pour la confection des bétons devront répondre aux normes NF EN 934-2+A1 et NF EN 934-2/IN1.

La compatibilité des différents adjuvants entre eux ainsi qu'avec les liants et additions doit être vérifiée.

L'incorporation en usine de tout adjuvant dans les liants est interdite.

L'Entrepreneur devra présenter les certificats d'origine des produits et la date limite au-delà de laquelle ils devront être mis au rebut.

Les adjuvants seront garantis exempts de chlore.

Produits de cure

L'emploi de produits de cure pour béton est soumis aux stipulations de l'article 8.5 du fascicule 65 du CCTG.

Dans le cas de l'emploi d'un produit temporairement imperméable, ce produit doit figurer sur la liste ministérielle d'agrément.

Ces produits de cure seront proposés par l'Entrepreneur à l'Agrément du Maître d'œuvre au moment de l'étude des bétons.

Dispositions liées aux risques liés à l'alcali-réaction

L'Entrepreneur devra mettre en œuvre les recommandations destinées à prévenir l'alcali-réaction des bétons données dans l'article 5.2.3.4 de la norme NF EN 206-1/CN et dans le fascicule de documentation FD P 18-464.

Pour la prévention des désordres dus à l'alcali-réaction, les travaux sont menés avec un niveau de prévention B.

Niveau de prévention des risques liés à la réaction sulfatique interne

Le titulaire devra mettre en œuvre les recommandations destinées à prévenir la réaction sulfatique interne des bétons données dans le document intitulé "Recommandations pour la prévention des désordres dus à la réaction sulfatique interne" édité par le LCPC en août 2007.

i) Assurance de la qualité pour les bétons

Il est rappelé que l'assurance de la qualité pour les bétons doit être conforme aux prescriptions du fascicule 65 du C.C.T.G.

Epreuve de convenue

Les épreuves de convenue des bétons seront à la charge de l'Entrepreneur et devront être menées en temps utile pour pouvoir obtenir l'approbation du Maître d'œuvre et ne pas retarder la production, quels que soient leurs résultats.

Tous les bétons de résistance caractéristique supérieure ou égale à 25 MPa sont soumis aux épreuves de convenue. Les épreuves de convenue seront effectuées conformément au fascicule 65 du C.C.T.G..

Pour chaque béton comportant une formule « été » et une formule « hiver », une épreuve de convenue est réalisée avant le début des travaux sur la première formule utilisée, puis une seconde épreuve avant l'utilisation de l'autre formule.

Epreuve de contrôle

Les épreuves de contrôle seront effectuées conformément au fascicule 65 du C.C.T.G..

Tous les bétons de résistance caractéristique supérieure ou égale à 25 MPa seront soumis à l'épreuve de contrôle.

Les épreuves de contrôle sont effectuées à la charge et aux frais de l'Entrepreneur à qui incombent les obligations suivantes :

- Fourniture du béton,
- Fourniture des moules,
- Réalisation des mesures et des prélèvements (confection des éprouvettes),
- Conservation des éprouvettes,
- Transport de l'éprouvette au laboratoire agréé.

Chaque confection d'une série d'éprouvettes sera accompagnée d'une mesure de la consistance du béton (cône d'Abrams 10 x 20 x 30 cm).

Les éprouvettes pour un essai de traction de flexion circulaire auront une section de cent centimètres carrés (100 cm²) et une longueur de quarante centimètres (40 cm). Les éprouvettes de traction pourront être aussi des cylindres identiques aux éprouvettes de compression. Elles seront alors approuvées par fendage.

Le laboratoire, agréé par le maître d'œuvre, qui assurera la conservation des éprouvettes effectuera les tests d'écrasement à 2, 7 et 28 jours. Les résultats seront aussitôt communiqués.

D'une manière générale, trois prélèvements par ouvrage ou partie d'ouvrage faisant l'objet s'un nouveau bétonnage seront effectués.

Pour chaque prélèvement, l'entrepreneur confectionnera sept éprouvettes (2 séries de : deux éprouvettes pour test à 2, 7 jours et trois éprouvettes pour tests à 28 jours).

Les éprouvettes seront stockées à une température comprise entre 18°C et 22°C pendant un délai compris entre 23 et 25 heures après confection.

Interprétation des essais

Si un lot est reconnu non conforme, ce lot pourra faire l'objet d'investigations complémentaires portant notamment sur des carottes prélevées dans le béton des parties d'ouvrage, et sur des essais non destructifs sur lesdites parties d'ouvrage. La décision d'acceptation ou de refus du lot pourra alors être prise au vu de l'ensemble des informations recueillies.

j) Coffrage

Les éléments de coffrage, de blindages, d'échafaudages et supports sont choisis par l'entrepreneur dans le cadre des prescriptions des normes NF B 52-001-1 et NF B 52-001-2 et dans les catégories correspondant aux contraintes calculées.

La qualité des matériaux et matériels devra satisfaire aux stipulations du fascicule 65 du CCTG.

Les éléments de coffrage seront neufs. Ils seront étanches, indéformables et devront permettre d'obtenir un aspect de surface lisse sans ragréage ultérieur.

L'assurance de la qualité pour les coffrages est définie dans le fascicule 65. L'Entrepreneur devra proposer au Maître d'œuvre un Plan d'Assurance de la Qualité conforme aux prescriptions de cet article

k) Acier pour béton armé

Les aciers pour béton armé seront conformes aux spécifications de l'article 6 du Fascicule 65 du CCTG, et devront satisfaire aux normes françaises et européennes en vigueur. Toutes les armatures doivent provenir de fournisseurs porteurs de la marque NF Aciers pour béton armé accordée par l'AFCAB.

L'Entrepreneur doit tenir à disposition du Maître d'Œuvre, sur le chantier, dès approvisionnement des armatures lisses et armatures à haute adhérence, les fiches d'identification.

Les armatures mises en place ne doivent pas présenter de blessures telles que criques ou fissures. Le redressage des barres qui auraient du être livrées droites mais qui auraient été ployées par la suite est interdit.

Il est interdit d'utiliser dans un même ouvrage sans l'accord du Maître d'œuvre :

- des ronds lisses de même diamètre et de nuances différentes,
- des armatures à haute adhérence ou des treillis soudés de nuances différentes.

Treillis soudés

Les treillis soudés doivent être soumis à l'agrément du Maître d'œuvre et conformes à la norme NF A35-080-2. Leur acceptation est subordonnée à la vérification de la conformité aux dessins d'exécution des ouvrages ayant été visés par le maître d'œuvre.

Ces aciers ne sont utilisés uniquement que comme ferrailage d'ouvrages annexes.

Armatures passives – ronds lisses

Les armatures rondes, lisses et non soudées sont exclusivement de la nuance Fe E 235.

Un bordereau de livraison de ces armatures vérifie leur origine et leur nuance et permet d'en vérifier la conformité.

Ces aciers sont utilisés pour constituer des armatures secondaires ne contribuant pas directement à la résistance mécanique des ouvrages comme :

- armatures de frettage
- barre de montage
- armatures en attente, conformément à l'article 6.5.5 du fascicule 65 du CCTG, de diamètre inférieur ou égal à dix (10) millimètres si elles sont exposées à un pliage suivi d'un dépliage.

Elles ne sont toutefois utilisées que pour constituer des armatures secondaires ne contribuant pas directement à la résistance mécanique des ouvrages

Armatures à haute adhérence

Toutes les armatures seront en acier soudable.

Sauf dérogation du Maître d'Œuvre, il ne sera utilisé sur le chantier qu'une marque d'acier, et une nuance de Fe E 500 B. Toutefois, sous réserve de respecter les clauses du CCTP et d'une formule de béton appropriée, l'Entrepreneur pourra soumettre au Maître d'Œuvre pour certaines parties d'ouvrage des armatures de nuance supérieure. Dans ce cas, des essais de traction seront réalisés afin de contrôler l'adhérence de ces aciers dans le béton.

Les armatures en barres sont approvisionnées en longueur telles que les armatures filantes ne comportent pas plus de tronçons que si elles étaient constituées d'éléments de 12 m unitaires pour les diamètres jusqu'à 20 mm et d'éléments de 16 m unitaires pour les diamètres supérieurs.

Connecteurs

Les connecteurs sont en acier dont la qualité de soudabilité est compatible avec celle de la structure métallique sur laquelle ils sont soudés.

Accessoires

Les accessoires tels que supports, ancrages, écarteurs, étriers, ligatures, chaises et tous autres dispositifs requis pour assurer une mise en place et un positionnement corrects des armatures seront en acier, à l'exception des cales qui seront posées pour assurer l'enrobage et qui seront en contact avec le béton de propreté et le coffrage.

Les cales devront être en béton ou en mortier. A moins qu'elles ne soient parfaitement stables en raison de leur forme, les cales devront être munies de dispositifs de fixation aux armatures.

Les cales seront de dimensions suffisantes pour assurer leur stabilité et être de qualité équivalente à celle du béton. Elles auront la forme d'un tronc de pyramide de côté minimal 50 mm et seront posées avec l'extrémité large tournée vers l'armature

Conditionnement, transport, manutention et stockage

Conformes aux prescriptions des articles 6.2.2 et 6.2.3 du fascicule 65 du C.C.T.G..

Les armatures seront stockées sur une aire propre et telle qu'elles soient soustraites au contact du sol et de l'humidité. Elles seront classées par catégories, types, nuances et diamètres. L'acceptation des armatures sera subordonnée à la vérification des marquages prévus par la fiche d'identification annexée à la décision d'agrément.

7.3.2 Eléments métalliques

a) Eléments amovibles (poutres et poteaux)

Les éléments amovibles (poutres et poteaux) sont en aluminium de classe 6005 AT5 qualité marine.

b) Eléments fixes (platines d'ancrage)

Les éléments fixes (platines d'ancrage) sont en acier inoxydable X30Cr13 traités pour dureté superficielle HB 260 minimum.

7.3.3 Etanchéité

Les matériaux utilisés pour la réalisation de l'étanchéité des ouvrages répondent aux spécifications du titre 1er du fascicule 67 du CCTG.

Les joints d'étanchéité sont à choisir dans l'un des matériaux suivants :

<u>Matière</u>	<u>Code ou appellation</u>	<u>Dureté SHORE A</u>	<u>Aptitude au collage</u>
Polychloropène	CR néoprène	= 60 + / - 5	Oui
Ethylène	EPM (Ethylène Propylène Monomère) EPDM (Ethylène Propylène Dière Monomère) EPT (Ethylène Propylène Terpolymère)	= 60 + / - 5	Non

Les tolérances de fabrication sont conformes à la norme NF ISO 3302 "Caoutchouc - Tolérances pour produits - Partie 1 : tolérances dimensionnelles". Les tolérances sur les produits extrudés sont de catégorie 3 (qualité usuelle commerciale).

Le matériau choisi doit présenter les garanties suffisantes vis à vis de certains paramètres :

- Conditions climatiques (température, lumière solaire, ultraviolets, etc.)
- Qualité de l'eau (éléments abrasifs, corps solides flottants, hydrocarbures, bactéries, etc.)
- Génératrice de contact par rapport à la direction du mouvement,
- Pression hydrostatique,
- Conditions de manœuvre.

Le P.A.Q. définit la nature, la provenance et les méthodes de mise en œuvre de l'étanchéité.

8. CALENDRIER PREVISIONNEL

Les travaux sont programmés pour la fin l'été 2024.

Le calendrier prévisionnel de l'opération figure en annexe.

Les principaux jalons du planning prévisionnel sont les suivants :

- validation du PRO : novembre 2023 ;
- rédaction du DCE : de fin novembre à mi-décembre 2023 ;
- enquête publique servitude (MAPTAM) : janvier 2024
- consultation des entreprises de travaux : de mi-janvier à fin février 2024 ;
- analyse des offres et négociation : de fin février à mi-mars 2024 ;
- inventaire faune-flore Vipère péliade : mars avril 2024
- notification du marché de travaux : 2^{ème} quinzaine de mai 2024 ;
- études d'exécution : de fin-mai à fin juin 2024 ;
- travaux concernant les tronçons n°4, n°6 et n°9 :
 - OS de démarrage des travaux : mi-août 2024 ;
 - réalisation des travaux sur site : mi-août 2024 à mi-octobre 2024 ;
 - réception des travaux : mi-octobre 2024.
- travaux concernant les protections amovibles :
 - OS de démarrage des travaux : début juillet 2024 ;
 - fabrication en atelier : de début juillet à début septembre 2024 ;
 - réalisation des travaux sur site : 1^{ère} quinzaine de septembre 2024 (travaux de nuit) ;
 - réception des travaux : mi-septembre 2024 .

9. ESTIMATION FINANCIERE

Le coût estimé pour la réalisation des travaux présenté dans le tableau récapitulatif ci-dessous. L'estimation détaillée est jointe en annexe 1.

Tronçons n°4 et n°6 + tronçon n°9a

N°	Définition	S/total € H.T.
Tronçons n°4, n°6 et n°9a		154 213 €
1	Installation de chantier	17 300 €
2	Tronçon n°4	47 233 €
	Digue	43 598 €
	Déversoir	3 635 €
3	Tronçon n°6	75 651 €
4	Tronçon n°9 - Gabions+plaque de schiste	14 030 €
Total H.T. Tronçons n°4, n°6 et n°9a		154 213 €
Aléas 5%		7 711 €
Total H.T. y.c. aléas 5% Tronçons n°4, n°6 et n°9a		161 924 €
T.V.A. (20%)		32 385 €
Total T.T.C.		194 308 €

Tableau 9-1 : Estimation des coûts des travaux : tronçons n°4 et n°6 + tronçon n°9a

NB : L'augmentation de l'estimation entre la phase AVP et PRO pour les travaux sur les tronçons n°4, n°6 et n°9a résulte de la prise en compte de la prescription de l'arrêté préfectoral d'autorisation des travaux concernant la dissémination de la Jussie et impliquant d'évacuer l'ensemble des produits de déblais dans une filière de traitement adapté et de ne réutiliser aucun matériau sur site.

Protections amovibles

N°	Définition	S/total € H.T.
	Protections amovibles (digue amovible avec ancrage)	66 745 €
5	Génie civil	42 245 €
	Installation de chantier	13 300 €
	Accès ouest au parking	9 925 €
	Accès est au parking	8 020 €
	Linéaire transversal à la RD765	11 000 €
6	Structure métallique	24 500 €
	Préparation	2 500 €
	Accès ouest au parking	8 910 €
	Accès ouest au parking	5 280 €
	Linéaire transversal à la RD765	6 210 €
	Rack stockage	1 600 €
	Total H.T. Protections amovibles (digue amovible avec ancrage)	66 745 €
	Aléas 5%	3 337 €
	Total H.T. y.c. aléas 5% Protections amovibles (digue amovible avec ancrage)	70 082 €
	T.V.A. (20%)	14 016 €
	Total T.T.C.	84 099 €

Tableau 9-2 : Estimation des coûts des travaux : protections amovibles

Ensemble

Total H.T. y.c. aléas 5%	232 006 €
T.V.A. (20%)	46 401 €
Total T.T.C.	278 407 €

Tableau 9-3 : Estimation du coût total des travaux

ANNEXES

Liste des annexes :

- **Annexe 1 – Estimation financière détaillée**
- **Annexe 2 – Calendrier prévisionnel (établi en octobre 2023)**
- **Annexe 3 – Plans et coupes**
- **Annexe 4 – Note de calculs de stabilité des ouvrages proposés**

ANNEXE 1 – ESTIMATION FINANCIERE DETAILLEE

ANNEXE 2 – CALENDRIER PREVISIONNEL

ANNEXE 3 – PLANS ET COUPES

Listes des plans :

- Plan de localisation général
- Tronçons protections amovibles états actuels et projetés – plan
- Tronçon protections amovible – profil en travers RD775
- Tronçon 4 état actuel - plan et profil en long
- Tronçon 4 état actuel – coupes A-A' à D-D'
- Tronçon 4 état actuel – coupes E-E' à H-H'
- Tronçon 4 état projet - plan
- Tronçon 4 état projet – coupes A-A' à D-D'
- Tronçon 4 état projet – coupes E-E' à H-H'
- Tronçon 6 état actuel - plan et profil en long
- Tronçon 6 état actuel – coupes A-A' à D-D'
- Tronçon 6 état actuel – coupes E-E' à G-G'
- Tronçon 6 état projet - plan
- Tronçon 6 état projet – coupes A-A' à D-D'
- Tronçon 6 état projet – coupes E-E' à G-G'
- Tronçon 9a état actuel - plan
- Tronçon 9a état actuel – coupes A-A' à B-B'
- Tronçon 9a état projet - plan
- Tronçon 9a état projet – coupes A-A' à B-B'

ANNEXE 4 – NOTE DE CALCULS DE STABILITE DES OUVRAGES APRES
TRAVAUX POUR LES TRONÇONS 4, 6 ET LE TRONÇON 9A