



Travaux de confortement des gabions du barrage d'Arzal

AUTORISATION ENVIRONNEMENTALE UNIQUE

PIECE 3 : DESCRIPTION DU PROJET RETENU

Travaux de confortement des gabions du barrage d'Arzal

Autorisation Environnementale Unique

EPTB Eaux & Vilaine

Piece 3 : Description du projet retenu

VERSION	DESCRIPTION	ÉTABLI(E) PAR	APPROUVÉ(E) PAR	DATE
1	Autorisation initiale	PCE	JMM	08/2022
2	Prise en compte des remarques du 06/10/2022	PCE	JMM	11/2022
3	Prise en compte des remarques du 30/11/2022	PCE	JMM	12/2022
4	Demande de compléments du 13/02/2023	JMM/PCE	JMM	03/2023

ARTELIA SAS
Siège social : 16 rue Simone Veil – 93400 SAINT OUEN – www.arteliagroup.com

SOMMAIRE

SOMMAIRE	1
TABLEAUX	1
FIGURES	1
PIECE 3 : DESCRIPTION DU PROJET RETENU	2
1. PRÉAMBULE	3
2. SITUATION DU PROJET	3
3. PRÉSENTATION DU BARRAGE D'ARZAL	4
4. DESCRIPTION DES GABIONS EXISTANTS	7
5. SCÉNARIOS ENVISAGÉS	10
6. DESCRIPTIF DE LA SOLUTION TECHNIQUE RETENUE	12
6.1. PRINCIPES D'AMENAGEMENT	12
6.2. SOLUTION VARIANTE D'ENCEINTE RECTANGULAIRE	15
6.3. POINTS SINGULIERS	16
6.4. INTEGRATION DES PROJETS A L'ETUDE	17
6.4.1. DÉPLACEMENT DE LA SORTIE AVAL DES SIPHONS POUR AMÉLIORER L'ATTRACTIVITÉ DES PASSES À POISSONS	17
6.4.2. CRÉATION D'UNE NOUVELLE RAMPE À CIVELLES	18
7. DESCRIPTION DES TRAVAUX	19
8. PLANNING ET PHASAGE PRÉVISIONNEL DES TRAVAUX	19
8.1. DUREE DES TRAVAUX.....	19
8.2. CONTRAINTES D'EXPLOITATION POUR LA PLANIFICATION DES TRAVAUX	20
8.3. PLANNING TRAVAUX.....	20
9. ESTIMATION DU MONTANT DES TRAVAUX	22

TABLEAUX

Tableau 1 : Comparaison des différentes solutions de confortement.....	10
Tableau 2 : Impact environnemental selon les scénarios étudiés	11
Tableau 3 : Points singuliers et traitements proposés	16
Tableau 4 : Planning travaux gabions aval	19
Tableau 5 : Contrainte d'exploitation pour la planification des travaux.....	20
Tableau 6 : Planning prévisionnel des travaux.....	21

FIGURES

Figure 1 : Localisation géographique du projet	3
Figure 2 : Vue en plan du barrage et de ses principaux équipements.....	5
Figure 3 : Localisation des prises de vues	6
Figure 4 : Plan des gabions du barrage d'Arzal – Source : EPTB Vilaine.....	7
Figure 5 : Gabions situés en aval du barrage	7
Figure 6 : Plan des gabions du barrage d'Arzal – Source : ARTELIA	8
Figure 7 : Campagne de mesure de l'épaisseur des palplanches en 2018.....	10
Figure 8 : Solution de confortement mixte type combiwall (pieux + palplanches) + Enrochements - Vue en plan et coupe – Détail gabions aval.....	12
Figure 9 : Principe du rideau mixte de type combiwall (pieux + palplanches).....	12
Figure 10 : Solution mixte type combiwall (pieux + palplanches) – Coupe	13
Figure 11 : Solution de confortement mixte type combiwall (+ palplanches) - Vue en plan gabions amont et aval.....	14
Figure 12 : Vue en plan et coupe transversale de la solution retenue, rideau mixte de type combiwall sous forme d'enceinte rectangulaire.....	15
Figure 13 : Profil en long des siphons actuels	17
Figure 14 : Modification du tracé des siphons.....	17
Figure 15 : Nouvelle rampe à civelle – Elévation	18
Figure 16 : Nouvelle rampe à civelle - Vue 3D	18
Figure 17 : Exemple de chantier de type combiwall (pieux + palplanches)	19
Figure 18 : Estimation financière - Confortement des gabions aval par rideau mixte type Combiwall.....	22



PIECE 3 : DESCRIPTION DU PROJET RETENU

1. PREAMBULE

Lors de la construction du barrage d'Arzal, des gabions ont été mis en place pour servir d'appui à la digue et séparer l'ouvrage "digue" de l'ouvrage en béton.

Un diagnostic a été réalisé fin 2018 pour connaître les désordres et le niveau de corrosion des gabions amont (côté Vilaine) et aval (côté mer) et définir un programme d'actions pour pérenniser leurs fonctions initiales.

L'étude a mis en évidence un état de dégradation des gabions qui nécessite d'engager des travaux de confortement conséquents dans un délai assez court.

Le maître d'ouvrage a choisi une solution globale pour le confortement des gabions amont et aval. Néanmoins, dans l'immédiat, les travaux se concentreront sur les gabions aval, en raison de leur état de corrosion plus avancé.

Les objectifs sont des travaux de confortement des gabions aval en 2023-2024 et un confortement des gabions amont en 2033.

Les gabions situés en amont de l'ouvrage feront l'objet d'un porté à connaissance auprès de services de la police de l'eau avant réalisation des travaux.

2. SITUATION DU PROJET

Le barrage d'Arzal (ou barrage d'Arzal-Camoël) est situé sur le cours inférieur de la Vilaine, entre les communes d'Arzal et de Camoël (Morbihan).

Il est situé à une dizaine de kilomètres en amont de l'embouchure de la Vilaine dans l'océan Atlantique, entre les bourgs d'Arzal (sur la rive droite) et de Camoël (sur la rive gauche). Il franchit le fleuve près d'un ancien passage par bac, au lieu-dit La Vieille-Roche.

Cet ouvrage marque la limite actuelle de salure des eaux, et également la frontière entre la pêche maritime et la pêche fluviale appartenant à la Région Bretagne, comme illustré sur la carte ci-dessous. L'ouvrage bloque l'onde de marée à 12 kilomètres de l'embouchure de l'estuaire et constitue une rupture nette entre le milieu estuarien et le plan d'eau douce artificiellement créé à l'amont.

La carte ci-contre permet de localiser le projet.

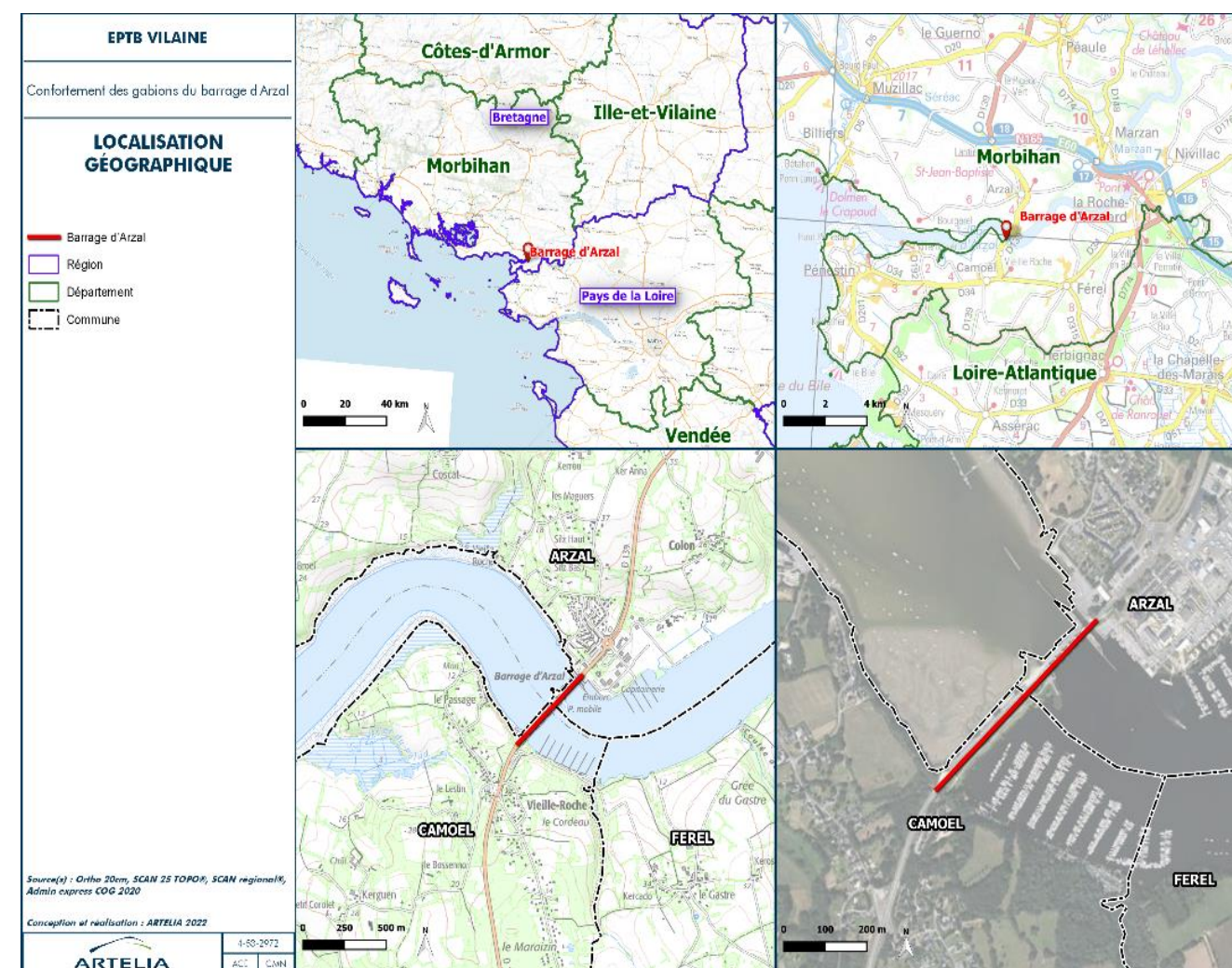


Figure 1 : Localisation géographique du projet

3. PRESENTATION DU BARRAGE D'ARZAL

La longueur totale du barrage est d'environ 500 mètres : 140 mètres pour les ouvrages hydrauliques et 360 mètres pour la digue. Ses fondations sont complexes :

- les ouvrages hydrauliques (pertuis, écluses, gabions de fermeture de la digue) sont posés sur le substratum rocheux,
- la digue en remblai est assise sur un sol vaseux aux mécanismes de tassement complexes (sol compressible), surtout dans sa partie centrale au droit de l'ancien lit principal de la Vilaine.

Le barrage d'Arzal est un ouvrage multi-usages qui assure les fonctions de :

- Retenue d'eau pour la fourniture d'eau potable ;
- Protection contre les crues et gestion des niveaux d'eau ;
- Navigation via les éclusées ;
- Circulation routière en crête d'ouvrage ;
- Passe à poisson pour migration piscicole.

Pour assurer ces fonctions, le barrage est composé de plusieurs organes, de la rive droite vers la rive gauche :

- Une écluse de 13 m de large et 80 mètres de long, et les ouvrages d'alimentation associés ;
- Une rampe à anguilles située le long du mur guide-eau (construite en 2006) ;
- Un pont mobile levant permettant le passage des bateaux pendant les éclusées. Le barrage est en effet situé au droit d'une route départementale (le RD139), et le passage des bateaux nécessite l'arrêt de la circulation ;
- 5 pertuis d'évacuation, équipés chacun d'une vanne levante (dimensions 18 m x 12 m) sur laquelle repose un volet basculant ;
- Une passe à poissons (construite en 1996), constituée d'une passe à bassins permettant le franchissement par les migrateurs, et d'une rampe à anguilles ;
- Une digue de fermeture de la Vilaine, d'une longueur de 360m, supportant deux voies de circulation ;
- Un siphon pour évacuer de l'eau saumâtre de l'amont vers l'aval.

Les figures en pages suivantes permettent d'avoir une vue générale de l'ouvrage et des équipements qui le constituent.

AVAL



Passe à anguilles

Pont levant

Ecluse

Vanne

Vanne

Vanne

Vanne

Vanne

Points de rejet (Siphons)

Gabion aval

Passe à anguilles

Passe à bassins

Local siphons

Gabion amont

Digue

Siphons

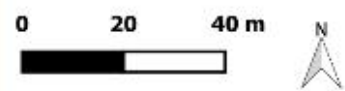
Point de pompage (Siphons)

AMONT

0 50 100

LOCALISATION DES PRISES DE VUES

> Prise de vue



Source(s) : Ortho 20 cm

Conception et réalisation : ARTELIA 2022

4. DESCRIPTION DES GABIONS EXISTANTS

Lors de la construction du barrage d'Arzal, des gabions ont été mis en place. Dans un 1^{er} temps cette gabionnade a servi de fermeture au batardeau érigé en rive droite pour construire le barrage béton à sec. Dans un 2^{ème} temps, une fois le barrage en eau, les gabions ont permis de servir d'ouvrage de soutènement et de fermeture à la digue en remblai et de séparer l'ouvrage digue de l'ouvrage en béton.

Ces ouvrages sont constitués de palplanches métalliques de forme circulaire, avec un remplissage par des éléments grossiers et des éléments plus fins.

Les gabions sont posés sur le rocher qui est à cet endroit presque affleurant : l'épaisseur de vase pouvant être limitée à quelques centimètres.

La géométrie des gabions a été définie pour des raisons hydrauliques et sédimentaires. Le schéma ci-dessous présente la numérotation de l'ensembles des gabions et des arcs de raccordement inter-gabions.

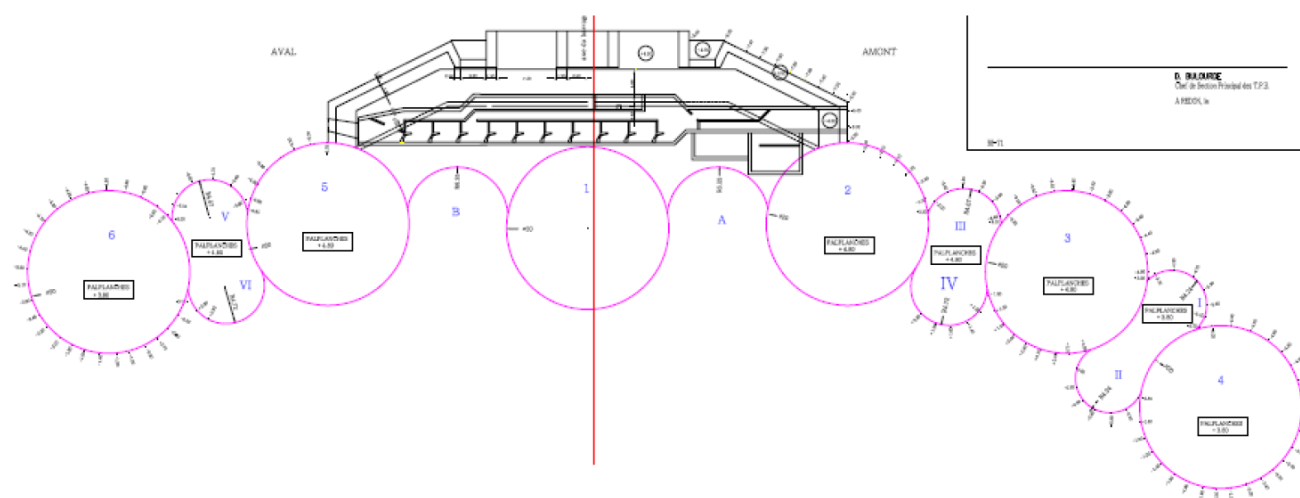


Figure 4 : Plan des gabions du barrage d'Arzal – Source : EPTB Vilaine

Ces gabions assurent les fonctions suivantes :

- Résister à la poussée des matériaux constituant le barrage ;
- Protéger le pied du barrage contre les entraînements de vase induits par les circulations d'eau au voisinage des pertuis ;
- Assurer le guidage des eaux ;
- Assurer le raccordement de la digue avec les ouvrages de génie civil ;
- Supporter le point de rejet aval des siphons ;
- Supporter la chaussée et l'ensemble des aménagements dans la partie centrale.

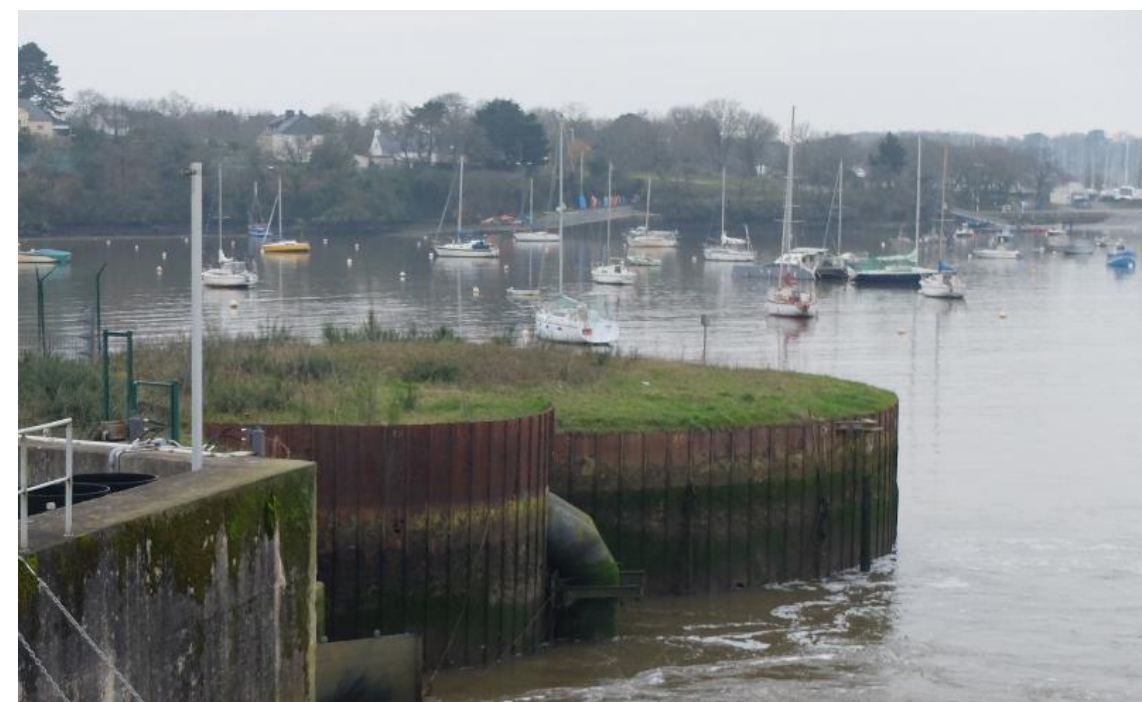


Figure 5 : Gabions situés en aval du barrage

Les gabions sont situés à proximité de plusieurs dispositifs liés au fonctionnement du barrage :

- des dispositifs de franchissement piscicole existants sur le barrage :
 - Passe à bassin successifs pour les poissons, entre les gabions et le barrage ;
 - Passe à anguilles en rive gauche du barrage, entre les gabions et le barrage.
- des siphons existants permettant de rejeter l'eau saumâtre à la mer (« système anti-salinité »).

Ces équipements sont localisés devant les gabions aval et nécessitent d'être intégrés dans la conception du projet de confortement de l'ouvrage.

Les schémas ci-après, réalisés par ARTELIA, présentent des plans des gabions existants et des équipements situés à proximité (siphons, passe à poissons, rampe à civelles, etc.).

VUE EN PLAN

Ech : 1 : 500

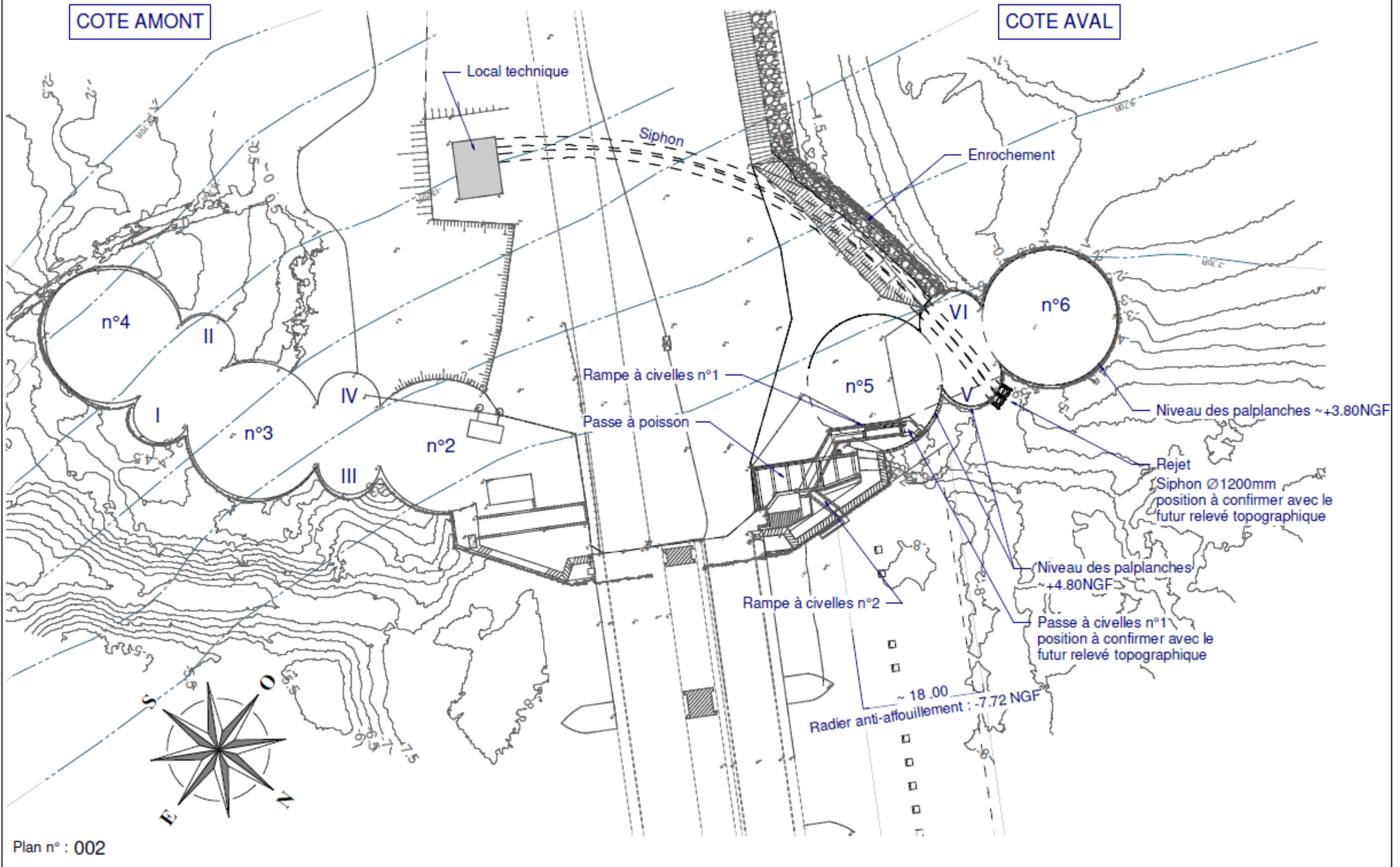
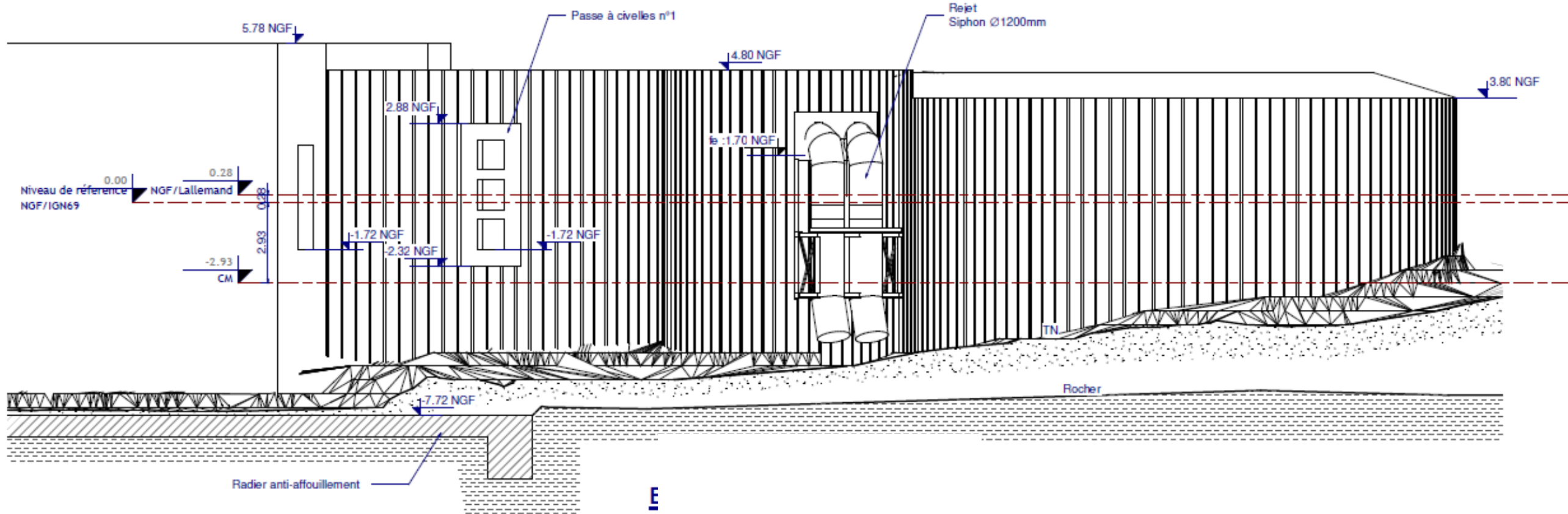


Figure 6 : Plan des gabions du barrage d'Arzal – Source : ARTELIA

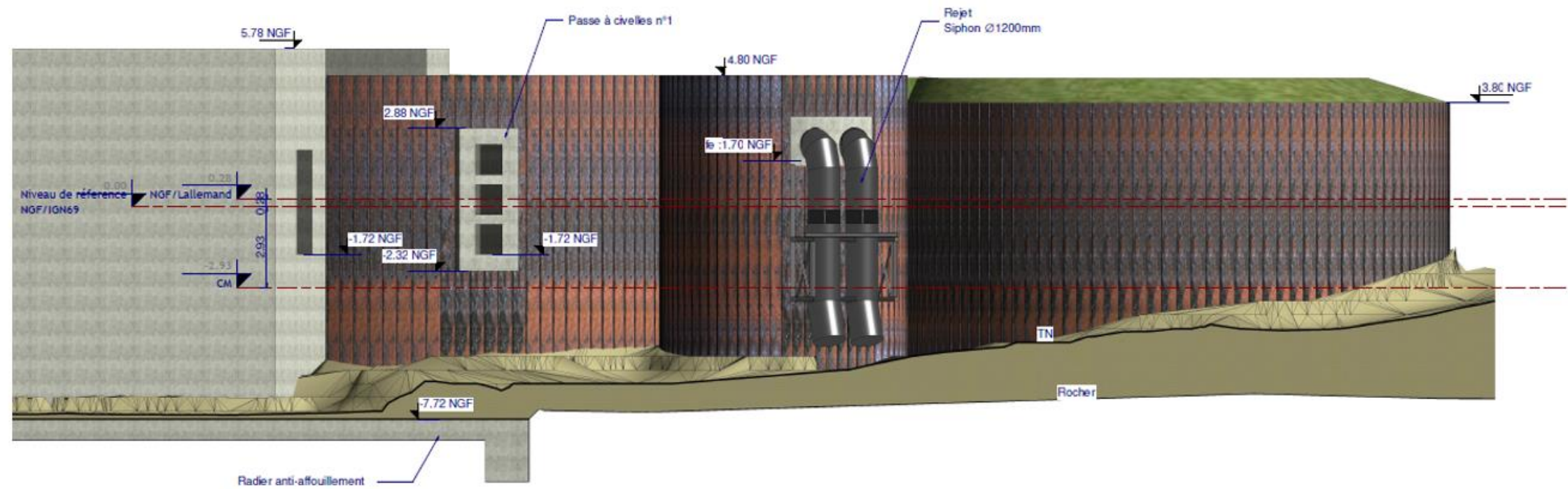
ELEVATION COTE NORD

Ech : 1 : 100



ELEVATION COTE NORD

Ech : 1 : 100



Un diagnostic a été réalisé fin 2018 pour connaître les désordres et le niveau de corrosion des seuls gabions accessibles visuellement ou par plongeurs, en amont (côté Vilaine) et en aval (côté mer).

Lors des visites de surveillance, il a été constaté un état de corrosion des palplanches des gabions, en particulier à l'aval où les gabions sont exposés à l'eau salée, au marnage et aux embruns.



De plus, deux campagnes de mesure des épaisseurs des palplanches ont été réalisées en 2012 et 2018. Elles concluent à un état de corrosion avancé à l'aval et moins avancé à l'amont. A l'aval, des trous sont apparus sur certaines palplanches.



Figure 7 : Campagne de mesure de l'épaisseur des palplanches en 2018

Le diagnostic met en évidence un état de dégradation de ces gabions qui nécessite d'engager des travaux de confortement conséquents dans un délai assez court.

Suite à ce constat, les travaux porteront sur les gabions amont et aval de l'ouvrage. Néanmoins, dans l'immédiat, les travaux se concentreront sur les gabions aval, en raison de leur état de corrosion plus avancé.

Dans un second temps, les gabions situés en amont de l'ouvrage feront l'objet d'un porté à connaissance auprès de services de la police de l'eau avant réalisation des travaux.

5. SCENARIOS ENVISAGES

L'analyse de Sixense, réalisée en 2020-2021, a permis d'identifier cinq solutions pour le confortement des gabions. Les variantes ou options structurelles envisagées sont les suivantes :

- 1. Solution de confortement avec maillage de poutres en béton armé maintenues à l'aide de tirants ;
- 2. Mise en place de murs poids ou de murs en T préfabriqués devant les palplanches ;
- 3. Edification d'un voile en béton en périphérie des palplanches ;
- 4. Mise en place d'un rideau mixte palplanches / pieux de type combiwall ;
- 5. Mise en place d'un rideau mixte pieux / panneaux préfabriqués en béton.

A l'issue de cette phase, une analyse comparative des différentes solutions de confortement a été réalisée. Le tableau suivant présente les résultats de cette analyse, sous forme de notation. Les meilleurs résultats sont indiqués en vert.

Tableau 1 : Comparaison des différentes solutions de confortement

	SOLUTION 1 Solution de confortement avec maillage de poutres en béton armé maintenues à l'aide de tirants	SOLUTION 2 Murs poids ou murs en L préfabriqués devant les palplanches	SOLUTION 3 Voile en béton en périphérie des palplanches	SOLUTION 4 Rideau mixte palplanches + pieux COMBIWALL	SOLUTION 5 Poteaux et panneaux préfabriqués
Impact sur la géométrie de l'ouvrage et le fonctionnement hydraulique plus largement sur les fonctions identifiées des gabions					
Souplesse / Adaptabilité de la solution à la géométrie réelle de l'ouvrage					
Travaux : facilité de mise en œuvre / risque d'aléas					
Durabilité de la solution					
Impact environnemental du chantier					
Intégration paysagère / acceptabilité sociale					
Maintenance - entretien					

Notation :

5	4	3	2	1	0

Le tableau ci-après synthétise l'impact environnemental de chacune des solutions étudiées.

Tableau 2 : Impact environnemental selon les scénarios étudiés

IMPACT ENVIRONNEMENTAL	En phase chantier	En phase d'exploitation
SOLUTION 1 Solution de confortement avec maillage de poutres en béton armé maintenues à l'aide de tirants	<ul style="list-style-type: none"> - Mise en place de batardeaux nécessaire - Risque d'aléas important pour la réalisation du maillage de poutre en béton armé et mise en œuvre des tirants par forage (hétérogénéité des remblais constituant les gabions) - Risque de turbidité et mise en suspension de particules fines - Bétonnage à réaliser, risque d'impact sur le milieu 	<ul style="list-style-type: none"> - Pas d'impact sur la géométrie des gabions donc pas d'impact significatif sur le fonctionnement hydraulique du barrage - Pas de fonction écran des palplanches actuelles, permettant d'éviter les pertes de matériaux - Palplanches actuelles dégradées non masquées, vont également continuer de se dégrader
SOLUTION 2 Murs poids ou murs en L préfabriqués devant les palplanches	<ul style="list-style-type: none"> - Travaux subaquatiques nécessaires - Désenvasement en pied de gabions => nécessite un dragage important de sédiments - Nécessite un volume de remblais très important - Risque de turbidité et mise en suspension de particules fines 	<ul style="list-style-type: none"> - Emprise très importante nécessaire - Augmentation très important du diamètre des gabions ; la géométrie n'est pas conservée => potentiel impact sur la circulation de l'eau et des sédiments - Modification de l'aspect général du barrage
SOLUTION 3 Voile en béton en périphérie des palplanches	<ul style="list-style-type: none"> - Désenvasement important des pieds des gabions => nécessite un volume de dragage important - Nécessite un volume de remblais très important - Réalisation de fondations profondes en pieds de poteaux => opération complexe - Travaux subaquatiques nécessaires - Bétonnage à réaliser, risque d'impact sur le milieu - Risque de turbidité et mise en suspension de particules fines - Gêne possible causée par la présence des canalisations du siphon pour réaliser les poutres de fermetures en tête de voiles 	<ul style="list-style-type: none"> - Faible modification de la géométrie des gabions, pas d'impact significatif sur le fonctionnement hydraulique du barrage - Aspect neuf par la réalisation d'un voile neuf en béton en périphérie des gabions
SOLUTION 4 Rideau mixte palplanches + pieux COMBIWALL	<ul style="list-style-type: none"> - Intervention réalisée uniquement depuis la surface terrestre - Isolement de la zone d'intervention travaux par le rideau de palplanches => réduction du risque de turbidité de l'eau et de mise en suspension des particules fines - Faible volume de sédiments à draguer - Faible volume de remblais nécessaire - Battage des pieux + palplanches => nuisances sonores, vibrations 	<ul style="list-style-type: none"> - Modification modérée de la géométrie des gabions, pas d'impact significatif sur le fonctionnement hydraulique du barrage - Emprise minimale nécessaire (1m devant les gabions actuels)
SOLUTION 5 Poteaux et panneaux préfabriqués	<ul style="list-style-type: none"> - Intervention réalisée uniquement depuis la surface terrestre - Isolement de la zone d'intervention travaux par le rideau de palplanches - Faible volume de sédiments à draguer - Faible volume de remblais nécessaire - Bétonnage à réaliser, risque d'impact sur le milieu - Battage des pieux + palplanches => nuisances sonores, vibrations 	<ul style="list-style-type: none"> - Modification modérée de la géométrie des gabions, pas d'impact significatif sur le fonctionnement hydraulique du barrage - Emprise minimale nécessaire (1m devant les gabions actuels)
SOLUTION 6 Confortement d'une partie des gabions avec des enrochements côté digue	<ul style="list-style-type: none"> - Déplacements importants de sédiments à prévoir avant la pose des enrochements - Terrassement du remblai de la digue jusqu'au rocher (volumes très importants côté barrage) - Risque de turbidité et mise en suspension de particules fines 	<ul style="list-style-type: none"> - Emprise très importante nécessaire - Pente des enrochement inadaptée à ce site maritime, avec une agitation de type clapot ou houle résiduelle => risque d'exposition à un risque de corrosion sur le long terme

Suite à cette première phase d'analyse, les solutions semblant les plus adaptées au projet (entourées en violet dans les précédents tableaux) ont été approfondies :

- Mise en place d'un rideau mixte palplanches / pieux de type combiwall ;
- Mise en place d'un rideau mixte pieux / panneaux préfabriqués en béton.

De plus, une variante « Solution 6 » a été ajoutée, afin d'étudier la possibilité de conforter une partie des gabions avec des enrochements côté digue.

La solution avec panneaux préfabriqués en béton reste contraignante car elle nécessite préalablement le dragage de la vase et le terrassement du remblai de la digue jusqu'au rocher, ce qui va engendrer des volumes colossaux côté barrage compte tenu des pentes des talus naturels de ces mauvais matériaux.

Le confortement avec enrochements nécessite également de désenvaser les pieds des gabions. Ces dragages de vases et sédiments préalables à la pose des enrochements portent sur des volumes très importants, du fait que des épaisseurs importantes de vase se sont déposées derrière les gabions aval et amont, côté barrage. Par ailleurs, la pente des enrochements serait trop raide dans ce site maritime, avec une agitation de type clapot ou houle résiduelle. Les gabions sur leur face côté digue seraient alors largement exposés à un risque de corrosion sur le long terme.

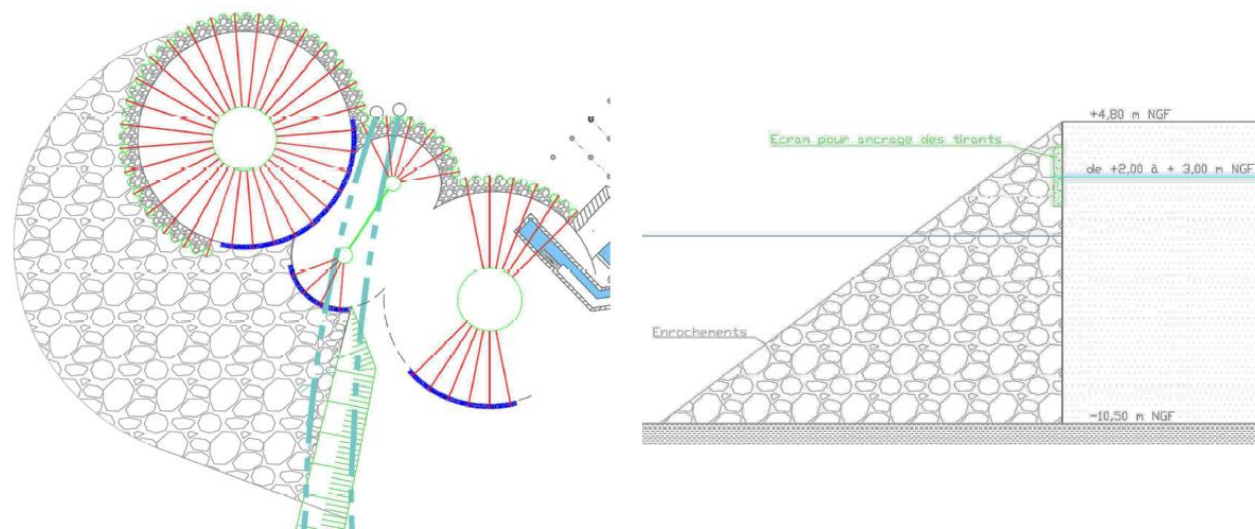


Figure 8 : Solution de confortement mixte type combiwall (pieux + palplanches) + Enrochements - Vue en plan et coupe – Détail gabions aval

Ainsi, la solution la plus pertinente vis-à-vis du site consiste à mettre en place un nouveau rideau périphérique de soutènement (palplanches métalliques) devant les gabions existants (Solution n°4).

Cette solution a fait l'objet d'une analyse détaillée ; une synthèse est présentée dans le chapitre suivant.

6. DESCRIPTIF DE LA SOLUTION TECHNIQUE RETENUE

6.1. PRINCIPES D'AMENAGEMENT

La solution retenue par SIXENSE en AVP consiste à mettre en place un rideau mixte de palplanches et des pieux de type "Combiwall" devant les gabions existants. Cette technique prévoit un ancrage des pieux Ø800mm par forage de 5m dans le rocher.

En aval, il s'agit de la seule solution technique adaptée à la fois à la protection des gabions qui se corrodent et aux particularités du site et sa géotechnique.

La solution de combiwall périphérique est une solution technique également envisageable en amont, mais le prédimensionnement des structures devra être vérifié avec une hauteur de soutènement largement augmentée par rapport à l'aval. Il pourrait par exemple être nécessaire d'augmenter le diamètre et/ou l'épaisseur des pieux métalliques, et/ou de resserrer l'espacement entre pieux.

Les gabions existants sont posés sur le rocher qui est à cet endroit presque affleurant : l'épaisseur de vase pouvant être limitée à quelques centimètres. Le confortement doit donc s'appuyer sur le rocher (gneiss et micaschistes) plus ou moins altéré. Un rideau de palplanche standard n'est dans ce contexte géologique pas possible car les palplanches ne pourront pas être fichées dans le socle rocheux. Un rideau mixte de type combiwall composé de pieux ancrés par forage dans le rocher entre lesquels sont glissées des palplanches est en revanche réalisable.



Figure 9 : Principe du rideau mixte de type combiwall (pieux + palplanches)

Un nouveau rideau de palplanches sera ainsi réalisé devant les parties accessibles des gabions. L'axe des pieux est placé à environ 1,0 m en avant du rideau de palplanches actuel.

Afin d'étudier et vérifier l'arrangement des tirants, l'ensemble des pieux ont été modélisés en 3 dimensions. La modélisation permet de s'assurer que l'arrangement des tirants envisagé offre une distribution homogène des sollicitations dans l'ensemble des pieux et des tirants.

Ainsi, quand cela est possible, les pieux seront reliés en tête par des tirants avec les pieux qui leur sont diamétralement opposés. Quand il n'y a pas de pieu en vis-à-vis, les tirants en tête seront ancrés à l'aide de contre-rideaux de palplanches ou d'écran en béton armé mis en place dans le remblai à proximité du rideau de palplanches actuel.

En partie centrale des gabions, ou point d'intersection théorique de l'ensemble des tirants, une couronne centrale noyée dans le béton de 5,0 m de diamètre est réalisée pour éviter les concentrations de contrainte et la création d'un « point dur » en partie centrale.

La géométrie de la solution de confortement retenue est détaillée sur les figures ci-après.

Le pré-dimensionnement du rideau a été réalisé en considérant le cas le plus dimensionnant : rocher à -10,20 NGF et niveau d'eau à -3,00 NGF.

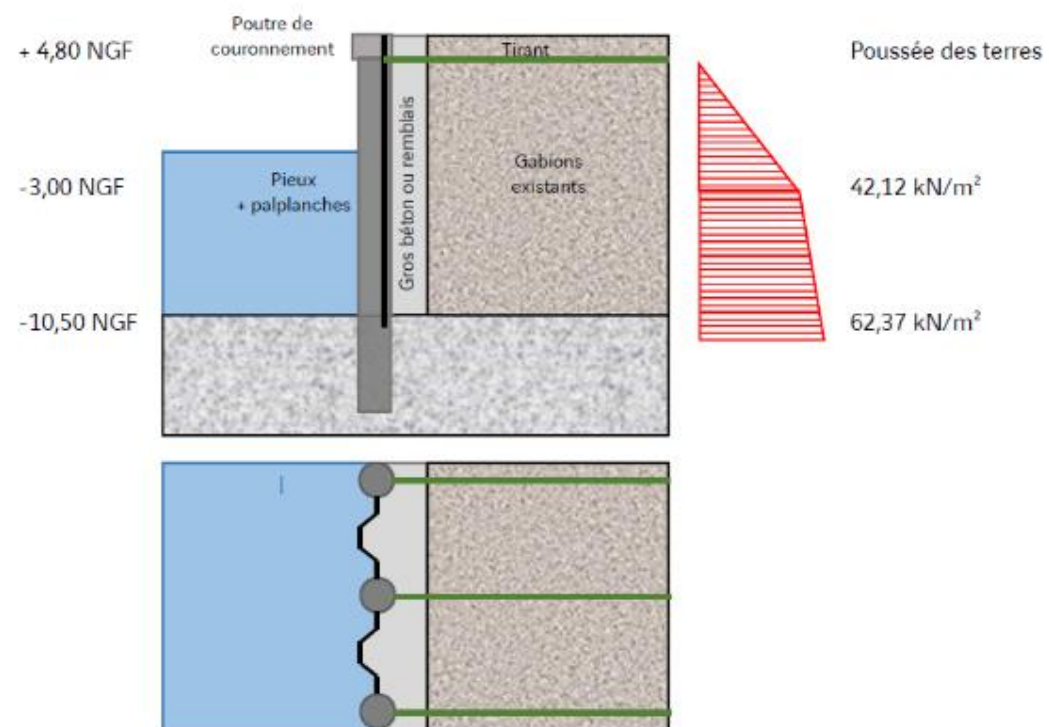
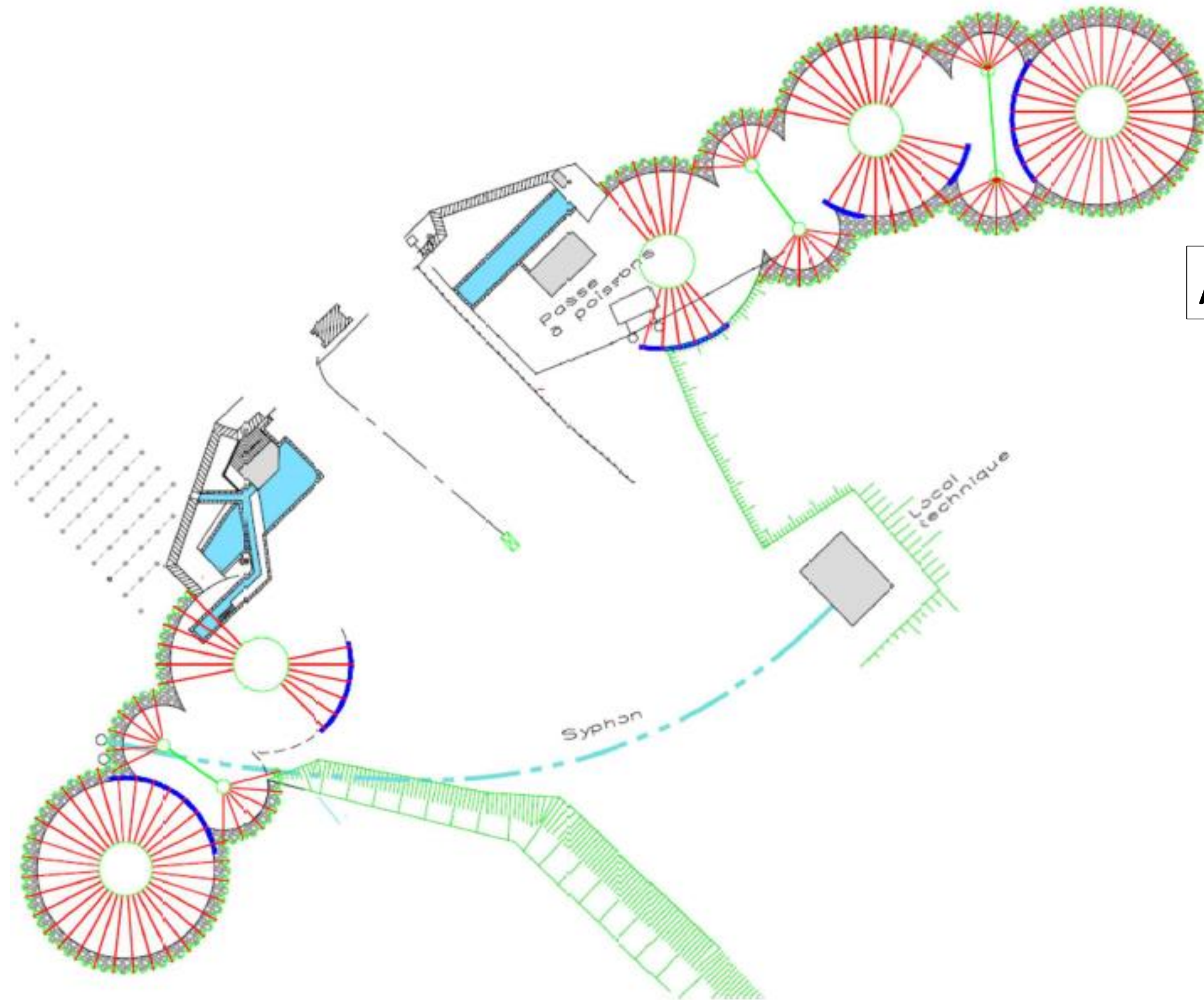


Figure 10 : Solution mixte type combiwall (pieux + palplanches) – Coupe



AMONT

AVAL

Figure 11 : Solution de confortement mixte type combiwall (+ palplanches) - Vue en plan gabions amont et aval

6.2. SOLUTION VARIANTE D'ENCEINTE RECTANGULAIRE

Le schéma ci-après présente la solution combiwall avec palplanches métalliques sous forme d'enceinte périphérique rectangulaire, pour le confortement des gabions aval. Ce type d'enceinte, beaucoup plus classique et plus simple à réaliser, est fréquemment utilisé dans le cadre de travaux maritimes et portuaires (mole, quai, etc.). Chaque pieu du combiwall est retenu par un tirant.

La solution d'enceinte circulaire proposée par SIXENSE a été écartée car celle-ci présente plusieurs inconvénients et aléas incompatibles avec le projet, comme par exemple, une plus grande complexité d'implantation, la concentration des efforts des tirants sur une plaque centrale. De plus, la totalité du linéaire des gabions n'est pas protégée par la nouvelle enceinte. Il y a des zones non protégées côté digue, et proche du talus : en cas de ruine du gabion existant ou de perforations dans ces zones non protégées, il y a possibilité de fuite de remblai.

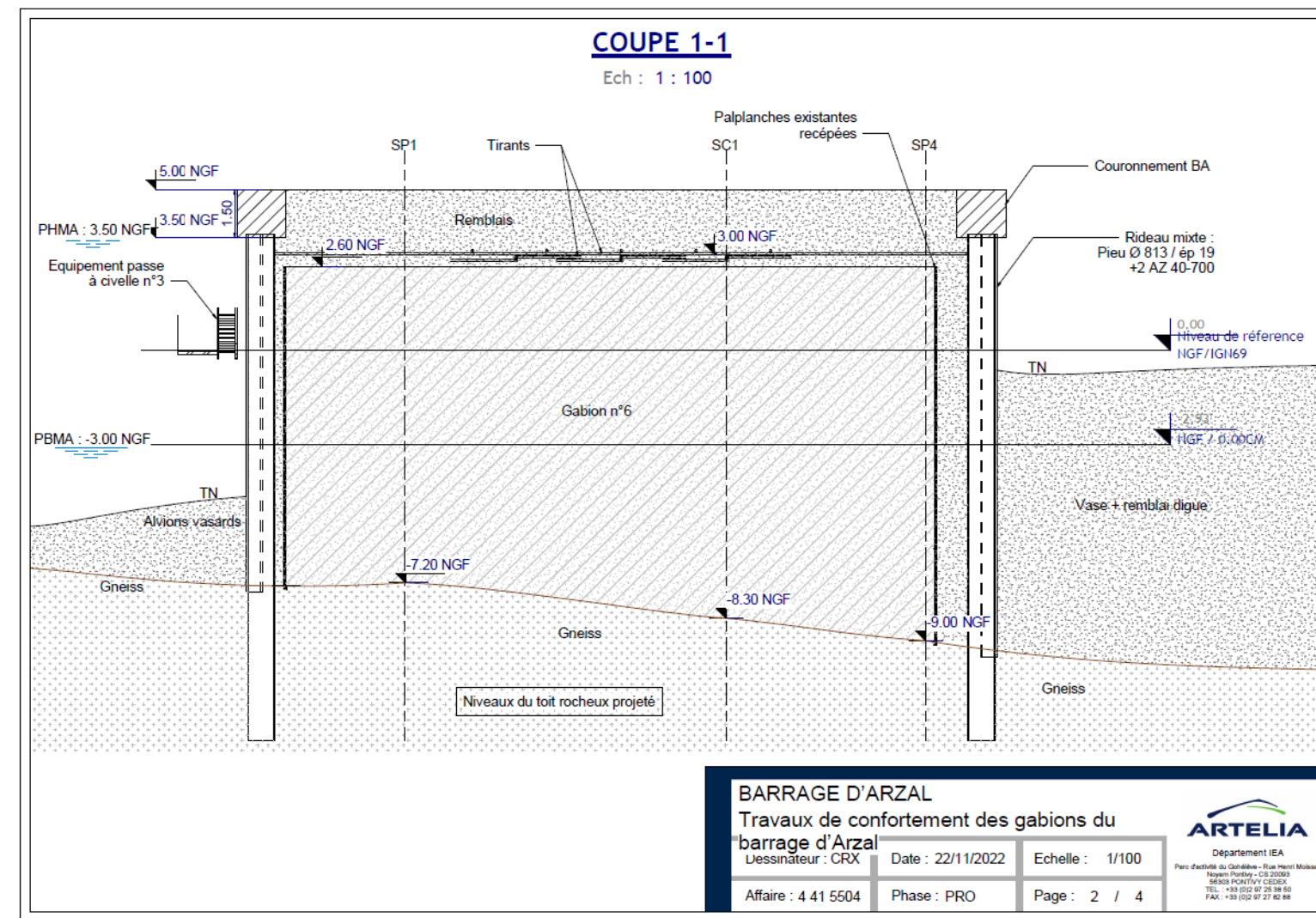
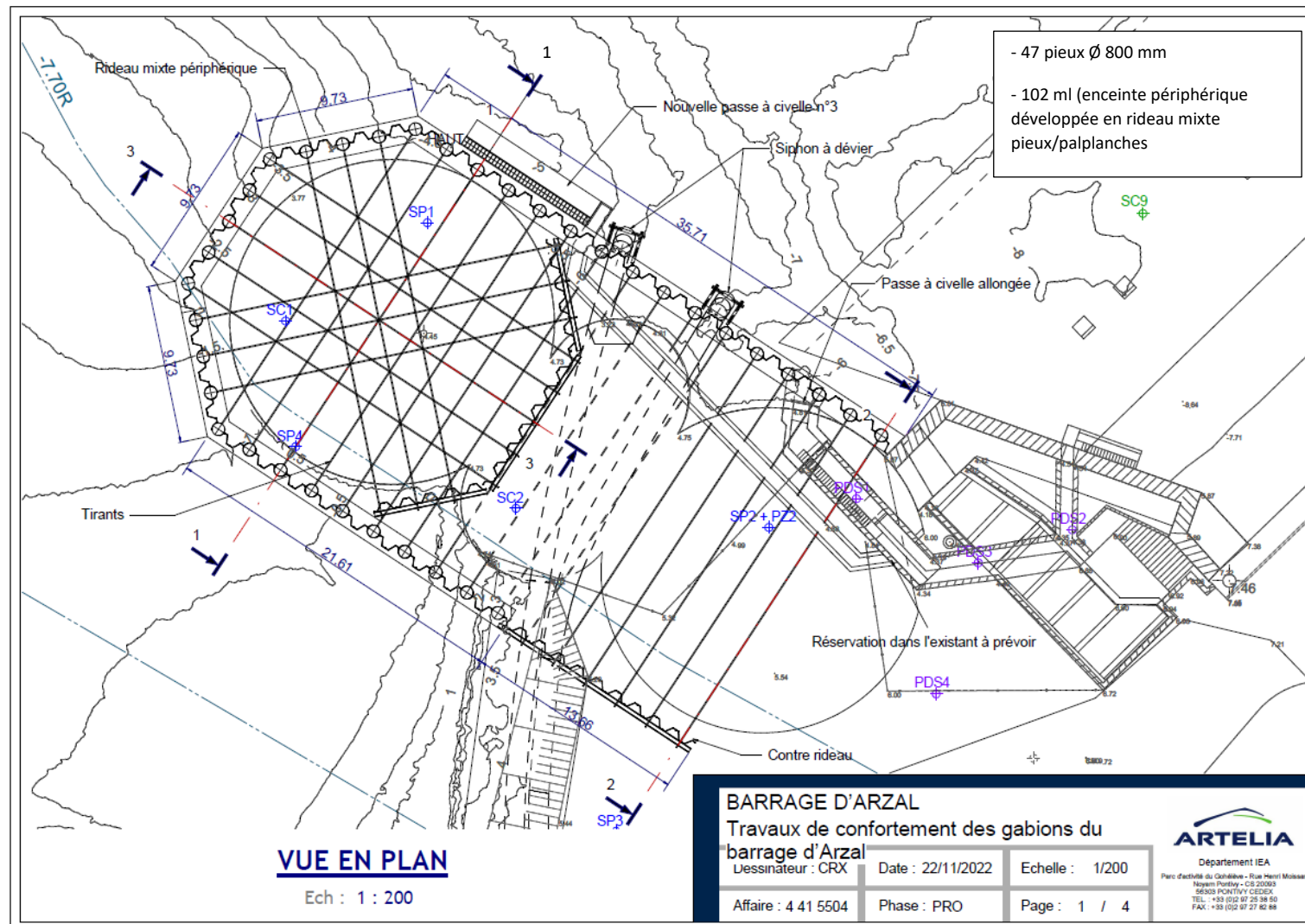


Figure 12 : Vue en plan et coupe transversale de la solution retenue, rideau mixte de type combiwall sous forme d'enceinte rectangulaire

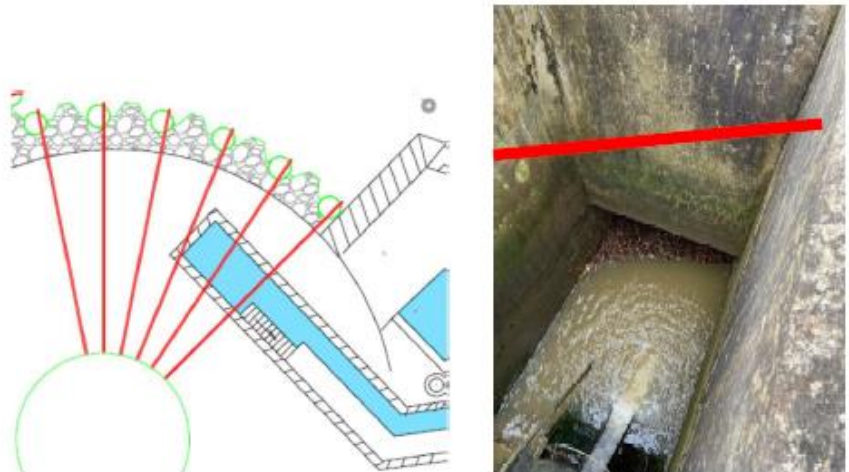
6.3. POINTS SINGULIERS

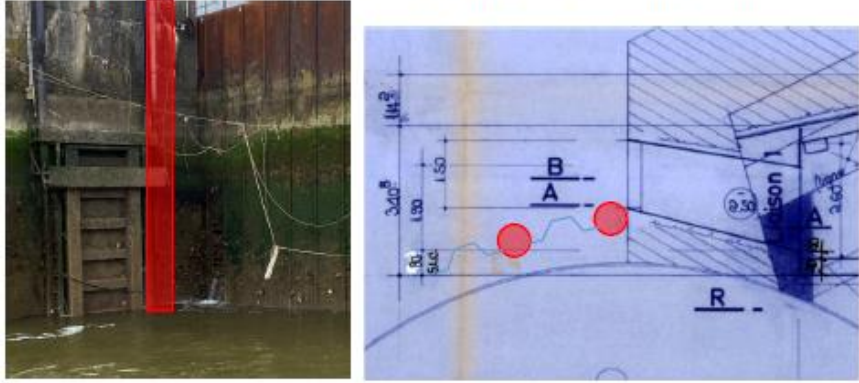


Les gabions sont étroitement liés aux ouvrages voisins existants: siphons, passe à poissons, passe à civelles, digue, etc.

Des points singuliers ont été identifiés et sont à prendre en compte dans le cadre du projet. Ceux-ci ont été intégrés dans la conception de la solution retenue.

Le tableau ci-contre détaille le traitement prévu pour chacun de ces points.

Tableau 3 : Points singuliers et traitements proposés

Point singulier	Traitement proposé
<p>Traversée de la passe à civelles par les tirants</p> 	<p>Deux ou trois tirants doivent traverser la passe à civelles. La traversée étant située au-dessus du niveau de l'eau, la présence de tirants est sans impact sur le fonctionnement de la passe à civelles.</p>

Point singulier	Traitement proposé
<p>Interface avec la passe à poisson</p> 	<p>1^{er} pieu à positionner au bord de l'entrée de la passe à poisson actuelle</p>
<p>Entrée de la passe à civelles</p> 	<p>Découpe des palplanches entre deux pieux pour permettre la continuité du passage</p>
<p>Sortie des siphons</p> 	<p>Découpe des palplanches entre deux pieux pour permettre le passage des tubes PEHD Ø1200 mm (Largeur entre pieux = 1400 mm).</p>
<p>Interface avec la digue</p>	<p>Dernier pieu tangent avec la digue</p>
<p>Différentes sorties de canalisation</p>	<p>Découpe des palplanches</p>

6.4. INTEGRATION DES PROJETS A L'ETUDE

Parallèlement à cette opération de réhabilitation, le maître d'ouvrage a souhaité profiter de ces travaux pour étudier trois projets étroitement liés aux gabions, de manière à les intégrer dès à présent au projet :

- la réalisation de la structure d'une nouvelle rampe à civelles en périphérie des gabions confortés;
- le déplacement de la sortie de l'un des deux tuyaux du siphon au niveau de l'inter-gabion n°V.

Concernant ce dernier point, le maître d'ouvrage étudie la possibilité de déplacer la sortie du siphon pour augmenter le courant d'attrait des poissons migrateurs, ce qui constituerait une mesure positive.

Pour ces projets, seuls les impacts structurels sur le confortement des gabions (portance et éléments géotechniques) seront pris en compte dans la phase de conception du projet.

Les caractéristiques de ces trois projets sont développées dans les parties ci-après.

6.4.1. Déplacement de la sortie aval des siphons pour améliorer l'attractivité des passes à poissons

La passe à anguille et l'entrée de la passe à bassin bénéficient de l'attractivité de l'eau douce rejetée par la sortie aval des siphons.

Les travaux de confortement des gabions induisent une modification de cette sortie et probablement un déplacement des siphons pour permettre aux tuyaux de se glisser entre les pieux.

Le maître d'ouvrage envisage ainsi de profiter de ces travaux pour étudier la possibilité de déplacer la sortie aval des siphons pour augmenter le courant d'attrait des poissons migrateurs, ce qui constituerait une mesure positive. En effet, le repositionnement des sorties des siphons permettrait de les rapprocher des entrées des passes à poissons et ainsi améliorer l'attractivité. L'objectif est de positionner la sortie des siphons à une distance de 3 à 6 m de l'entrée de la passe à anguille.

Pour respecter l'ensemble des contraintes de tracé (rayon de courbure ≥ 60 m, sortie des siphons à environ 6 m de l'entrée de la passe à poisson), il convient de modifier le tracé des siphons actuels sur une longueur d'environ 50 m.

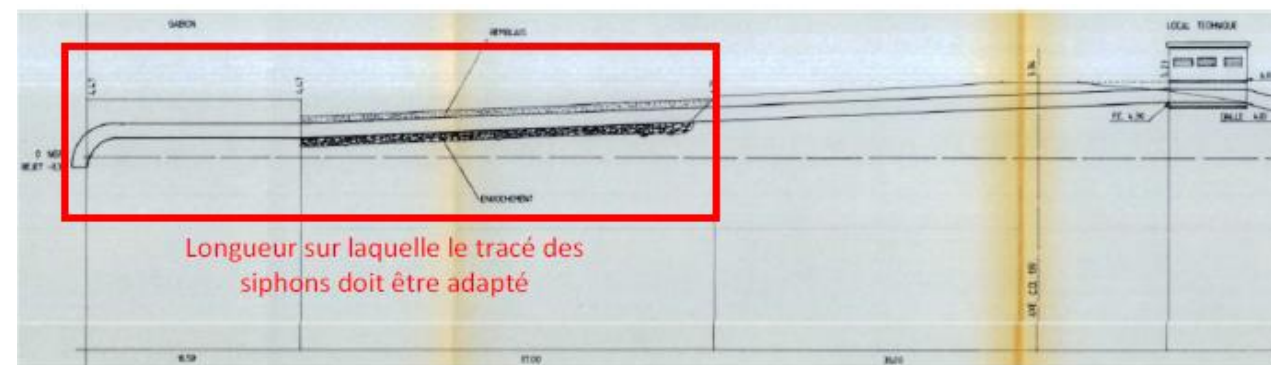


Figure 13 : Profil en long des siphons actuels

Le tracé modifié étant plus court d'environ 1 m que le tracé existant, la modification ne nécessite pas l'ajout de nouveaux tronçons de tube.

Par ailleurs, le siphon actuel présente une pente relativement importante dans les remblais de la digue de fermeture et quasi-nulle dans le gabion.

En plus de modifier le tracé des siphons, les travaux de terrassement dans les remblais de la digue permettront donc de réduire la pente des siphons et ainsi de rehausser le niveau des siphons dans les gabions. Une telle modification du niveau des siphons permet d'éviter les conflits géométriques entre les siphons et les tirants.

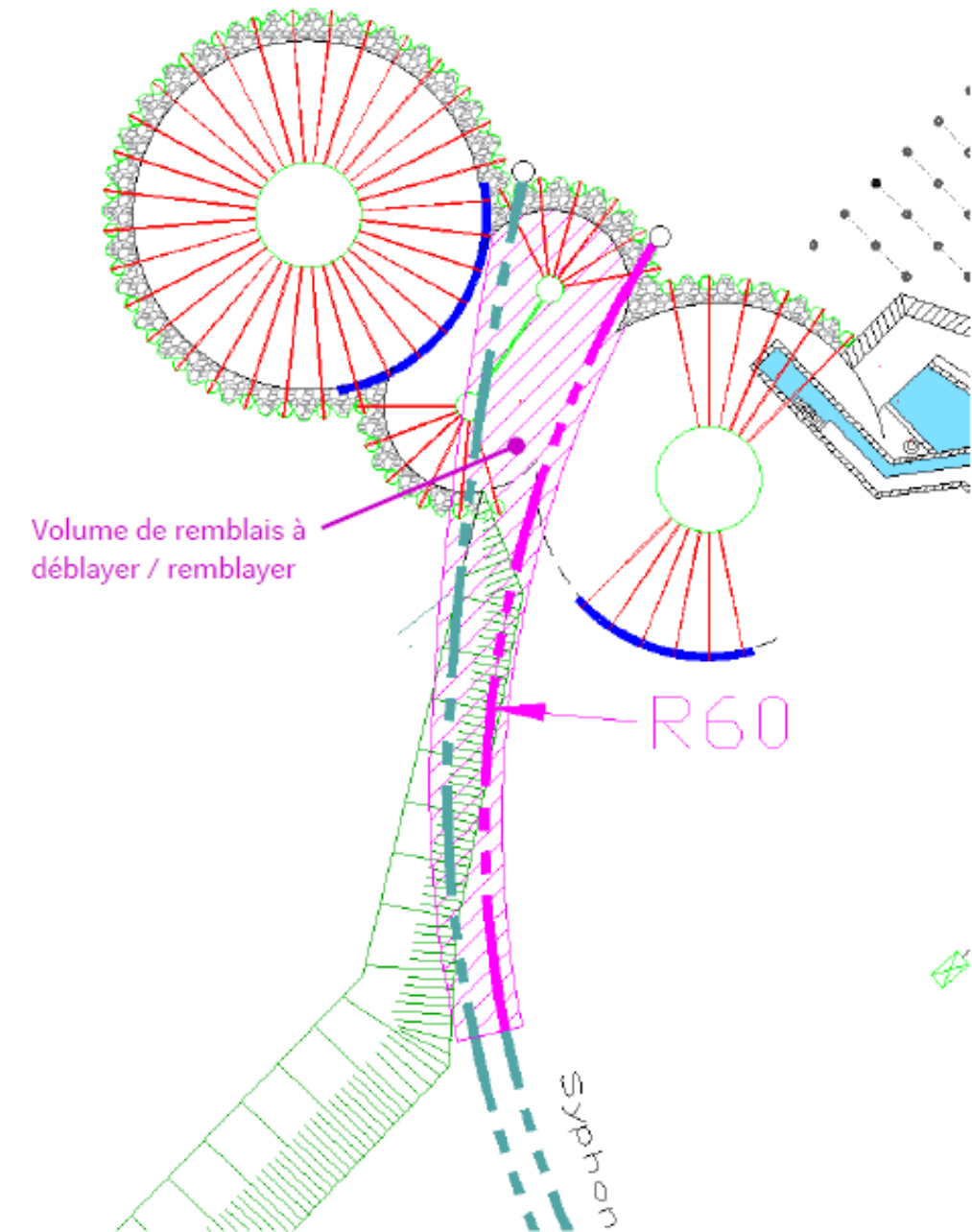


Figure 14 : Modification du tracé des siphons

6.4.2. Création d'une nouvelle rampe à civelles

L'EPTB Vilaine envisage de profiter des travaux de confortement des gabions pour créer une nouvelle rampe à civelle en périphérie du gabion N°6 (le plus en aval) reliée par une canalisation à la passe à civelles actuelle.

La nouvelle rampe sera accrochée au gabion comme celle plongeant actuellement dans l'estuaire.

Une construction d'une rampe dans le corps du gabion nécessiterait de réaliser d'importants travaux de terrassement et de génie civil. A l'inverse, après la mise en place du confortement des gabions, une rampe peut facilement être fixée en périphérie des gabions à l'aide de supports.

Etant donné que le niveau d'assise des canalisations enterrées est à moins d'un mètre sous le niveau de l'arase supérieure des gabions, il n'y a pas de risque d'interaction entre le fonctionnement du confortement des gabions et la création de la nouvelle rampe à civelle.

La rampe à civelle envisagée est présentée sur les figures ci-après.

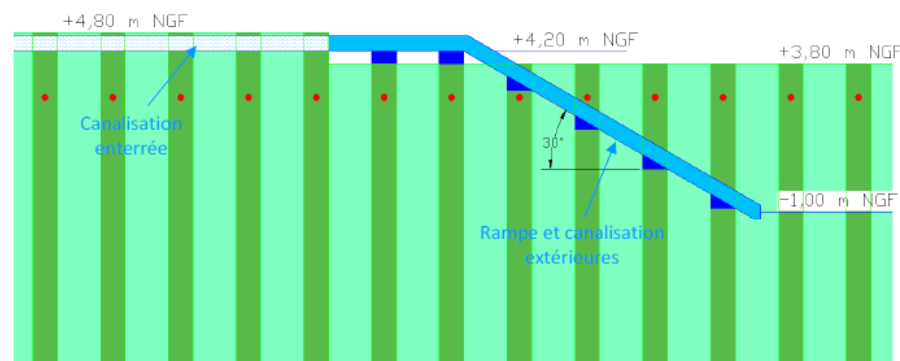


Figure 15 : Nouvelle rampe à civelle – Elévation

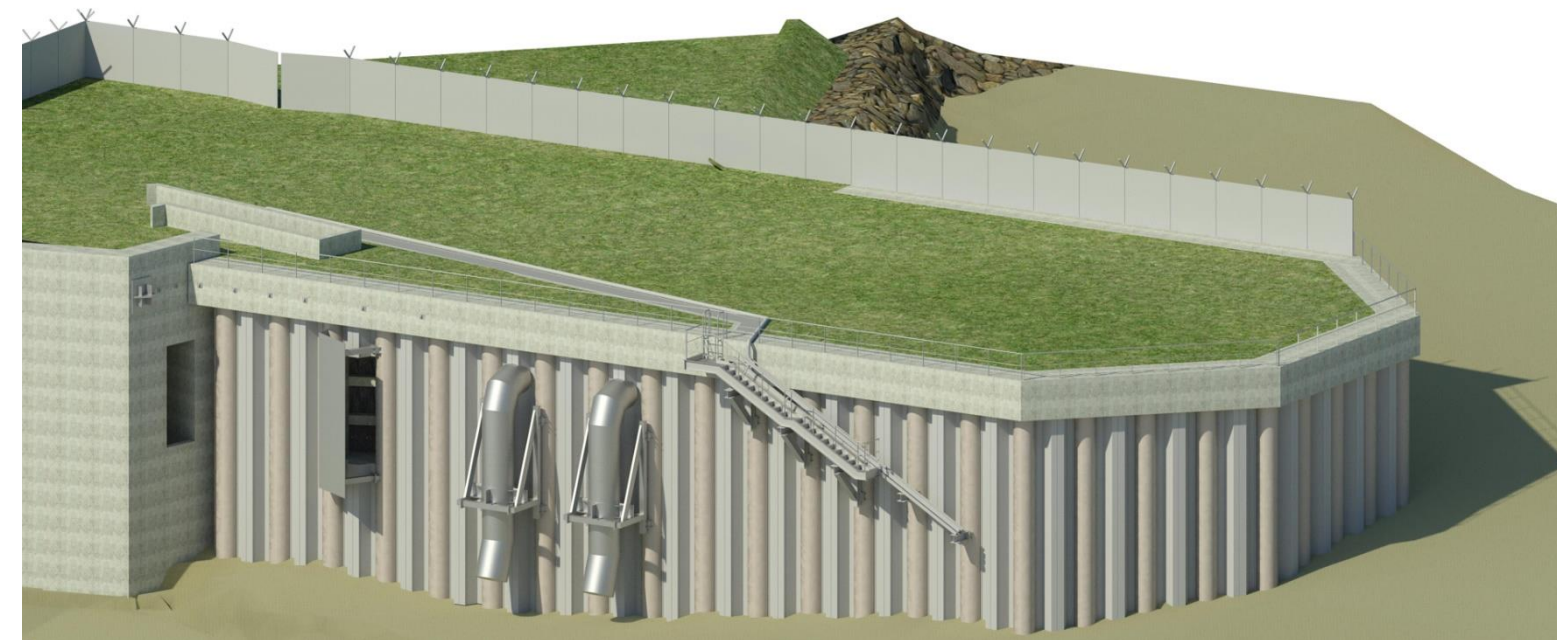


Figure 16 : Nouvelle rampe à civelle - Vue 3D

7. DESCRIPTION DES TRAVAUX

Le chantier se déroulera en 5 phases principales :

- Mise en place du rideau périphérique des gabions dans l'eau (battage puis forage des pieux au rocher. Ensuite mise en place et battage des palplanches intercalaires) ;
- Mise en place des tirants ;
- Curage des sédiments meubles (vases + sables) compris entre le gabion existant et le nouveau rideau périphérique ;
- Mise en place de remblais entre les palplanches actuelles et le nouveau rideau ;
- Réalisation de la poutre béton armé de couronnement du combiwall.

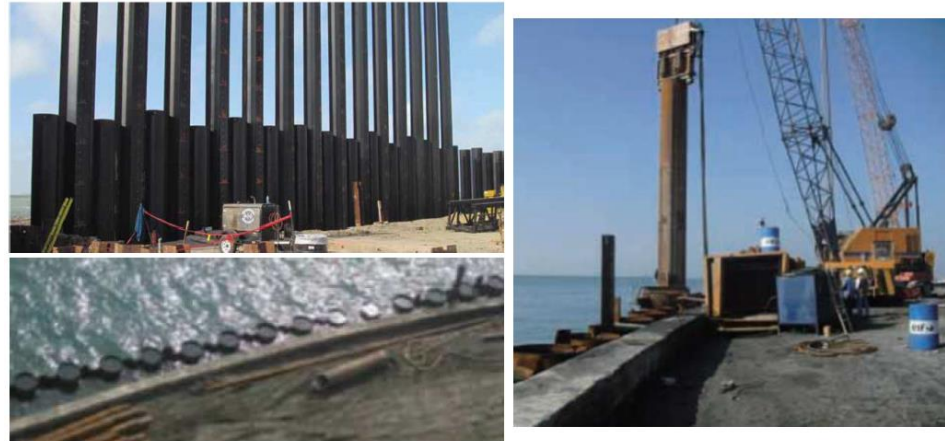


Figure 17 : Exemple de chantier de type combiwall (pieux + palplanches)

La solution retenue nécessite préalablement des opérations de dragage des vases contenues entre les gabions existants et le futur rideau combiwall périphérique, avant le remblaiement de l'interstice. Les volumes de dragage estimés sur les gabions amont et aval sont les suivants :

- Environ 1 200 m3 pour les gabions aval ;
- Environ 800 m3 pour les gabions amont ;
- Soit environ 2 000 m3 pour l'ensemble des gabions.

Les sédiments contenus dans l'espace délimité par le nouveau rideau de palplanches en extérieur et les gabions existants en intérieur seront évacués par une pompe aspiratrice côté intérieur, qui rejettera l'eau et la vase à l'extérieur, au jusant. Le tuyau d'évacuation rejettera les sédiments dans le courant du pertuis N°5 du barrage, favorisant un effet de chasse. Ainsi, les sédiments seront emportés en aval avec le courant, vers le large.

La technique utilisée permettra donc une remise en suspension des sédiments dans les courants de fond, au jusant, pour faciliter le départ des sédiments vers le large.

Par ailleurs, les volumes estimés de déblais/remblais nécessaires au projet de confortement des gabions amont et aval seront les suivants :

- Remblais de l'espace compris entre les palplanches des gabions existants et le nouveau rideau = environ 3 000 m3 en aval et 4 000 m3 en amont;
- Déblais-remblais pour niveler la plateforme supérieure des gabions = environ 2 500 m3 pour les gabions aval et 3 500 m3 pour les gabions en amont.

8. PLANNING ET PHASAGE PREVISIONNEL DES TRAVAUX

8.1. DUREE DES TRAVAUX

Pour les gabions aval, les durées sont données pour chaque phase de travaux principale dans le tableau ci-dessous.

Tableau 4 : Planning travaux gabions aval

Phase		Durée
Préparation chantier		4 à 6 mois
Installation chantier		0,5 mois
Réalisation du rideau palplanche/pieux	Mise en place pieux	2,5 mois
	Mise en place palplanches	1 mois
	Mise en place tirants	1 mois
	Déblais / remblais	2 mois
Réalisation de la poutre de couronnement		1 mois
Remplissage vide entre l'existant et la nouvelle structure		1 mois
Reprise du terre-plein		1 mois
<i>Option 1 : Déplacement de la sortie aval des siphons</i>		0,5 mois
<i>Option 2 : Création d'une nouvelle rampe à civelle</i>		1 mois

La durée totale des travaux pour les gabions aval est d'environ 10 mois, dont environ 6 mois de travaux en contact avec le milieu marin.

8.2. CONTRAINTES D'EXPLOITATION POUR LA PLANIFICATION DES TRAVAUX

La planification des travaux doit s'adapter à plusieurs contraintes d'exploitation, liées au barrage, à savoir :

Tableau 5 : Contrainte d'exploitation pour la planification des travaux

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Période où les siphons ne peuvent être bloqués												
Période de migration des civelles												
Période de migration importante des poissons												
Risques de crues												

Seront également prises en compte les contraintes suivantes :

- Les civelles remontant le fleuve de nuit, l'impact des travaux sur les migrations peut être limité si les travaux ne sont pas réalisés de nuit.
- Durant les périodes de migration de poissons, il faut éviter de réaliser des travaux bruyants à la fin de la marée montante quand la majorité des poissons arrivent au pied du barrage.
- Certaines contraintes d'exploitation dépendent des conditions climatiques : la sécheresse aura pour effet de prolonger la durée d'utilisation des siphons alors que de trop grosses intempéries augmentent le risque de crue.
- Conformément à l'arrêté en vigueur, les opérations de dragage des vases auront lieu au jusant pendant les marées de vives-eaux (coefficient supérieur à 70) en période hivernale, de mi-octobre à mars.

Par ailleurs, le calendrier des travaux prendra également en compte les conditions météorologiques en consultant régulièrement et avant chaque intervention, les outils de prévision et de vigilance officiels de Météo- France (Vigicrues, vigilance MF, stations locales).

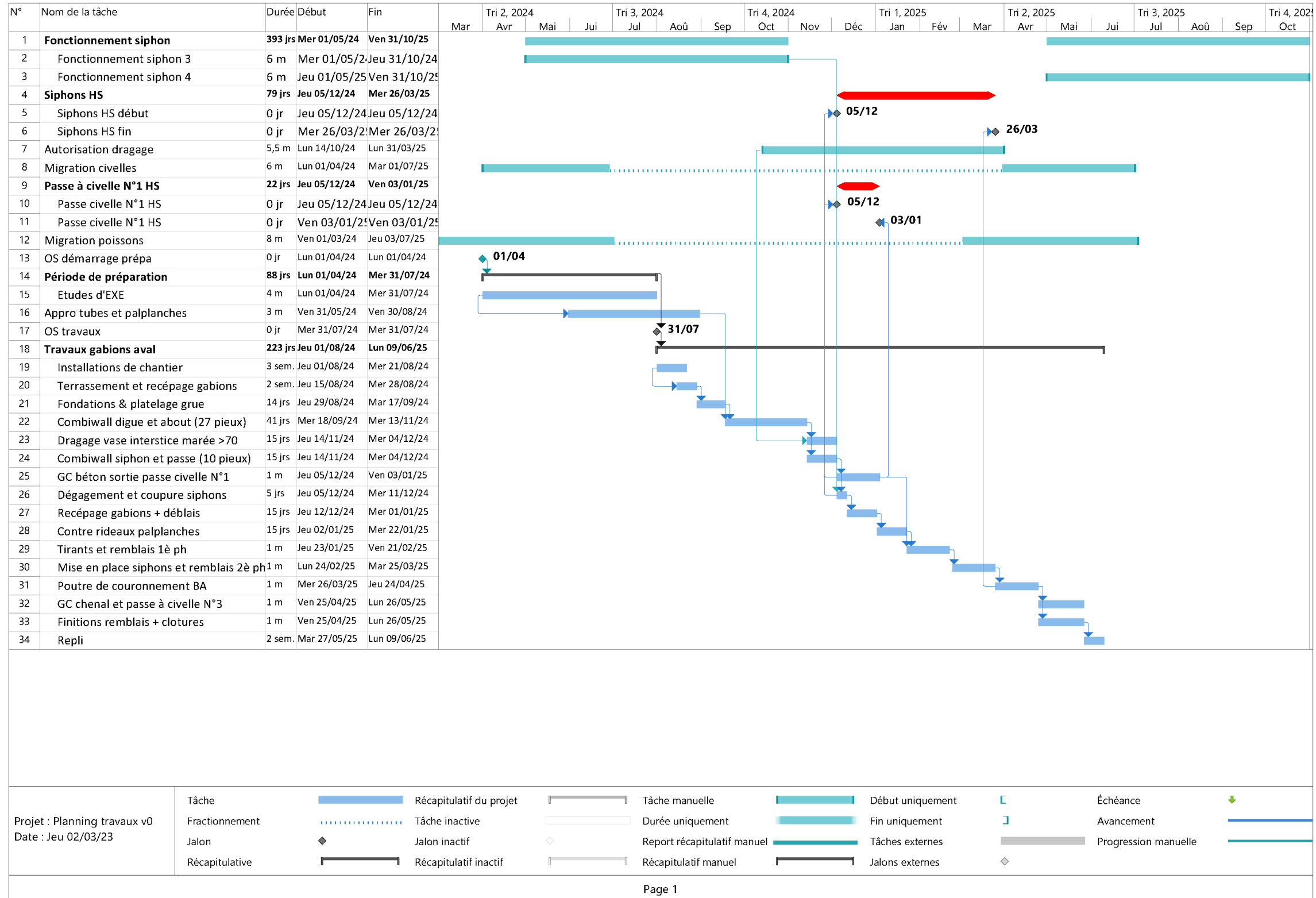
8.3. PLANNING TRAVAUX

Le planning ci-après présente les différentes étapes de réalisation des travaux prévues dans le cadre du projet.

Les phases principales des travaux susceptibles d'avoir un impact sur les contraintes d'exploitation se dérouleront préférentiellement en automne/hiver 2024.

Le planning des travaux présenté ci-après permet de visualiser la manière dont les contraintes spécifiques liées aux périodes de migrations des espèces et le fonctionnement des siphons ont été intégrés afin de limiter au maximum les incidences du chantier sur leur fonctionnement.

Tableau 6 : Planning prévisionnel des travaux



9. ESTIMATION DU MONTANT DES TRAVAUX

Le montant estimatif des travaux est d'environ **3 millions d'euros HT**, pour le seul confortement des gabions aval.

A ce montant, sont rajoutés les travaux d'accompagnement estimés à :

- Optimisation du positionnement des siphons : 300 K€HT.
- Mise en place de la nouvelle passe à anguilles (rampe n° 3) : 100 K€HT.
- Reprise du GC de la passe à anguille n° 1 : 50 K€HT.

	Unité	Quantité [u]	Prix unitaire [€/u]	Total [€]
Gabions aval – Hauteur moyenne considérée : 13 m / longueur de parement à conforter : 93 ml				
Frais généraux				
Installation / préparation / études / encadrement	F	1	220 000,00	220 000,00
Travaux préparatoires				
Préparation du site / Démolition diverses / Ouverture rideau	F	1	100 000,00	100 000,00
Réalisation d'un rideau mixte pieux palplanches avec tirants				
Palplanches AZ 40	kg	169 344	2,00	338 688,00
Pieux Ø 800 mm – Ep. 20 mm	kg	331 100	2,50	827 750,00
Contre-rideau - Palplanches AZ 40	kg	17 280	2,00	34 560,00
Tirants	ml	840	250,00	210 000,00
Couronne béton centre	m³	30	1000,00	30 000,00
Déblais / Remblais	m³	1 000	100,00	100 000,00
Réalisation d'une poutre de couronnement				
Poutre de couronnement 1,5 m x 1,5 m	m³	210	1300,00	273 000,00
Remplissage du vide entre l'existant et la nouvelle structure				
Remplissage en remblais	m³	1 817	120,00	218 040,00
Reprise du terre-plein				
Reprise du terre-plein sur 80 cm	m²	750	80,00	60 000,00
Total arrondi chantier gabions amont				2 415 000,00
MOE				120 000,00
TOTAL GENERAL HORS ALEAS				2 535 000,00
ALEAS 20%				507 000,00
TOTAL ESTIMATION GABIONS AVAL				3 042 000,00

Figure 18 : Estimation financière - Confortement des gabions aval par rideau mixte type Combiwall

L'estimation réalisée pour l'ensemble de l'opération (gabions aval + gabions amont) est d'environ **8 M€ HT**.