

CONSULTING

Direction Territoriale de
STRASBOURG - Canal des
Houillères de la Sarre -
Confortement de l'aqueduc du
bief n°23

Cahier des Clauses Techniques Particulières







Numéro du projet : 25CAE027

Intitulé du projet : DTS - Canal des Houillères de la Sarre - Confortement de l’aqueduc du bief n°23

Intitulé du document : CCTP

La traçabilité des signatures est assurée en interne. Ce formulaire peut être communiqué au client à sa demande

Contrôle données entrée	Réunion de démarrage	RACI Agrément	Check List (EDD)
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>

Version	Rédacteur NOM / Prénom		Contrôleur 1 NOM / Prénom		Contrôleur 2 NOM / Prénom		Date d’envoi JJ/MM/AA	COMMENTAIRES Documents de référence / Description des modifications essentielles
1	FRANCHET Léa		MICELI Julien		OUASSI Anas		09/07/2025	Version initiale
2	FRANCHET Léa		MICELI Julien		OUASSI Anas		31/07/2025	Mise à jour suite aux remarques de VNF
3								

Ce document a été réalisé par du personnel de SAFEGE SAS (opérant sous la marque commerciale SUEZ Consulting) ; SAFEGE SAS est un organisme agréé en tant qu’intervenant pour la sécurité des ouvrages hydrauliques, conformément à l’arrêté du 13 Juillet 2021 (Agrément « Auscultation - tous barrages » valide jusqu’au 31 juillet 2029)

Sommaire

1.....	Introduction	1
1.1	Contexte.....	1
1.2	Localisation et accès	2
1.3	Données à disposition.....	3
2.....	Description du site	4
2.1	Généralités	4
2.2	Historique du canal.....	4
2.3	Fiche synoptique du bief	5
2.4	Ouvrages traversants	5
2.5	Situation actuelle	6
3.....	Données disponibles et contraintes du site	9
3.1	Données topographiques	9
3.2	Données géotechniques	11
3.3	Données hydrauliques - PPRI.....	12
3.4	Environnement	12
4.....	Description des travaux	15
4.1	Principe	15
4.2	Accès et installation de chantier	15
4.3	Travaux préparatoires	22
4.4	Réfection du cuvelage.....	23
4.5	Phasage et calendrier prévisionnel	27
5.....	Etudes d'exécution	29
5.1	Base des études d'exécution	29
5.2	Ouvrages en béton	30
5.3	Rendus attendus	31

6.....	Spécification des fournitures et matériaux	32
6.1	Matériaux granulaires	32
6.2	Béton armé – Coffrages - Armatures	32
6.3	Matelas béton	33
6.4	Drain	34
6.5	Lisses de guidage en PEHD	35
6.6	Géotextile.....	35
6.7	Géomembrane.....	36
7.....	Modes d'exécution	37
7.1	Travaux préalables	37
7.2	Remblais	38
7.3	Pose de matelas béton	40
7.4	Béton – Coffrage – Armatures.....	41
7.5	Géotextile – Géomembrane – Géodrain	42
7.6	Points d'arrêt.....	42
7.7	Réception des travaux.....	42
7.8	Responsabilité de l'entrepreneur	42
8.....	Documents à remettre	44
8.1	Liste des documents	44
8.2	Programme d'exécution des travaux.....	44
8.3	Plan Particulier de Sécurité et de Protection de la Santé.....	45
8.4	Plan d'Assurance Qualité	45
8.5	Plan d'Assurance Environnement (PAE).....	46
8.6	Plans d'exécution – notes de calcul – études de détails.....	46
8.7	Contrôle extérieur	47
8.8	Journal de chantier	47
8.9	Rapport d'essai et de contrôle	48
8.10	Dossier de récolement	49

8.11 Version dématérialisée..... 50

Table des illustrations

Figure 1 : Localisation de la zone de fuite- Source VNF	1
Figure 2 : Traces de fuites sur la risberme aval	1
Figure 3 : Reprise de l'enrobé en crête	1
Figure 4 : Effondrement du piédroit de l'aqueduc sous la digue.....	2
Figure 5 : Localisation du périmètre du projet - Source Géoportail	2
Figure 6 : Vue générale du bief 23 proche de la zone d'étude.....	5
Figure 7 : Vues de la sortie de l'aqueduc côté rive droite.....	6
Figure 8 : Profil en long de l'aqueduc	6
Figure 9 : Zone des fuites	7
Figure 10 : Zone en enrobés reprise	7
Figure 11 : Amont de la zone	7
Figure 12 : Résurgences de fuites sur le parement aval.....	7
Figure 13 : Effondrement dans l'aqueduc.....	7
Figure 14 : Fuites à travers la maçonnerie de l'aqueduc	7
Figure 15 : Zone confortée avec membrane.....	8
Figure 16 : Zone confortée sans membrane.....	8
Figure 17 : Profil en travers - Cabinet Schaller-Roth-Simler - 2011	9
Figure 18 : Coupe en travers du canal	10
Figure 19 : Coupe en travers de l'aqueduc.....	10
Figure 20 : Vue en plan et bathymétrie.....	10
Figure 21 : Carte géologique au droit des fuites (BRGM)	11
Figure 22 : Extrait du PPRI au droit du site.....	12
Figure 23 : Zonages réglementaires – Site : CARMEN.....	13
Figure 24 : Vue en plan du confortement proposé.....	15
Figure 25 : Accès à la zone de travaux	16
Figure 26 : Schématisation de l'accès en rive droite.....	16
Figure 27 : Pont SNCF limitant la zone accessible aux véhicules >15 t.....	17
Figure 28 : Déviation envisagée de la piste cyclable	17
Figure 29 : Zones d'installation de chantier envisagées	18
Figure 30 : Photos des zones de stockage envisagées	19
Figure 31 : Schéma d'installation des pompes	21
Figure 32 : Exemples de mise en œuvre de matelas béton – Source : www.huesker.fr	24
Figure 33 : Coupe en travers du canal	24
Figure 34 : Coupe type en travers des bèches	25
Figure 35 : Zoom sur raccord amont et aval entre le cuvelage et le radier.....	25
Figure 36 : Reprise du cuvelage en rive droite	25
Figure 37 : Zoom sur raccord en rive droite (source photo : Huesker)	26
Figure 38 : Raccordement du cuvelage en rive gauche.....	26
Figure 39 : Zoom sur le raccord rive gauche avec le mur de soutènement.....	27
Figure 40 : Coupe en travers des travaux dans l'aqueduc.....	27
Figure 41 : Planning envisagé.....	28
Figure 42 : Exemple de lisses de guidages en PEHD (ADC Maritime à gauche) – Bief 22 à droite	35

Liste des tableaux

Tableau 1 : Fiche synoptique du bief..... 5

Tableau 2 : Caractéristiques mécaniques des matériaux granulaires nécessaires 32

Table des annexes

Annexe 1 Plans du confortement

1. INTRODUCTION

1.1 Contexte

La Direction Territoriale de STRASBOURG (DTS) des Voies Navigables de France (VNF) a la charge de l'exploitation du Canal des Houillères de la Sarre de GONDREXANGE (57), à sa jonction avec le canal de la Marne au Rhin, jusqu'à SARREBRUCK (Allemagne).

Le bief 23 d'une longueur d'environ 5,7 km présente des désordres importants sur la rive droite au droit de l'aqueduc au Point Kilométrique (PK) 56,939. Un premier EISH (Événement Important pour la Sécurité Hydraulique) a été signalé le 20/12/2023 suivi d'un second le 23/05/2024.

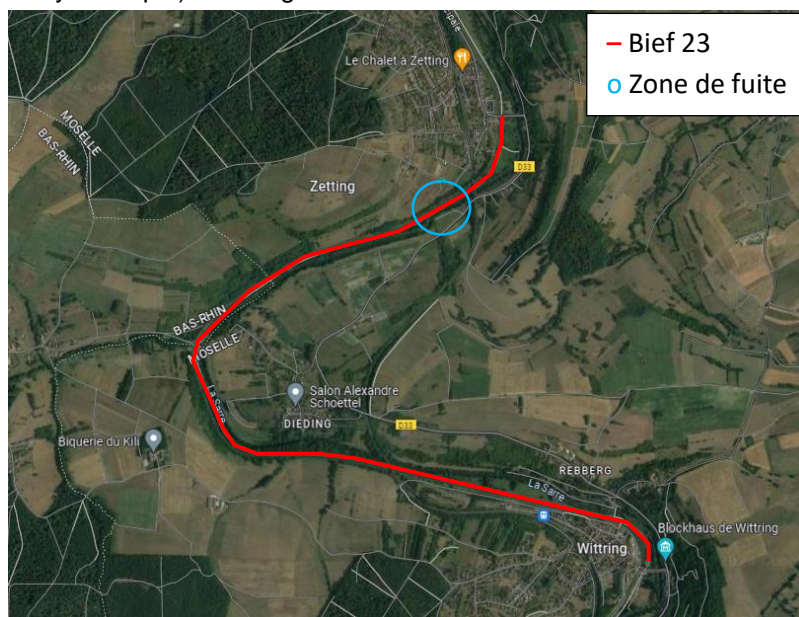


Figure 1 : Localisation de la zone de fuite- Source VNF

En effet, plusieurs fuites étaient visibles sur le talus aval au pied du parement maçonné. De plus, l'aqueduc traversant le canal présente un effondrement sous la digue au travers duquel se trouve une autre fuite.



Figure 3 : Reprise de l'enrobé en crête



Figure 2 : Traces de fuites sur la risberme aval



Figure 4 : Effondrement du piédroit de l'aqueduc sous la digue

VNF a mandaté Suez Consulting pour réaliser un premier diagnostic en 2024 à la suite des EISH. La présente mission fait suite au diagnostic réalisé et a pour but de dimensionner une solution de confortement au stade AVP-PRO.

1.2 Localisation et accès

Le projet se situe sur la commune de ZETTING dans le département de la Moselle (57). Le site se trouve sur le Canal des Houillères de la Sarre, à environ 200 m au sud du pont SNCF, et à 650 m de l'écluse.

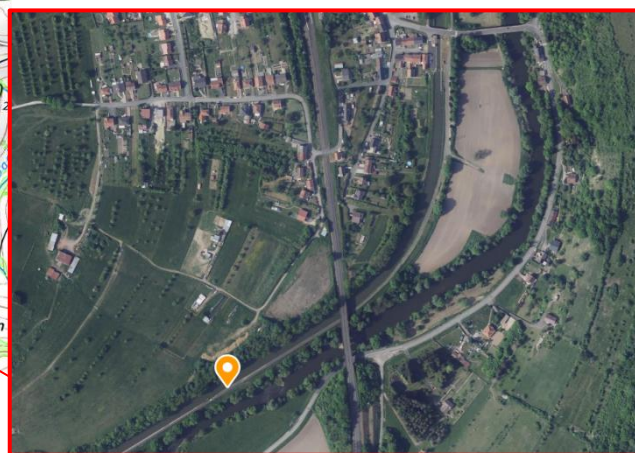
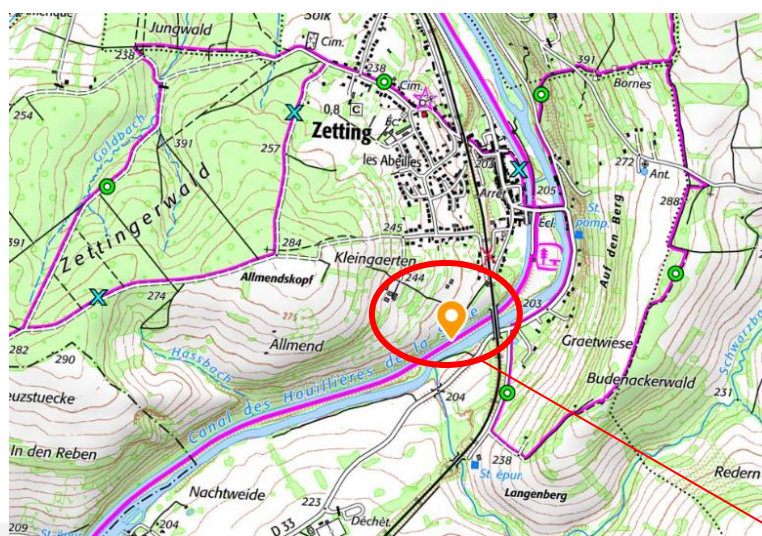


Figure 5 : Localisation du périmètre du projet - Source Géoportail

1.3 Données à disposition

Les données à disposition pour la réalisation de l'étude sont les suivantes :

- [1] Profil en long et en travers du bief 23 – SCHALLER-ROTH-SIMLER – 2011 ;
- [2] Rapport diagnostic du CMR par SAFEGE en 2012 ;
- [3] Sondages géotechniques réalisés par ALIOS en 2012 ;
- [4] Schéma itinéraire du canal, y compris du bief 23.
- [5] Diagnostic réalisé par SAFEGE en 2025.
- [6] Sondages géotechniques réalisés par FONDASOL en 2024
- [7] Investigations topographiques et bathymétriques réalisées par GUELLE en 2025.

2. DESCRIPTION DU SITE

2.1 Généralités

Le bief 23 se situe sur le Canal des Houillères de la Sarre, entre les PK 51,9 et 57,6 km, soit 5,7 km de long. La digue rive droite est en remblais sur l'ensemble du linéaire tandis que la digue rive gauche se trouve en pied du coteau. Les deux sont en charge permanentes. Sur la quasi-totalité du linéaire, la rive droite est longée par la Sarre en pied.

D'après la réglementation (décret du 12 mai 2015 sur la sécurité des ouvrages hydrauliques), la digue du canal est considérée comme un barrage. La définition réglementaire s'appuie sur la hauteur au point le plus haut de l'ouvrage et le volume stocké à l'arrière. La hauteur à prendre en compte est la hauteur la plus haute sur le bief (8,6 m). Le volume correspond au volume global du bief 23. Ainsi, selon les informations collectées, la digue rive droite du bief est classée, au titre du décret du 12 mai 2015 en barrage de classe C.

2.2 Historique du canal

Le canal a été construit à la fin du XIX^{ème} siècle (1861-1864). Les digues sont donc anciennes et ne respectent pas les règles de l'art actuelles recommandant un bon niveau d'étanchéité à l'amont et un bon pouvoir drainant à l'aval. De manière générale, la digue a été réalisée à partir de matériaux locaux non triés. Ces matériaux sont de manière dominante des limons ou des argiles plus ou moins sableux.

VNF a entrepris plusieurs travaux sur l'ouvrage au droit du désordre :

- 2019-2020 : mise en œuvre de gabions sur plusieurs zones du parement amont ;
- 2023 : reprise de 2 fontis, apparus en crête au droit de la zone du désordre, avec la mise en œuvre d'argile pour les combler ;
- 2024 : mise en œuvre d'une géomembrane sur le talus amont du cuvelage sur environ 20 m de long. Elle a été lestée par des IPN en pied et ancrée en tête par des enrochements (enrochements existants en berges réutilisés). Plus tard dans l'année, des affaissements et zones humides en crête ont été à nouveau observés ainsi qu'une fuite de surface sur le talus amont. De l'argile a directement été mis de manière à étanchéifier la zone.

2.3 Fiche synoptique du bief

Tableau 1 : Fiche synoptique du bief

Type d'ouvrage	Remblai a priori argileux
Terrain de fondation	Alluvions récentes
Hauteur max au-dessus du TN	RD : 8,6 m
Hauteur au droit de l'aqueduc au PK 56,9	RD : 6,4 m
Largeur max en crête	4,3 m
Largeur au droit de l'aqueduc au PK 56,9	3,0 m
Fruit du parement aval	RD : perré maçonné - env 1H/1V
Fruit du parement amont	/
Altitude crête au droit de l'aqueduc au PK 56,9	RD : 207,40 m NGF
Niveau du canal	NNE : 207,11 m NGF Tirant d'eau : 2,2m
Niveau de la risberme aval	Env : 204,4 m NGF
Cote PPRI en pied aval (Sarre)	Env. 205,6 m NGF



Figure 6 : Vue générale du bief 23 proche de la zone d'étude

2.4 Ouvrages traversants

Un aqueduc traverse le canal au droit des résurgences observées. Il présente les caractéristiques suivantes :

Terrain de fondation	Calcaire
Hauteur	1,3 m
Largeur	1,0 m
Longueur	30 m
Fil d'eau amont	204,10 m NGF
Fil d'eau aval	202,03 m NGF
Pente	Env. 3%

Il est rappelé que l'aqueduc a été réalisé dans le calcaire en fondation sous le canal.



Figure 7 : Vues de la sortie de l'aqueduc côté rive droite

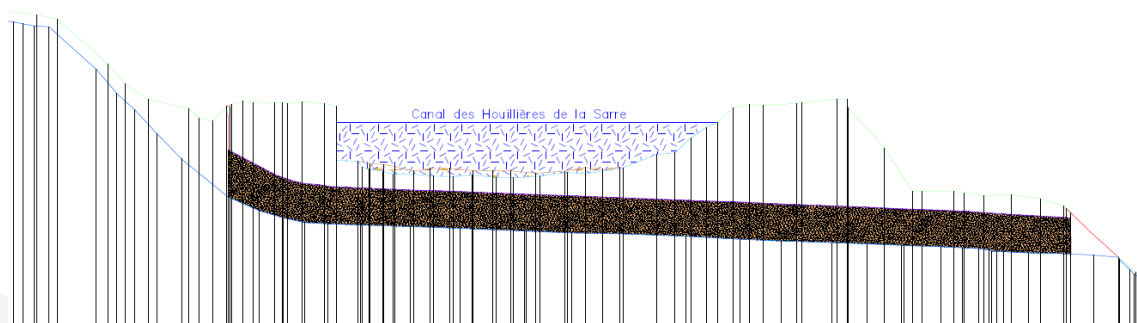


Figure 8 : Profil en long de l'aqueduc

D'après nos informations aucun autre réseau ne traverse la digue hormis la fibre de VNF en rive droite.

2.5 Situation actuelle

En décembre 2023, VNF a constaté la présence de résurgences en pied de talus aval, au-dessus de la risberme, sur la digue rive droite du bief 23. Ces résurgences sont apparues sur une zone d'environ 20 m à travers la maçonnerie du perré sur le parement aval, au PK 56,900. Cela correspond à la présence d'un aqueduc.

Ce dernier présente des dégradations à l'intérieur du conduit, sous la digue. En effet la maçonnerie de l'aqueduc s'est effondrée sous la digue sur environ 1 m². La zone effondrée se situe à environ 10 m de l'entrée de l'aqueduc. La maçonnerie intérieure présente également plusieurs résurgences actives, dont une résurgence au-travers de la zone effondrée.

De plus, un fontis est observé en crête, côté canal, de diamètre 50 cm et de profondeur 30 cm. Il a été bouché par l'exploitant en décembre 2023.



Figure 9 : Zone des fuites



Figure 10 : Zone en enrobés reprise



Figure 11 : Amont de la zone



Figure 12 : Résurgences de fuites sur le parement aval



Figure 13 : Effondrement dans l'aqueduc



Figure 14 : Fuites à travers la maçonnerie de l'aqueduc

En février 2024, à la suite des désordres, l'exploitant a mis en œuvre une géomembrane sur le talus amont du cuvelage sur environ 20 m de long. Elle a été lestée par des IPN en pied et ancrée en tête par des enrochements (enrochements existants en berges réutilisés).

La mise en œuvre des confortements provisoires (béton sur le talus amont + géomembrane) semble avoir permis de supprimer les fuites dans le talus. Des fontis ont cependant été à nouveaux observés au mois de mai 2024. De l'argile a directement été mis de manière à étanchéifier la zone. Les mouvements en crête ne semblent pas avoir repris.



Figure 15 : Zone confortée avec membrane

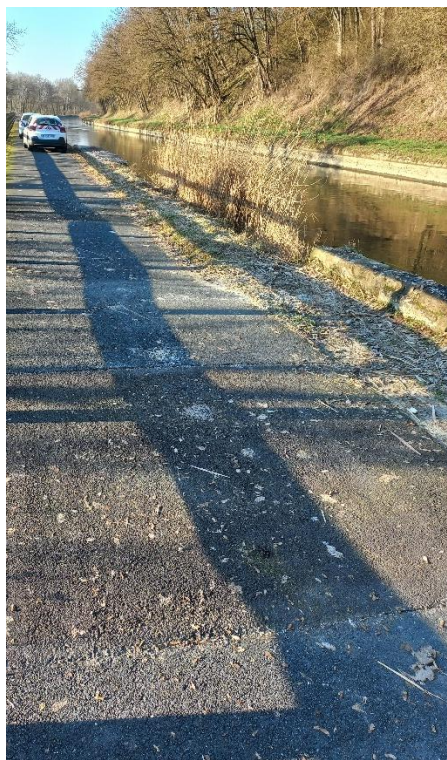


Figure 16 : Zone confortée sans membrane

3. DONNES DISPONIBLES ET CONTRAINTES DU SITE

3.1 Données topographiques

3.1.1 Levés 2011 – SCHALLER-ROTH-SIMLER

Lors du diagnostic de 2011, des investigations topographiques ont été réalisées. Un profil a été réalisé quasiment au droit du fontis, au PK 57,125 (soit environ 130 m en aval).

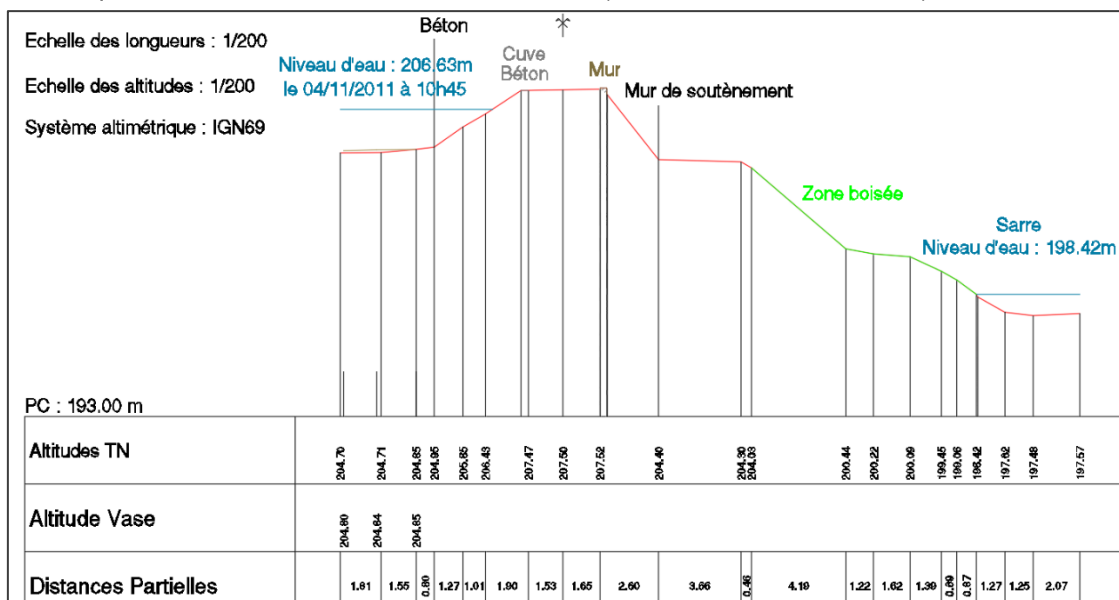


Figure 17 : Profil en travers - Cabinet Schaller-Roth-Simler - 2011

Le profil indique une crête de 3,2 m de large et un talus aval allant jusqu'à la Sarre et relativement raide avec une pente d'environ 3H/2V (1H/1V sur la partie haute) coupée en deux par une risberme.

La différence de charge entre la talus amont et aval est d'environ 8 m. Cette hauteur est cependant variable compte tenu de la variation du niveau de la Sarre.

3.1.2 Levés 2025 – GUELLE & FUCHS

Des investigations complémentaires ont été réalisés en avril 2025 concernant :

- La géométrie de l'aqueduc (section, fils d'eau) ;
- L'altitude des berges ;
- L'altitude du fond du canal (bathymétrie) sur 115 ml.

Les investigations ont permis d'obtenir les données suivantes :

- Cuvelage du canal : 205,01 m NGF ;
- Épaisseur de vase : 28 cm ;
- Fil d'eau amont de l'aqueduc : 204,07 m NGF ;
- Fil d'eau aval de l'aqueduc : 203,51 m NGF ;
- Couverture minimale au-dessus de l'aqueduc : 54 cm.

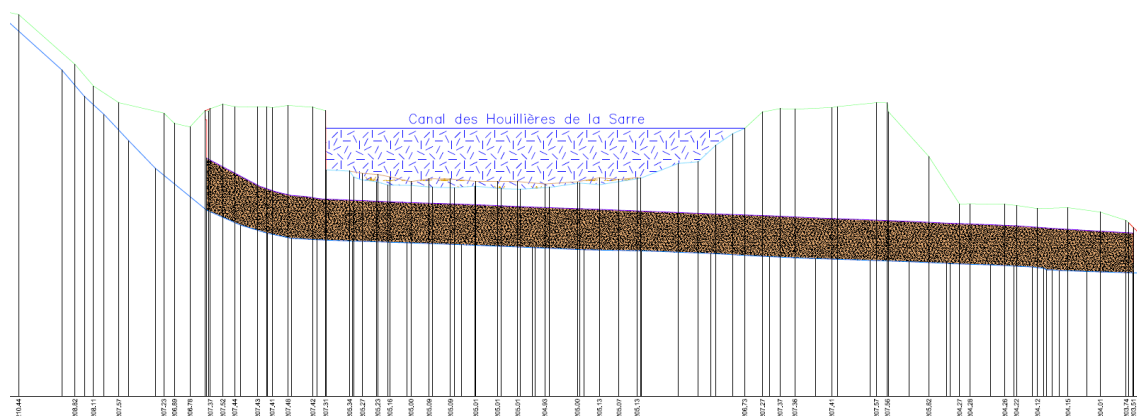


Figure 18 : Coupe en travers du canal

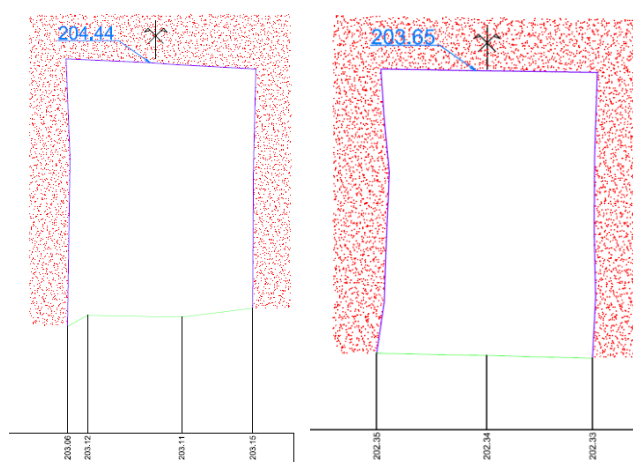


Figure 19 : Coupe en travers de l'aqueduc

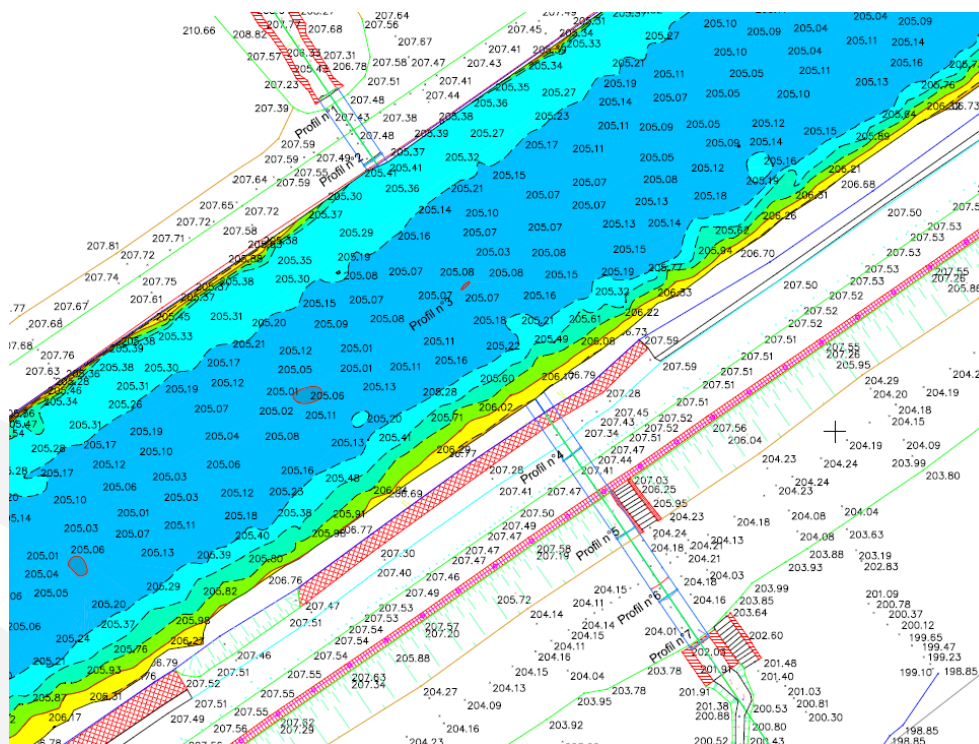


Figure 20 : Vue en plan et bathymétrie

3.2 Données géotechniques

3.2.1 Carte géologique

La carte géologique du BRGM (feuille n°166 de SARREGUEMINES) indique que le site comporte essentiellement des alluvions.

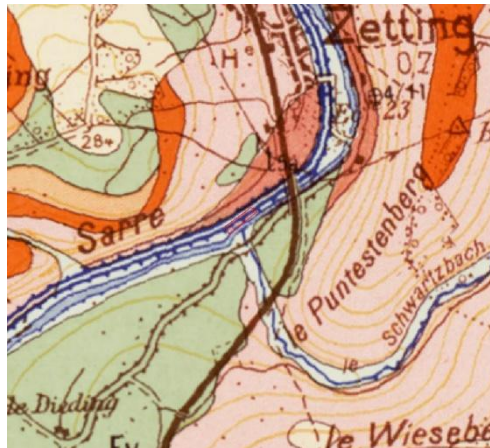


Figure 21 : Carte géologique au droit des fuites (BRGM)

3.2.2 Reconnaissances géotechniques 2011

Lors du diagnostic de 2011, une campagne de sondages a été réalisée sur l'ensemble du canal, dont plusieurs sondages sur le bief 23. Deux sondages encadrent ainsi la zone du projet :

- Un sondage carotté au PK 56,9 + essais labo (noté 23SC70D) ;
- Une tarière au PK 57,100 + essais labo (noté 23T71D).

Ces investigations révèlent la lithologie suivante :

- 23SC70D :
 - Limons +/- graveleux sur environ 3,5 m, entre les cotes 207,4 et 205,0 m NGF ;
 - Marno-calcaire en fondation à partir de la cote 205,0 m NGF, avec une importante couche de calcaire entre 203,8 et 199,3 m NGF ;
- 23T71D :
 - Limons argileux sur environ 2 m, entre les cotes 207,5 et 205,8 m NGF ;
 - Argiles sableuses sur 1,5 m, entre les cotes 205,8 et 204,3 m NGF ;
 - Argiles grises sur environ 3 m entre les cotes 204,3 et 201,5 m NGF ;
 - Marne en fondation à partir de la cote 201,5 m NGF.

Une couche de marno-calcaire semble apparaître en fondation sur les 20 derniers centimètres à partir de la cote 198,95 m NGF. Cela semble indiquer un pendage de la couche marno-calcaire de l'amont du bief vers l'aval au droit de l'aqueduc.

D'après les investigations géotechniques ci-dessus il est probable de rencontrer une fondation marno-calcaire sous l'ouvrage.

3.2.3 Reconnaissances géotechniques 2024

Les sondages géotechniques suivants ont été réalisés par Fondasol en juillet 2024. Ils présentent la lithologie suivante :

- De l'argile graveleuse molle entre 1 et 1,4 m de profondeur (soit jusqu'aux cotes 206,1-206,5 m NGF) avec :
 - $0,30 < pl^* < 0,44$ MPa ;
 - $3,4 < Em < 4,6$ MPa ;
- Du calcaire gris sur 2,3 m de profondeur (soit jusqu'à la cote 204,3 m NGF) ;
- Du calcaire argileux raide sur 2,7 m de profondeur (soit jusqu'à la cote 201,6 m NGF) avec :
 - $2,0$ MPa $< pl^*$;
 - $14,0 < Em < 57,1$ MPa ;
- Une fondation argilo-calcaire très raide à partir de 6 m de profondeur (soit la cote 201,6 m NGF) avec :
 - $3,0$ MPa $< pl^*$;
 - $46,1 < Em < 238,6$ MPa.

L'eau s'est stabilisée dans les sondages à environ 5,5 m de profondeur, soit vers la cote 202 m NGF (environ 3 m plus haut que le niveau de la Sarre).



À noter

Le calcaire a été rencontré à très faible profondeur, à partir de 1 m de profondeur, soit bien au-dessus du radier du canal. L'aqueduc semble donc avoir été créé dans le calcaire.

3.3 Données hydrauliques - PPRI

Le PPRI de la Sarre indique un niveau à la cote environ 205,6 m NGF, soit plus d'1 m au-dessus de la risberme.

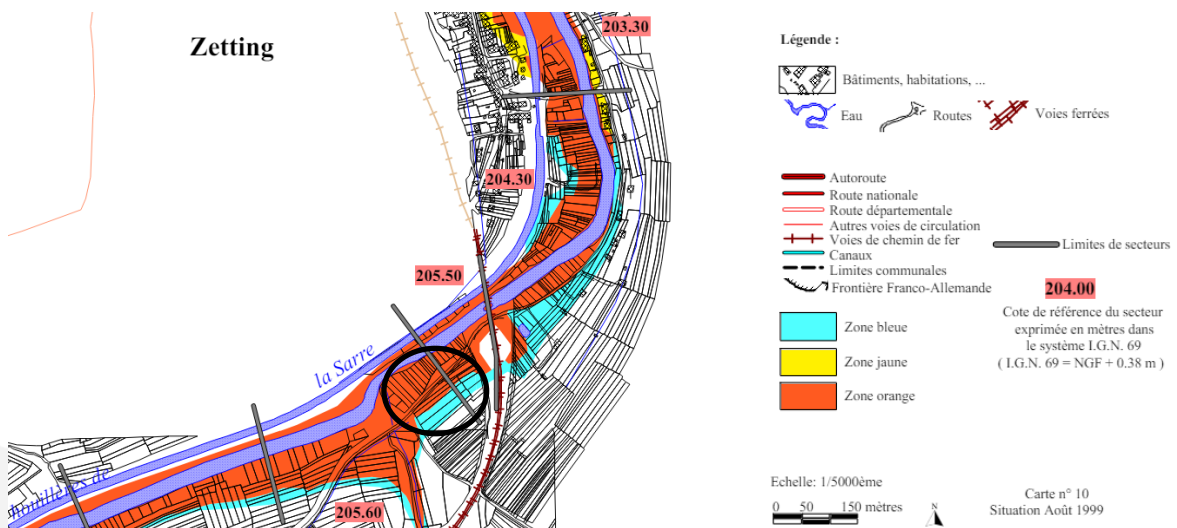


Figure 22 : Extrait du PPRI au droit du site

3.4 Environnement

3.4.1 Enjeux

Le site est concerné par une ZNIEFF de type 1 : GITES À CHIROPTERES (410007530).



Figure 23 : Zonages réglementaires – Site : CARMEN

À ce stade aucune coupe d'arbre n'est prévue pour la réalisation des travaux. La galerie de l'aqueduc pouvant cependant servir de gîte, il sera nécessaire d'en fermer l'entrée dès la rentrée pour éviter la formation d'un nid. Cette fermeture est à effectuer par VNF.

3.4.2 Gestion en phase chantier

Les mesures d'évitement à mettre en œuvre lors du chantier sont les suivantes :

- Limitation de l'emprise chantier à l'emprise indiquée par le MOA ;
- Adaptation des périodes de chantier ;
- Remise en état des zones d'utilisation temporaire à la fin des travaux ;
- Gestion écologique des habitats dans la zone d'emprise du projet ;
- Limitation de la pêche de sauvegarde à l'enclave du chantier.

Les mesures suivantes sont à mettre en œuvre en phase chantier pour gérer les écoulements, limiter les MES :

- Les entreprises et les personnels qui interviendront sur le chantier seront responsabilisés et sensibilisés à la pollution des eaux ;
- Les engins seront équipés de dispositifs anti-pollution (absorbants, boudins, etc.) pour réagir de manière instantanée et efficace en cas de déversement accidentel ;
- Les engins utilisés seront maintenus en bon état de fonctionnement, contrôlés régulièrement et stockés à distance du canal ;
- Dans le cas de la gestion de pollutions chroniques et accidentelles, les mesures de protection suivantes sont à mettre en œuvre :
 - Pollution par matières en suspensions :
 - Filtration des eaux pompées pour éviter le relargage de fines ;
 - Pollution par huiles, graisses et hydrocarbures :
 - Maintenance préventive du matériel et des engins ;
 - Étanchéification des aires de dépôt et de stockage ;

- Utilisation d'huile bio pour les engins de chantier dans la mesure du possible ;
- Mise à disposition d'un kit de dépollution.

4. DESCRIPTION DES TRAVAUX

4.1 Principe

La solution de confortement proposée permet de reprendre l'étanchéité de la zone afin de supprimer le risque de fuite autour de l'aqueduc. Compte tenu de la proximité du calcaire en fondation, le confortement consiste à reprendre l'intégralité du cuvelage béton et d'améliorer le drainage via :

- La mise en œuvre d'un nouveau cuvelage en matelas béton ;
- La mise en œuvre d'un géodrain ainsi qu'une géomembrane en fond de fouille pour assurer le drainage et l'étanchéité du canal.

La zone confortée s'étend sur 25 ml :

- 10 m en aval de l'aqueduc afin de supprimer les risques de contournement. Le remblai en rive droite étant suffisamment épais (7 m avant la risberme, 15 m avec la risberme) le cheminement hydraulique est devenu suffisamment long pour ne pas engendrer un risque d'érosion ;
- 15 m en amont de l'aqueduc, soit jusqu'à la fin du confortement provisoire.

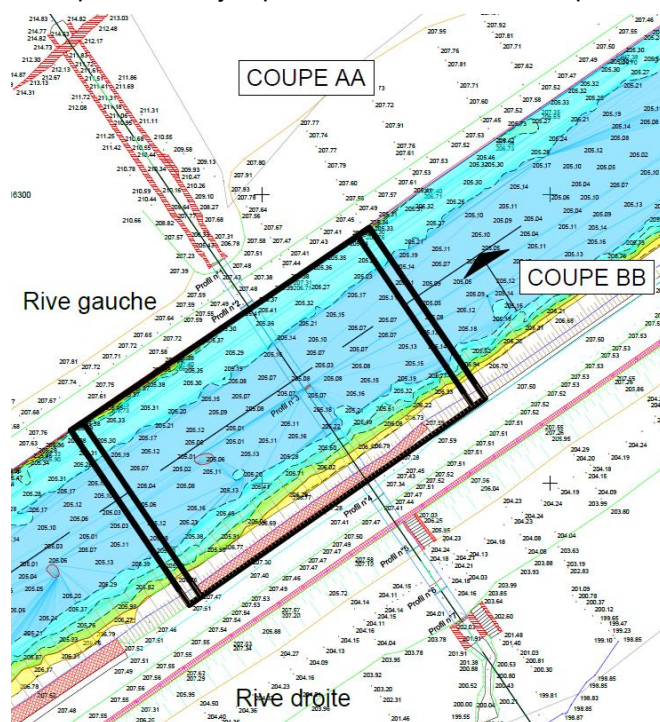


Figure 24 : Vue en plan du confortement proposé

4.2 Accès et installation de chantier

4.2.1 Accès

Le site est accessible via la Rue Principale de ZETTING puis la piste cyclable en crête de digue.

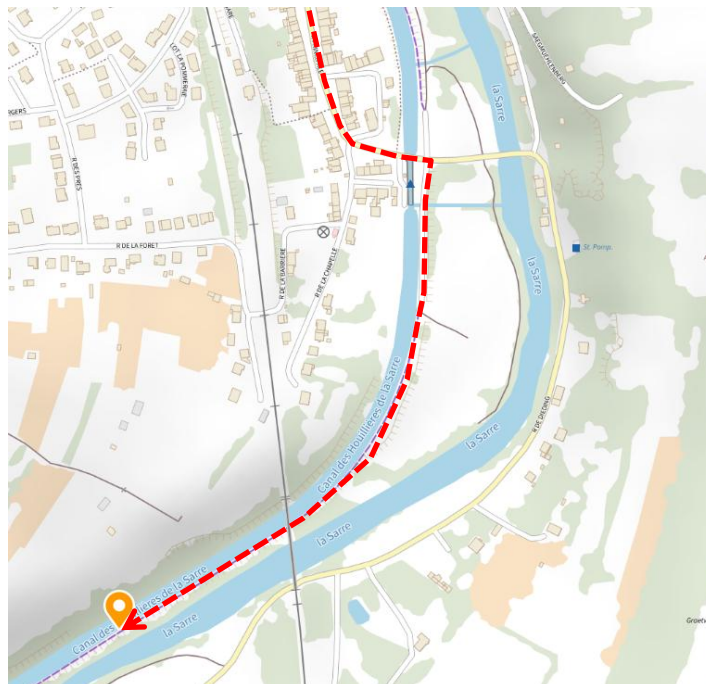


Figure 25 : Accès à la zone de travaux



Figure 26 : Schématisation de l'accès en rive droite

L'accès par la rive gauche est à proscrire car très limité. En effet il ne présente aucun cheminement existant.

L'accès en rive droite est limité à 15 tonnes au-delà du pont SNCF. L'entreprise limitera l'accès des engins lourds (toupies béton notamment). Ces derniers seront à arrêter au droit du pont SNCF soit environ 200 m en amont du chantier. L'apport de béton par exemple sera à réaliser avec une pompe à béton au-delà du pont.

La vitesse de circulation en crête sera limitée à 10 km/h.



Figure 27 : Pont SNCF limitant la zone accessible aux véhicules >15 t

4.2.2 Déviation de la piste cyclable

La piste cyclable devra être coupée au droit de la zone de travaux.

Compte tenu de la présence de la Sarre en rive droite du bief, aucune déviation cyclable ne peut être mise en œuvre sur le bief 23. Il faudrait réorienter les usagers dès la fin du bief 22 (WITTRING) par une route départementale vers l'écluse n°23 à ZETTING.

Le cheminement en risberme est à proscrire compte tenu de stockage potentiel et de la proximité avec le chantier et les engins. De plus c'est une zone inondable en cas de crue de la Sarre.



Figure 28 : Déviation envisagée de la piste cyclable

4.2.3 Installation de chantier

Les installations de chantier sont à mettre en place sur l'emprise de VNF localisé dans la rive droite en amont directe de l'écluse 23. La zone de stockage pourra être située au même endroit.

Une seconde zone de stockage peut être située en crête, à 210 ml en amont de la zone de travaux. En effet la crête est plus large sur cette zone : environ 20 ml de large.

Environ 2 200 m² de surface sont à disposition pour les baraquements et le stockage de matériel. La prestation comprend :

- L'installation des bâtiments provisoires ;
- L'approvisionnement en électricité et en eau ;
- La clôture des lieux ;
- L'entretien des locaux et des aires de stationnement ;
- La dépose des locaux, la remise en état du terrain et des accès ;
- La mise en place d'un panneau 2 m x 1 m au niveau de la Rue Principale mentionnant l'opération, les intervenants, le coût selon la charte graphique du Maître d'Ouvrage.

Cette prestation sera réalisée et supportée en totalité par le titulaire du marché. Le titulaire soumettra le projet d'installation de chantier et les accès auprès du maître d'œuvre.

Aucune installation de chantier ne sera mise en œuvre sur la risberge aval en rive droite. En effet cette zone est inondable par la Sarre.



Figure 29 : Zones d'installation de chantier envisagées



Figure 30 : Photos des zones de stockage envisagées

4.2.4 Constat d'huissier

Avant le démarrage des travaux et pendant la période de préparation du chantier, le titulaire fera établir un constat d'huissier concernant l'état des ouvrages existants dans l'emprise des travaux ainsi qu'au niveau de toutes les voies d'accès et les zones prévues d'installations de chantier.

Les travaux ne pourront pas débuter sans la réalisation du constat d'huissier.

À la fin des travaux, il sera procédé à un nouveau constat des lieux par constat d'huissier et le Maître d'œuvre dressera la liste des interventions et de leur étendue relative à la réfection des ouvrages existants détériorés. L'intervention se fait aux frais du titulaire. Les constats sont à la charge du titulaire et seront transmis au Maître d'œuvre dès leur réalisation.

4.2.5 Contrôle des eaux

Compte tenu de la nécessité de supprimer le cuvelage, le canal ne pourra pas rester ouvert à la navigation et la zone de travaux devra être mise à sec.

Les travaux sont donc à réaliser en période de chômage (12/11/2025 – 28/02/2026). Deux batardeaux seront à mettre en œuvre en amont et en aval afin de pouvoir mettre à sec la zone concernée. **Le bief sera abaissé à 1,5 m de hauteur pour faciliter la mise en œuvre des matériaux (un abaissement minimum de 1,0 m est également acceptable).**

L'assèchement de la zone ainsi que le maintien à sec sont à la charge de l'entreprise. La mise à sec pourra être réalisée via un pompage de 300 m³/h maximum afin de correspondre au débit de continuité hydraulique.

4.2.5.1 Ouvrages

Deux batardeaux sont prévus à 5 m des bèches béton :

- Un batardeau amont en travers du canal ;
- Un batardeau aval en travers du canal.

Ces batardeaux permettent essentiellement la mise à sec de la zone de travaux. Ils permettent également de passer d'une rive à l'autre avec des engins de chantier type pelle sur chenille (15T).

L'un des batardeaux pourra présenter une rampe permettant de descendre dans le fond du canal.

Un essai de portance est à réaliser sur le batardeau amont pour justifier sa portance vis-à-vis des engins de chantier (15t).

4.2.5.1.1 Batardeau amont

Le batardeau est monté avec deux matériaux différents, un matériau grossier en fondation permettant la montée du remblai sous eau (bief partiellement abaissé à 1.5m) et un matériau plus fin en surface. La face amont du batardeau est équipée d'une géomembrane pour assurer

l'étanchéité. La géomembrane est protégée par des géotextiles anti-poinçonnement sur les 2 faces. La membrane est prolongée sur 4,0 m en pied amont sur le radier du canal avec un lestage.

Les dimensions sont les suivantes :

- Batardeau en remblai :
 - Matériaux graveleux type 0/150 mm sur 1,5 m ;
 - Puis matériaux graveleux plus fin type 0/40 à 0/80 mm sur le reste de la hauteur ;
- Largeur en crête de 3 m ;
- Fruits des talus : 3H/2V ;
- Hauteur : 2,4 m (calé à l'altitudes des digues).

4.2.5.1.2 Batardeau aval

Le batardeau aval est identique au batardeau amont mais moins haut (1.8m uniquement, soit 30cm plus haut que le niveau d'eau). Il n'est pas circulaire et sert uniquement de batardeau étanche. Il est monté avec un matériau grossier en fondation permettant la montée du remblai sous eau (bief partiellement abaissé à 1.5m). La face aval du batardeau est équipée d'une géomembrane pour assurer l'étanchéité vis-à-vis du côté encore en eau. La géomembrane est protégée par des géotextiles anti-poinçonnement sur les 2 faces. La membrane est prolongée sur 4,0 m en pied aval sur le radier du canal avec un lestage.

Les dimensions sont les suivantes :

- Batardeau en matériaux graveleux type 0/150 mm sur 1,5 m ;
- Largeur en crête de 3 m ;
- Fruits des talus : 3H/2V ;
- Hauteur : 1.8 m (30cm de + que le niveau abaissé à 1.5m).

4.2.5.2 Continuité hydraulique

Une continuité hydraulique est nécessaire pour assurer l'alimentation en eau des biefs 24 à 27 en aval, 300 m³/h sont à faire transiter. Nous considérons alors la mise en œuvre de 2 pompes de capacité 150 m³/h. **Les pompes sont à mettre en œuvre en rive gauche après la mise en œuvre du batardeau amont. Les pompes sont fournies par VNF.** Les groupes électrogènes quant à eux seront stationnés en rive droite sur l'aire de stockage et **sont à fournir par l'entreprise.** Les câbles d'alimentation pourront alors passer contre le batardeau. **Les pompes sont à mettre en œuvre 3 jours maximum après le premier batardeau pour assurer le maintien de la continuité hydraulique. De mêmes elles sont à maintenir jusqu'à 3 j maximum avant la dépose des batardeaux.**

En parallèle de la continuité hydraulique, l'entreprise doit maintenir l'assèchement de la zone de travaux pendant toute la durée du chantier.

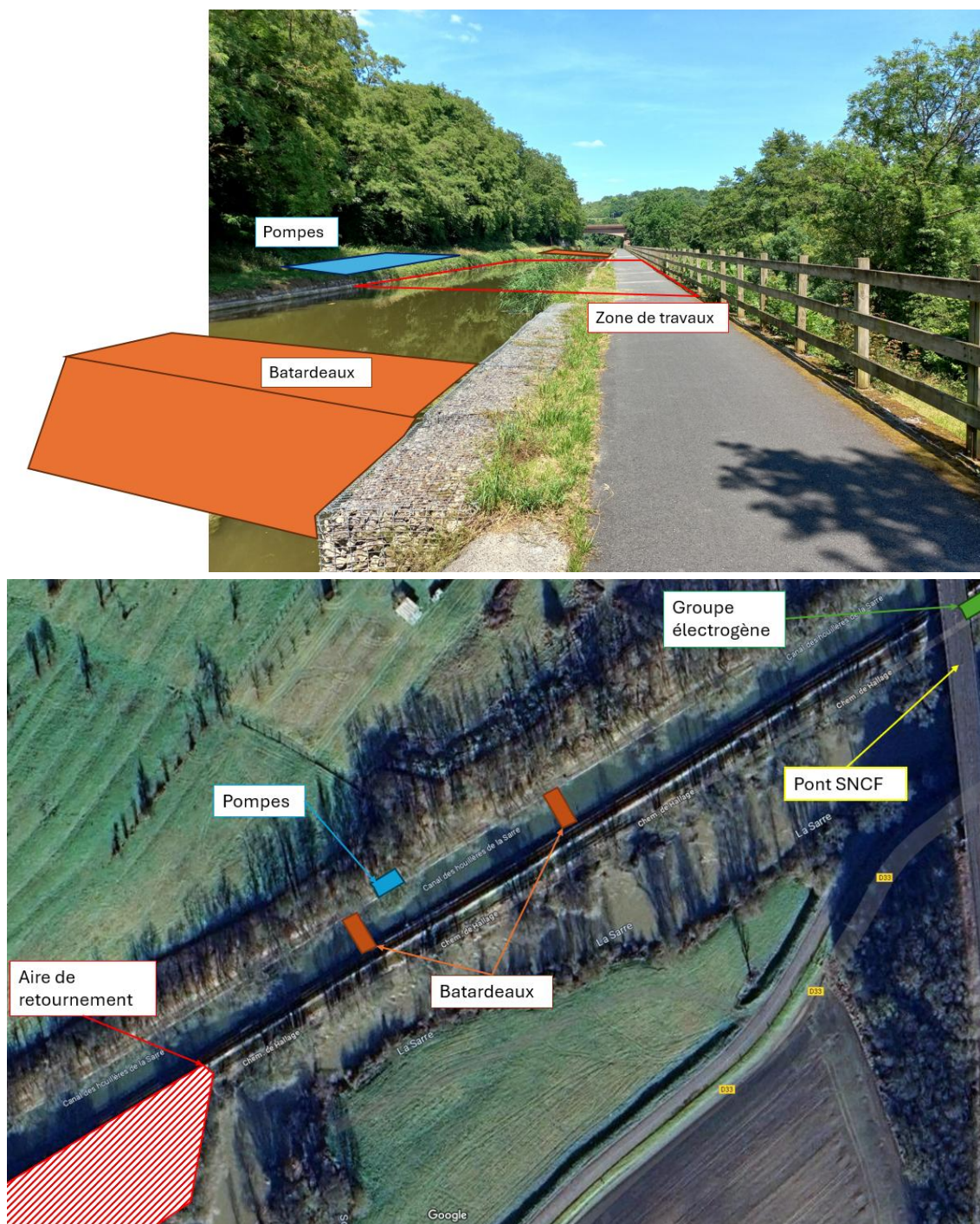


Figure 31 : Schéma d'installation des pompes

4.2.5.3 Crues exceptionnelles ayant le caractère de force majeure

4.2.5.3.1 Généralités

Des dispositions générales devront être prises par l'entrepreneur pour mettre les travaux, les matériaux et matériels de chantier à l'abri des conséquences des crues prévisibles durant la réalisation des ouvrages.

Il est rappelé que le cas de force majeure s'applique à un événement indépendant de la volonté des parties qui n'aurait pu être ni prévu, ni prévenu, ni empêché et qui rendrait impossible l'exécution de l'obligation des parties.

Seules les conséquences des crues supérieures au seuil définis ci-après seraient prises en compte par le Maître d'Ouvrage dans un éventuel cas de force majeure, étant entendu qu'en deçà, les dispositions prises pour les protections du chantier devront permettre de s'affranchir de leurs effets.

L'Entrepreneur ne devra laisser, sous la menace d'éventuelles crues (lit mineur et zones inondables), aucun matériel mobile ou aucun matériau, les matériels fixes devant être placés hors d'atteinte des crues ou protégés contre leur action.

4.2.5.3.2 Responsabilité de l'Entrepreneur

Hormis les cas de crues exceptionnelles ayant le caractère de force majeure défini au paragraphe ci-après, l'Entrepreneur sera responsable de tous les dommages subis aux fondations, aux ouvrages existants ou à construire, installations de chantiers causés par les eaux en raison d'une crue ou d'une insuffisance des moyens mis en place pour l'assèchement des fouilles.

Les réparations, les remises en état, les arrêts de chantier éventuels seront donc en totalité, à sa charge.

Toutefois, en aucun cas (cas de force majeure ou non) les dégâts constatés sur :

- Les engins et les matériels de l'entrepreneur ;
- Les stocks de matériels et matériaux

qui auraient pu être conservés dans l'emprise du lit mineur ne seront pris en compte dans le cadre d'un éventuel cas de force majeure, l'entrepreneur ayant pour obligation de les évacuer chaque soir et les week-ends sur les berges hors des zones inondables prévisibles.

Dans le cas de force majeure, seuls les dégâts causés aux ouvrages existants ou à construire, aux installations de chantier, aux matériels, aux matériaux ne seront pas imputables à l'Entrepreneur. Celui-ci devra assurer les réparations et recevra pour cela une rémunération calculée par application des prix du bordereau et éventuellement de prix de travaux en régie, déduction faite des marges pour imprévus, aléas et bénéfices. Toutes les autres sujétions ou autres conséquences des crues ne seront pas prises en compte dans le cas de force majeure.

Les matériels détruits et les matériaux nécessaires aux travaux emportés, de l'Entrepreneur lui seront remboursés à la condition que les précautions du présent paragraphe aient été prises, et sur présentation de pièces justificatives (factures d'achat), mais avec abattement pour vétusté et amortissement déjà réalisé si les matériels ne sont pas neufs.

4.2.5.4 Observation de la crue exceptionnelle ayant le caractère de force majeure

Seules les crues de la Sarre dont débit aura atteint **la crue décennale, soit 367 m³/s de débit de pointe au droit de la station DREAL de WITTRING (A930 1080 au droit de l'écluse n°22)**, seront considérées comme ayant le caractère de force majeure.

En conséquence, seuls les dégâts occasionnés aux ouvrages, matériels, matériaux et fournitures pendant ces périodes, et dans la mesure où toutes dispositions nécessaires auront été préalablement prises par l'Entrepreneur, seront retenues comme présentant un "caractère éventuel de force majeure" en fonction du rappel ci-dessus.

Les hauteurs seront constatées sur site en cas de débordement du bassin.

L'Entrepreneur aura pour obligation d'informer le Maître d'œuvre par tous moyens du déclenchement de l'alerte et des mesures de protection mises en œuvre pour protéger le chantier et les ouvrages.

4.3 Travaux préparatoires

Les travaux préparatoires concernent :

- La réalisation de la pêche de sauvegarde, la mise en sec et la mise en œuvre des batardeaux.
Le prestataire devra justifier de l'agrément permettant la réalisation de pêche de sauvegarde ;

- La mise à sec de la zone de travaux ainsi que son maintien pendant toute la durée du chantier (à la charge de l'entreprise) ;
- Le dragage et l'évacuation des sédiments au fond de canal. Ces derniers seront extraits après la mise à sec de la zone. Ils seront évacués dans un centre de tri adapté en fonction de leur nature (ISDI, ISDND, ISDD) ;
- La démolition du cuvelage en béton sur environ 20 cm, soit jusqu'à la cote 204,60 m NGF. Le périmètre à démolir sera délimité par un sciage en amont, aval, rive droite et rive gauche au pied du mur. Au droit de la zone de fuite une purge supplémentaire sera probablement à réaliser (suppression des sols peu portant dégradés par l'écoulement). On estime à environ 30 cm la zone à purger sur une surface de 10 m². Cette purge sera à combler par de l'argile avant mise en œuvre du nouveau cuvelage ;
- La suppression de la maçonnerie effondrée dans l'aqueduc ;
- La suppression des travaux de confortement temporaire en rive droite (blocs d'enrochements, géomembrane, etc.).

Deux sondages pénétrométriques sont prévus en crête après mise à sec, au droit de l'aqueduc afin de déterminer la portance des sols au droit de la fuite.

4.4 Réfection du cuvelage

4.4.1 Travaux dans le canal

Les travaux dans le canal consistent à :

- Mettre en œuvre un géodrain surmonté d'une géomembrane en fond de fouille pour assurer le drainage et l'étanchéité du canal. L'ensemble couvre une épaisseur d'environ 2 cm et présente une double pente de 2% vers le centre du radier ;
- Mettre en œuvre un nouveau cuvelage via des matelas bétons jusqu'à la cote 204,8 m NGF. Ces matelas consistent en des sacs en géosynthétiques mis en œuvre en fond de canal puis remplis avec du béton autoplaçant. L'ensemble permet une perméabilité d'au moins 10⁻¹⁰ m/s et représente une épaisseur de 17 cm.

Le sol support sera préparé au préalable afin de ne pas dégrader le géodrain. La préparation du support varie en fonction de la nature du sol sous le cuvelage (le choix sera fait à l'ouverture en chantier) :

- Support type grave – alluvions – argile : Mise en œuvre d'une grave sur environ 5 cm pour régler et niveler le sol support ;
- Support en calcaire : Mise en œuvre d'un béton de propreté sur environ 5 centimètres.



À noter

Le tirant d'eau minimum de 2,2 m pour un niveau NNE à 207,11 m NGF implique une arase du radier à la cote 204,9 m NGF au plus haut. Nous choisissons de caler le radier 10 cm plus bas pour anticiper une épaisseur de vase et assurer un tirant d'eau correct.

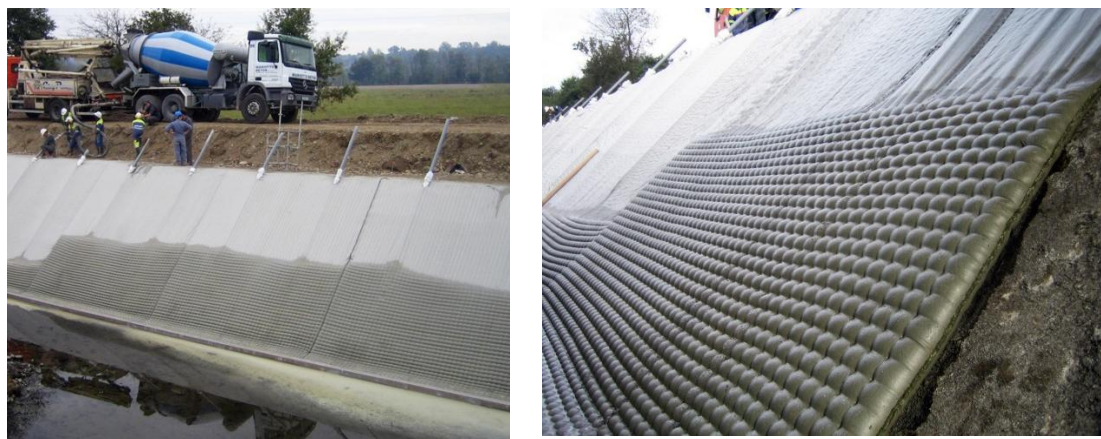


Figure 32 : Exemples de mise en œuvre de matelas béton – Source : www.huesker.fr

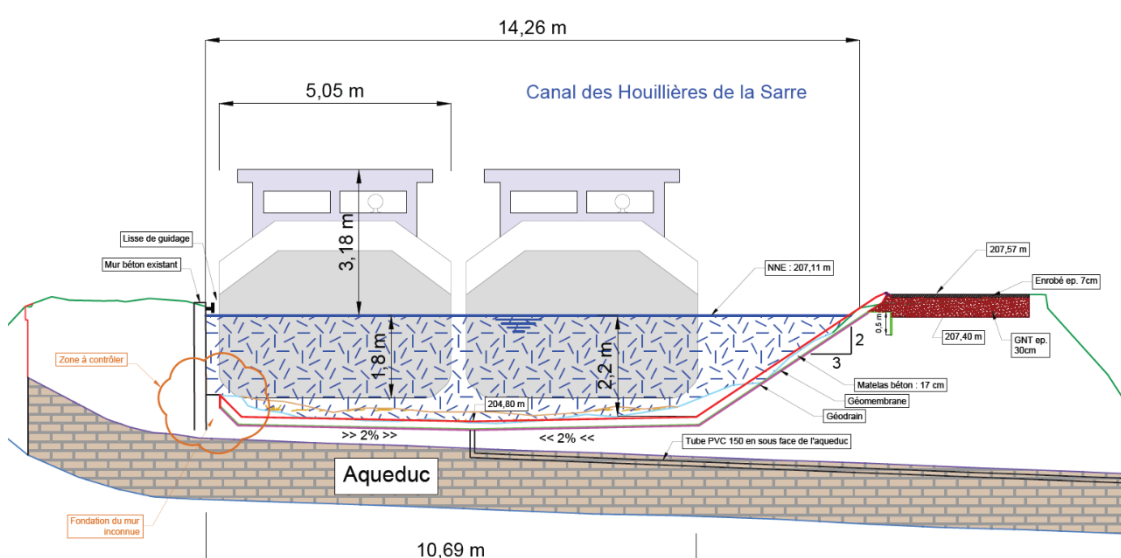


Figure 33 : Coupe en travers du canal

Un drainage est mis en œuvre en fond de radier. Il permet de collecter les infiltrations résiduelles pour les réorienter ensuite dans l'aqueduc. Un forage est ainsi créé au centre de l'aqueduc sur l'arase supérieure et relié au géodrain. Un tuyau PVC en DN100 de longueur environ 20 m permet l'évacuation des eaux ainsi drainées tout au long de l'aqueduc (fixé en encorbellement du piédroit, voir §4.4.4 travaux dans l'aqueduc). Le rejet a lieu en sortie de l'aqueduc afin de contrôler l'activité du drain.

4.4.2 Raccords amont et aval

Des bèches en béton sont mises en œuvre en travers du canal de part et d'autre du cuvelage afin d'arrêter correctement la reprise du radier. Elles sont réalisées à la fraise pour limiter la fissuration que l'on peut avoir avec l'utilisation du BRH. Les bèches présentent une profondeur de 1,5 m pour 0,5 m de large. La géomembrane est ancrée de 1 m dans la bêche pour éviter son soulèvement. Le géodrain quant à lui est arrêté environ 1 m avant la bêche.

Concernant le cuvelage, des tôles de raccords (type profilé alu en Z) seront mise en œuvre entre les matelas béton et l'ancien cuvelage pour supprimer le risque de soulèvement.

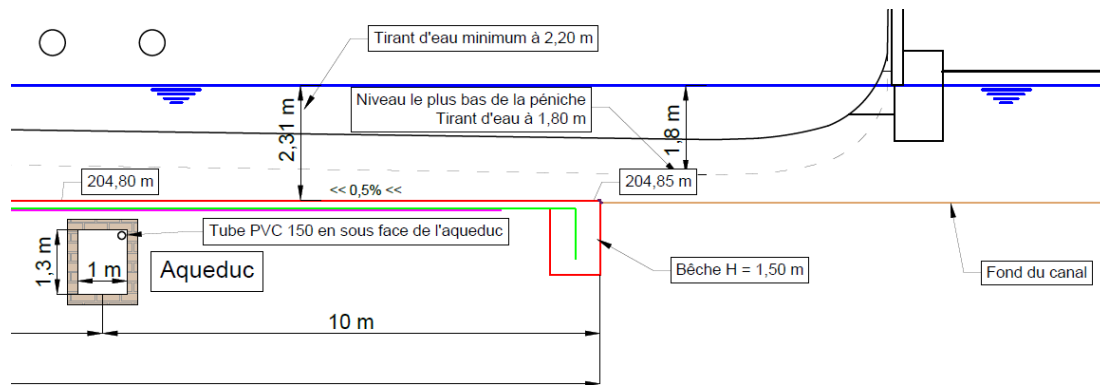


Figure 34 : Coupe type en travers des bèches

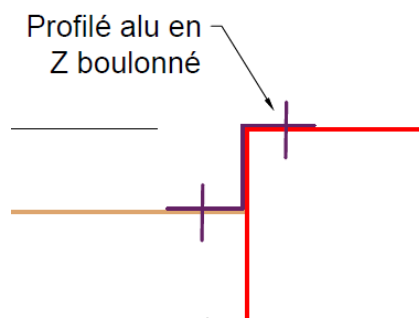


Figure 35 : Zoom sur raccord amont et aval entre le cuvelage et le radier

4.4.3 Raccords aux rives

La rive droite est composée d'un talus de pente 3H/2V tel que c'est actuellement le cas. Le cuvelage est mis en œuvre sur la berge actuelle en rive droite comme sur le radier.

Par suite des différents désordres, la rive droite présente un affaissement en crête. La revanche n'est donc plus suffisante. Une réhausse d'environ 40 cm est à mettre en œuvre en parallèle de la reprise du cuvelage. Cette réhausse sera composée de GNT servant de couche de forme sous la piste cyclable en enrobés.

La géomembrane sera ancrée en rive droite dans une tranchée verticale en crête de digue.

Canal des Houillères de la Sarre

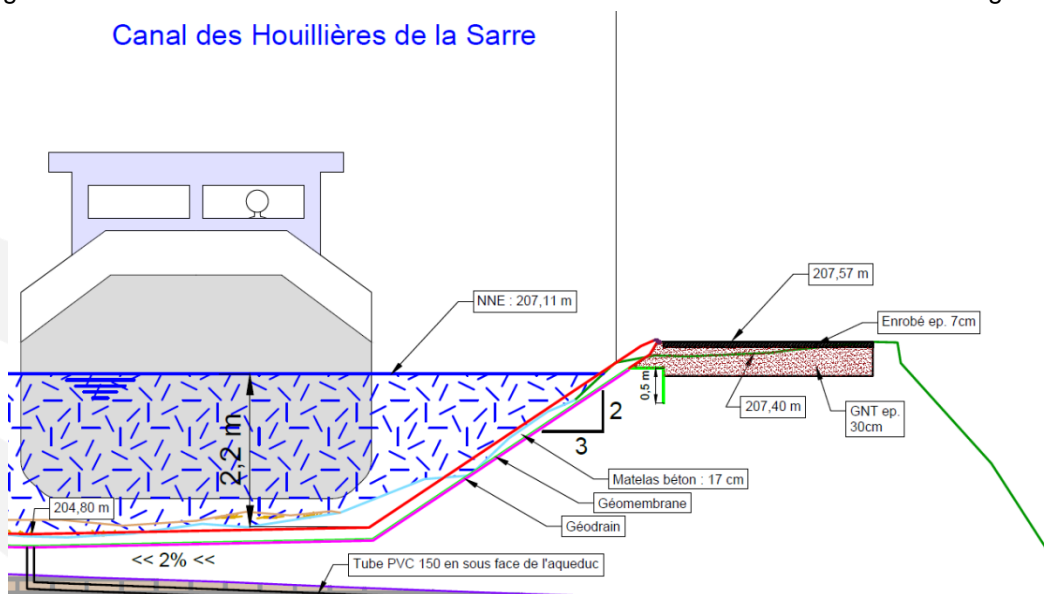


Figure 36 : Reprise du cuvelage en rive droite

Zoom raccord RD

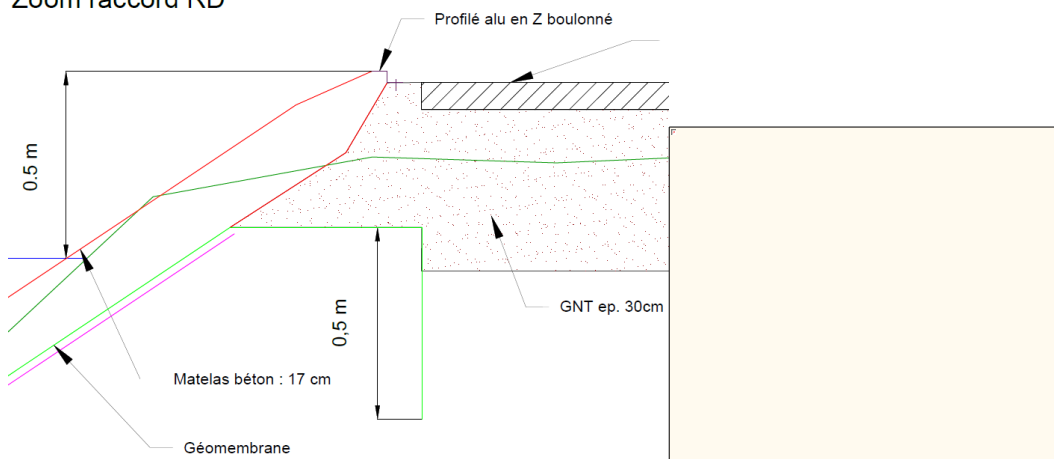


Figure 37 : Zoom sur raccord en rive droite (source photo : Huesker)

La rive gauche est quant à elle actuellement composée d'un mur de soutènement en béton ou en maçonnerie avec enduit. Ce dernier est conservé et recouvert par la géomembrane afin d'assurer une continuité de l'étanchéité. Seule la géomembrane remonte en rive gauche, le cuvelage s'arrête sur le radier en pied de talus. Une lisse de guidage en PEHD est mise en œuvre sur la géomembrane, hors d'eau, afin de la protéger d'éventuelles chocs de bateau sur 30 ml.

Le cuvelage actuel est situé plus haut en pied de mur. Ce dernier ne sera pas supprimé en pied direct du mur pour ne pas dégrader sa fondation. Le cuvelage sera donc laissé intacte sur les 30 premiers centimètres. Ce point doit faire l'objet d'un point d'arrêt à l'ouverture de la fouille pour vérifier le raccord.

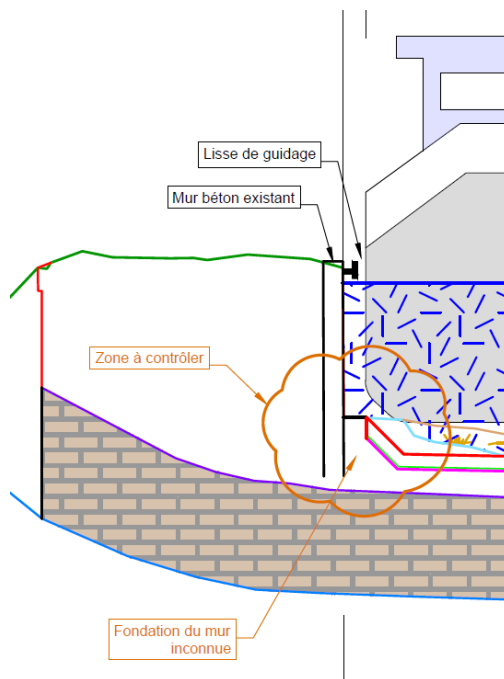


Figure 38 : Raccordement du cuvelage en rive gauche

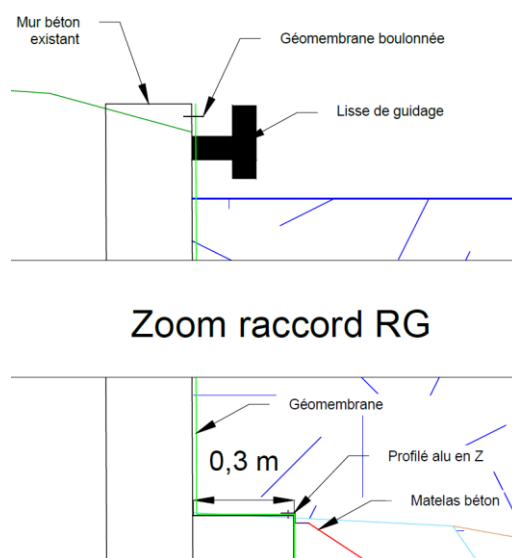


Figure 39 : Zoom sur le raccord rive gauche avec le mur de soutènement

4.4.4 Travaux dans l'aqueduc

Les travaux dans l'aqueduc consistent essentiellement à reprendre la zone effondrée et mettre en œuvre la sortie du drainage.

La reprise de la zone effondrée du piédroit se fait part :

- Suppression et nettoyage de la zone éboulée ;
- Mise en œuvre de barres d'acier (ancrages type HA10 avec scellement chimique) perpendiculairement à l'aqueduc et d'un treillis type ST25c sur la zone à reprendre en bétonnage ;
- Mise en œuvre de béton projeté sur toute la surface par passes de 10 cm (environ 50 cm d'épaisseur au total) pour combler le manque de matériaux à l'arrière de la maçonnerie et reprendre la paroi intérieure de l'aqueduc.

Le tuyau en PVC est à fixer en encorbellement sur la paroi de l'aqueduc afin de réceptionner les eaux de drainage issues du géodrain sous le radier. Le tube PVC permet alors de les réorienter vers la Sarre en pied de talus en sortie de l'aqueduc afin de surveiller l'activité du drain. La pente du tube PVC suivra celle de l'aqueduc, soit 3% minimum.

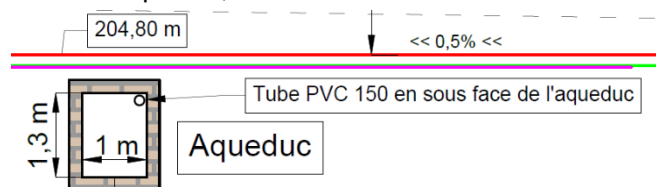


Figure 40 : Coupe en travers des travaux dans l'aqueduc

4.5 Phasage et calendrier prévisionnel

Nous estimons à environ 2,5 mois la durée des travaux (hors période de préparation de 1 mois).

Les travaux sont à réaliser entre les mois de décembre (chômage à partir du 12/11/25) et fin février 2026 pour profiter du chômage.

Les travaux sont réalisés dans un 1^{er} temps dans le canal puis dans l'aqueduc. Un planning envisagé est communiqué ci-dessous, à titre d'exemple. L'entreprise devra fournir son propre calendrier tenant compte des contraintes de chômage.



- Réalisation d'un essai en eau morte avec les batardeaux :
 - Pompage et mise en eau de l'enceinte de travaux ;
 - Vérification de l'étanchéité de la membrane sur 48 h au moins, si présence d'un écoulement prolongement de la surveillance sur 1 semaine ou jusqu'à tarissement de l'écoulement ;
 - Levée du point d'arrêt avec le MOE ;
 - Si nécessaire, la mise à sec de l'enclave et la recherche de la fuite ;
- Remise en eau du bief :
 - Pompage et mise en eau de l'enceinte de travaux ;
 - Suppression des batardeaux ;
 - Remontée du bief au NNN (de 1,5 m à 2,2 m).

5. ETUDES D'EXECUTION

Préambule : par dérogation à l'article 28.2.2 du CCAG Travaux, le programme d'exécution est soumis à l'agrément du Maître d'œuvre et fait l'objet d'un VISA qui est bloquant et l'entreprise ne pourra pas démarrer la réalisation du ou des ouvrages avant l'approbation de ce Visa par le Maître d'œuvre.

Le programme d'exécution doit être remis au plus tard à la fin de la période de préparation pour approbation par le Maître d'œuvre dans les délais définis dans les conditions du marché à compter de la réception des documents.

Tout retard dans la présentation de ces documents fait obstacle au démarrage des travaux et déclenche l'application des pénalités prévues dans les conditions du marché.

5.1 Base des études d'exécution

5.1.1 Règlements et normes applicables

Tous les ouvrages seront conçus et réalisés selon les prescriptions des Cahiers des Clauses Techniques Générales (C.C.T.G.) applicables aux marchés publics de travaux.

En cas de modification de la réglementation, le texte en vigueur au moment de la signature du marché fera foi.

Tout ce qui n'est pas précisé dans le présent CCTP, sera conforme à la réglementation française en vigueur ainsi qu'aux règles et directives européennes applicables même si elles ne sont pas explicitement énoncées dans les pièces constitutives du marché. En cas de contradiction entre différentes normes et réglementations, le texte le plus restrictif sera appliqué.

Si, pour un matériel déterminé, il n'existe pas de réglementation particulière, le titulaire proposera au maître d'œuvre le matériel qu'il jugera approprié et lui remettra toutes les justifications permettant d'apprécier la bonne qualité de ce matériel (procès-verbaux d'essais, références, etc.).

L'Entrepreneur s'engage à prévenir le Maître d'œuvre de toute disposition du présent Cahier des Charges qui pourrait être contraire aux textes en vigueur, aucune réclamation à ce sujet ne pourra être admise après remise de son offre.

L'Entrepreneur est tenu à un devoir d'information vis-à-vis du Maître d'œuvre, il devra de ce fait l'avertir de toute modification des textes réglementaires et/ou normatifs durant l'exécution des travaux.

5.1.2 Textes généraux

Les études et l'exécution des travaux sont menées conformément aux prescriptions et règlements français en vigueur à la date de la signature du marché (y compris addenda, révisions et suppléments) et notamment :

- La circulaire n° 79.25 du 13 mars 1979. Instruction sur les directives communes de 1979 relatives au calcul des constructions ;
- Le CCTG (Cahier des Clauses Techniques Générales) ;
- Le Guide des Terrassements Routiers (GTR) ;
- Les directives et recommandations du SETRA ;
- Les DTU (Documents Techniques Unifiés), et les règles professionnelles ;
- Les EUROCODES ;
- L'ensemble des normes approuvées de l'Association Française de Normalisation (AFNOR) à la date de remise des offres, et en particulier la norme NF P 11 300 pour l'exécution des terrassements ;

- Les Modes opératoires d'essais du LCPC.

Les listes de normes et règlements présentées ci-dessous ne sont pas exhaustives et l'Entrepreneur est censé avoir connaissance de toutes les normes et tous les règlements en vigueur.

5.1.2.1 Normes de références pour le béton – coffrage – armature

- NF A 35-015 « Ronds lisses pour béton armé » ;
- NF A 35-080 « Aciers pour béton armé – Aciers soudables » ;
- NF A 35 – 027 « Produit en acier pour béton armé – Armature » ;
- NF A 35 – 024 « Aciers pour béton armé – Treillis soudés de surface constitués de fils de diamètre inférieur à 5 mm » ;
- NF EN 206-1 « Structure en béton ».

Cette liste n'est pas exhaustive.

5.1.2.2 Normes et règlements applicables aux géotextiles et géosynthétiques

- NF EN 13251/A1 Géotextiles et produits apparentés - Caractéristiques requises pour l'utilisation dans les travaux de terrassement, fondations et structures de soutènement ;
- NF EN 13252/A1 Géotextiles et produits apparentés - Caractéristiques requises pour l'utilisation dans les systèmes de drainage ;
- NF EN 13249/A1 Géotextiles et produits apparentés - Caractéristiques requises pour l'utilisation dans la construction des routes et autres zones de circulation ;
- NF EN 13253/A1 Géotextiles et produits apparentés - Caractéristiques requises pour l'utilisation dans les ouvrages de lutte contre l'érosion (protection côtière et revêtement de berge).

5.1.2.3 Normes et règlements applicables aux ouvrages de génie civil

- Eurocode 7 : Calcul géotechnique ;
- Eurocode 7 : Calcul fondations superficielles ;
- NF P94-282 Calcul géotechnique - Ouvrages de soutènement – Écrans ;
- NF EN 16048 Passivation des éléments de fixation en acier inoxydable à la corrosion ;
- NF EN 2516 Passivation d'aciers résistants à la corrosion et décontamination d'alliage à base de nickel.

5.2 Ouvrages en béton

Les calculs des ouvrages en béton, ainsi que ceux relatifs aux matériels d'équipement, seront effectués à partir des combinaisons les plus défavorables des sollicitations élémentaires.

Les calculs justificatifs seront conduits en considérant les charges, efforts et effets appliqués aux ouvrages :

- Actions permanentes ou variables :
 - ☐ Charges permanentes ;
 - ☐ Efforts transmis par les constructions de toutes sortes ;
 - ☐ Efforts hydrauliques sur les ouvrages (statiques et dynamiques) ;
- Effets de la neige, du vent et de la glace.

Les calculs des études d'exécution seront menés sur la base des prescriptions ci-après, suivant l'Eurocode 2 :

- Durée de vie des ouvrages : 100 ans ;
- Classe d'exposition : variable suivant les éléments ;
- Enrobage des aciers (classe S6 avec XC4 ou XD2) : $C_{\min} = C_{\min, \text{dur}} + \Delta_{\text{cdev}} = 45 + 5 = 50 \text{ mm}$;
- Critères d'ouverture des fissures :
 - ☐ w_k est limitée à 0,2 mm et limitation de la contrainte de traction dans les aciers (f_{ctm}) ;
 - ☐ Limite de la traction dans les aciers à 200 MPa à l'ELS.

5.3 Rendus attendus

Le rendu des notes de calculs consistera en des notes de justification des calculs de dimensionnement, une note par ouvrage dimensionné.

Les notes comprendront :

- Les documents de références appliqués ;
- Les hypothèses de calcul justifiées ;
- Caractéristiques de sol ;
- Conditions hydrauliques ;
- Caractéristiques des ouvrages de confortement ;
- Les coupes types des solutions de confortement ;
- Les résultats du dimensionnement.

Ces notes feront l'objet d'un VISA du Maître d'œuvre.

6. SPECIFICATION DES FOURNITURES ET MATERIAUX

6.1 Matériaux granulaires

Les matériaux granulaires à fournir présentent les caractéristiques suivantes :

Tableau 2 : Caractéristiques mécaniques des matériaux granulaires nécessaires

Désignation des matériaux	Destination des matériaux	Granulométrie	Passant à 80 µm	Passant à 2 mm	Caractéristiques mécaniques	Identification GTR attendue
Grave 0/150	Base du batardeau et plateforme	0/150 mm	<12% VBS<0,1	<70%	LA<45 MDE<45 Φ' = 35°	D3
Grave 0/80	Haut du batardeau	0/80 mm	<12% VBS<0,1	<70%	LA<45 MDE<45 Φ' = 35°	D3
Grave 0/10	Support piste cyclable RD (si besoin)	0/10 mm	<12% VBS<0,1	<70%	LA<45 MDE<45 Φ' = 35°	D2

Les matériaux granulaires doivent être insensibles au gel.

6.2 Béton armé – Coffrages - Armatures

6.2.1 Bétons

Référence : art. 81 à 83 du fasc. 65 du C.C.T.G., norme NF EN 206-1.

Tous les constituants des bétons seront conformes à la norme EN 206-1.

Parties d'ouvrages	Classe d'exposition	Classe de résistance	Dosage minimum ciment	Classe de consistance
Béton autoplaçant pour matelas béton	-	C25/30	350 kg/m ³	S6
Béton projeté	XF3-XC4	C30/37	330 kg/m ³	-
Béton bêche	XD2	C30/37	330 kg/m ³	-

Les bétons à mettre en œuvre ont préférentiellement les caractéristiques suivantes :

- Compte tenu des conditions climatiques, la classe d'exposition des bétons est **XD2** : « **Le plus souvent humide, rarement sec** » ou **XF3** : « Gel sévère, sans salage voire salage peu fréquent » ;
- Les granulats devront être non gélifs au sens de la norme EN 12 620 ;
- Un agent entraîneur d'air peut être ajouté au béton afin d'obtenir une compacité plus importante. Les bulles d'air dans les bétons sont en effet une source d'éclatement important vis-à-vis des cycles gel/dégel.

Concernant le béton mis en œuvre dans les matelas béton, il doit avoir une consistance fluide à très fluide, supérieure ou égale à S6 avec diamètre d'étalement ≥ 63 cm selon la norme EN 12350.

L'entreprise pourra proposer l'utilisation de ciment bas carbone type CEM III/A ou B.

Il est rappelé que les ciments doivent être titulaires de la marque NF-Ciment.

L'emploi du ciment CEM I et du ciment CEM II/A sont proscrits sauf justification et accord du maître d'œuvre et du maître d'ouvrage lors des études d'exécutions.

La justification ne pourra pas se baser sur des temps de décoffrage, c'est-à-dire que les prix et les plannings de l'entreprise prennent en compte l'emploi non-autorisé des ciments CEM I et CEM II/A.

6.2.2 Armatures

La fourniture des armatures de béton armé doit être conforme aux spécifications de l'article 71 du fascicule 65 du C.C.T.G.

Les armatures pour béton armé ont une seule provenance qui est soumise à l'acceptation du Maître d'Œuvre. Si un pré-façonnage est exécuté par un intermédiaire, ce dernier est soumis à l'acceptation du Maître d'Œuvre et doit bénéficier d'un certificat AFCAD.

La catégorie des armatures est définie par référence à la norme française définissant les spécifications ; les catégories retenues sont :

- Treillis soudés (fasc.4 titre I du CCTG, normes NF A 35-016 et NF A 35-019-2). L'utilisation de treillis soudés ou de fils tréfilés est interdite sauf pour les pièces secondaires pour lesquelles elle est soumise à l'acceptation préalable du maître d'œuvre ;
- Ronds lisses (fasc.4 titre I du CCTG, norme NF A 35-015). Tous les aciers utilisés sont de la nuance FE E 235 (soudables). L'utilisation des aciers est limitée aux :
 - ☐ Armatures de frettage ;
 - ☐ Barres de montage ;
 - ☐ Armature en attente de diamètre inférieur ou égal à seize (16 mm) millimètres exposés à un pliage suivi d'un dépliage ;
 - ☐ Murs garde-grève ;
- Armatures à hautes adhérence (fasc.4 titre I du CCTG, norme NF A 35-016). Les armatures sont approvisionnées en longueur telle que toute armature transversale puisse ne pas comporter plus de tronçons que si elle était constituée d'éléments de douze (12 m) mètres.

Les armatures à hautes adhérence et les treillis soudés sont homologués (ou bénéficier d'une autorisation de fourniture ou d'emploi). La catégorie et la qualité choisie (ex : Fe E 500) sont soumises à l'acceptation du Maître d'Œuvre.

Le dispositif de protection contre la corrosion des armatures de béton armé proposé par l'Entrepreneur, est soumis à l'acceptation du maître d'œuvre.

Les dispositifs de raboutage éventuellement utilisés pour le raccordement des armatures de béton armé sont conformes aux normes NF A 35-020-1 et NF A 35-020-2.

6.3 Matelas béton

Les matelas béton seront du type Incomat® Standard ou équivalent. Ils sont composés de deux panneaux de géosynthétiques reliés puis remplis de béton autoplaçant. Les panneaux géosynthétiques sont deux textiles tissés haute résistance, compatible chimiquement avec un remplissage en coulis-béton (milieu alcalin) et aux conditions climatiques (stabilisation aux UV, ...). Les polyester ne pourront donc être utilisés.

- Résistance résiduelle au vieillissement dû aux conditions climatiques des textiles tissés : $\geq 80\%$ de la résistance à la traction ;
- Résistance résiduelle au vieillissement aux liquides acides et alcalins des textiles tissés : $\geq 95\%$ de la résistance à la traction ;
- Perméabilité à l'eau normal au plan des textiles tissés : $V_{150} \sim 6 \text{ l/(m}^2\cdot\text{s)}$
- Ouverture de filtration des textiles tissés : $O_{90} \sim 250 \mu\text{m}$;

- Résistance à la traction de chaque textile tissé : ≥ 45 kN/m (longitudinal) et ≥ 25 kN/m (transversal) ;
- Résistance à la traction des entretoises : 800 N ;
- Allongement à la traction nominale de chaque textile tissé : $\geq 20\%$.

À la fiche d'identification, devront être jointes pour agrément :

- Les recommandations du fournisseur en ce qui concerne les domaines d'utilisation de son produit ;
- Les conditions de stockage et de pose ;
- La certification ASQUAL ou organisme équivalent.

Le matelas-coffrant sera confectionné sous contrôle qualité ISO 9001 : 2015 et les contrôles de qualité interne devront être un laboratoire agréé NF NE ISO 17025 : 2018.

6.4 Drain

6.4.1 Géodrain

Le géodrain est un géocomposite constitué de deux couches de géotextiles encadrant une couche de matériaux drainant :

- Géotextile supérieur non tissé de masse surfacique : 250 g/m² ;
- Géotextile inférieur non tissé de masse surfacique : 250 g/m² ;
- Résistance à la traction : $\geq 7,5$ kN/m ;
- Résistance au poinçonnement statique : $\geq 1,2$ kN ;
- Résistance à la perforation dynamique : ≤ 36 mm ;
- Ouverture de filtration : 90 μ m ;
- Perméabilité normale au plan : ~ 90 l/(m²/s).

L'âme drainante sera constituée de fibres de polypropylène stabilisées aux UV, avec un diamètre de mono-filament de 0,6 mm, offrant 90% de volume de vides.

Le géocomposite de drainage devra présenter :

- Une épaisseur minimale de 5 mm, conformément à la norme NF EN ISO 9863-1 ;
- Des caractéristiques de drainage dans le plan respectant la norme NF EN ISO 12958, dans la configuration rigide/souple ;

À la fiche d'identification, devront être jointes pour agrément :

- Les recommandations du fournisseur en ce qui concerne les domaines d'utilisation de son produit ;
- Les conditions de stockage et de pose ;
- La certification ASQUAL ou organisme équivalent.

Le géocomposite pourra être du type Sindrain® ou équivalent.

6.4.2 Tube PVC

Les tubes situés dans la galerie de l'aqueduc seront en PVC en DN100 mm de classe CR8 de type eaux pluviales ou assainissement. Les fixations à la paroi se feront via des colliers en acier.

6.5 Lisses de guidage en PEHD

Les lisses de protection seront en PEHD d'épaisseur 80 mm.

Les éléments sont fixés par fixation chimique (cheville) sur le piédroit, au-dessus de la géomembrane.



Figure 42 : Exemple de lisses de guidages en PEHD (ADC Maritime à gauche) – Bief 22 à droite

6.6 Géotextile

Il s'agit d'un géotextile non tissé aiguilleté.

À la fiche d'identification, devront être jointes pour agrément :

- Les recommandations du fournisseur en ce qui concerne les domaines d'utilisation de son produit ;
- Les conditions de stockage et de pose.

Les valeurs exigées ci-après, sont les valeurs nominales annoncées par le producteur (VNAp) et portées sur le certificat de qualification pour les géotextiles certifiés.

Les produits devront être certifiés par l'ASQUAL ou un organisme équivalent.

Dans le cas de produits non certifiés, un plan de contrôle de production devra être proposé et mis en œuvre. Le géotextile de protection devra présenter des caractéristiques telles que 95% des échantillons testés aient des caractéristiques supérieures (ou inférieures selon le sens de variation) aux valeurs ci-dessous définies.

- Résistance à la traction : $T_{max} \geq 20 \text{ kN/m}$ dans les deux sens ;
- Résistance à la perforation dynamique : $Pd < 20 \text{ mm}$;
- Perméabilité normale au plan : $VIH50 \geq 0,05 \text{ m/s}$;
- Masse surfacique minimale : 200 g/m^2 .

Remarque importante : Les géotextiles devront satisfaire, en sus de spécifications exigées ci-dessus, aux deux critères suivants :

- Présenter une mouillabilité suffisante pour pouvoir se saturer en cours de fonctionnement. Le produit sera considéré comme satisfaisant si au cours de l'essai de mouillabilité (projet de norme NF G38.020) la charge ne dépasse pas 5 mm et si toute la surface des dix échantillons testés est mouillée ;
- Présenter une souplesse ou conformation suffisante pour épouser, sans faire de plis, des surfaces gauches plus ou moins complexes.

6.7 Géomembrane

La géomembrane est un géocomposite en PVC type SIBELON ou équivalent. Ce matériau est formé d'une feuille de PVC de 2,5 mm d'épaisseur, souple et stabilisé aux U.V., produite par extrusion, de couleur gris ciment, thermo-laminée en phase de fabrication à un géotextile de 500 g/m².

À la fiche d'identification, devront être jointes pour agrément :

- Les recommandations du fournisseur en ce qui concerne les domaines d'utilisation de son produit ;
- Les conditions de stockage et de pose ;
- La certification ASQUAL ou organisme équivalent.

Les produits devront respecter la norme NF P84-500, pour les propriétés hydrauliques. Ils devront également présenter des caractéristiques respectant les seuils définis ci-dessous :

- Résistance à la traction : ≥ 8 kN/m ;
- Résistance au poinçonnement CBR : $> 1,8$ kN ;
- Déformation à la rupture : ≥ 650 N/m ;
- Perméabilité : $k < 10^{-13}$ m/s.

7. MODES D'EXECUTION

7.1 Travaux préalables

7.1.1 Déblais

7.1.1.1 Consistance des travaux

Les travaux comprennent tout nettoyage de surface, décapage, excavation, retalutage, mise en dépôt ou en décharge des déblais, ceci quels que soient les matériaux rencontrés. Le but des travaux est essentiellement :

- La suppression du cuvelage dans le canal sur 13 cm environ ;
- La suppression de la vase dans le fond du canal sur l'ensemble de la surface concernée.

Le fond du canal sera également reprofilé lors des déblais pour avoir une double pente de 2% vers le centre du canal.

L'entrepreneur sera seul juge des moyens à utiliser, mécaniques ou non, en fonction des conditions rencontrées.

Pendant toute la durée de leur exécution, les fouilles seront maintenues à sec. Sauf dérogation écrite du Maître d'œuvre, les excavations ne pourront être entreprises qu'après mise en place des dispositions efficaces de drainage, captage et évacuation des eaux de toute nature. L'Entrepreneur devra disposer de moyens de pompage suffisants en nombre et en puissance pour parer à toute éventualité.

L'Entrepreneur prendra à sa charge tous les hors-profils et surprofondeurs qui n'auraient pas été expressément demandés par le Maître d'Œuvre. Aucune réclamation ne sera retenue pour la compensation des quantités des déblais, remblais ou de bétons correspondants.

Le Maître d'Œuvre se réserve le droit d'apporter toutes modifications aux pentes et aux profondeurs des excavations s'il juge qu'il est nécessaire ou possible de le faire.

7.1.1.2 Évacuation des déblais

Les déblais seront triés sur site en fonction de leur état et leur composition et évacués en décharge agréée.

7.1.1.3 Contrôle

L'Entrepreneur devra disposer pendant les travaux du matériel et du personnel nécessaires aux contrôles d'exécution de la portance du fond de fouille ou les faire exécuter à ses frais par un laboratoire spécialisé agréé par le Maître d'Œuvre.

Les essais de contrôle sont exécutés sur le fond de fouille sur la base de fréquences d'essais prédéterminées qui seront les suivantes :

- En fond de fouille, la réalisation de deux essais de plaque une fois la suppression du cuvelage et toute purge nécessaire terminée :
 - Critère : plateforme PF2, $EV2 > 50 \text{ MPa}$, $EV2/EV1 < 2,2$.

7.1.2 Dragage

L'utilisation du matériel servant à l'extraction des sédiments, devra être soumise à l'approbation du Maître d'Œuvre, qui se réserve le droit d'imposer l'utilisation d'un matériel plus adéquat.

Le dragage respectera les critères du PG POD fournis par VNF.

7.2 Remblais

7.2.1 Matériel de compactage

Le type de matériel de compactage, le nombre de passes requis ainsi que l'épaisseur des levées de compactage sont déterminés lors de la planche d'essai de compactage qui sera réalisée avant le commencement des travaux de remblai.

Les dames mécaniques utilisées pour le compactage des remblais dans les zones inaccessibles aux gros engins de compactage ou au voisinage des ouvrages particuliers, ont une masse mobile d'un poids minimum de 30 kg et peuvent être équipées de tête à formes diverses, en particulier de têtes biseautées.

7.2.2 Approvisionnement

En fonction de la classification GTR des matériaux qui seront mis en œuvre, leur sensibilité à l'eau sera plus ou moins grande.

Leur état hydrique sera mesuré en fonction du critère de comparaison entre la teneur en eau naturelle (W_n) et la teneur en eau à l'OPN (W_{OPN}) :

$$C_w = \frac{W_n}{W_{OPN}}$$

Les 5 états hydriques considérés conformément au guide technique du SETRA pour la « Réalisation des remblais et des couches de forme » sont les suivants :

- État hydrique **très humide (th)** : il s'agit d'un état d'humidité très élevée ne permettant pas la réutilisation du matériau en remblai tel quel ;
- État hydrique **humide (h)** : état d'humidité élevée autorisant la réutilisation du sol en prenant des dispositions particulières normales (aération, remblais de faibles hauteur) ;
- État hydrique **moyen (m)** : état d'humidité optimum (W_n proche de W_{OPN}) ;
- État hydrique **sec (s)** : état d'humidité faible autorisant une mise en œuvre en prenant des dispositions particulières (arrosage, surcompactage) ;
- État hydrique **très sec (ts)** : c'est un état d'humidité très faible n'autorisant pas la réutilisation des matériaux dans des conditions économiques acceptables.

Seuls les sols classés m, h et s seront déclarés aptes à l'emploi sans traitement préalable pour la constitution du remblai du barrage.

Les valeurs seuil du critère C_w sont les suivantes :

Etats hydriques	th	h	m	s	ts
A1	>1,25	1,1 < <1,25	0,9 < <1,1	0,7 < <0,9	<0,7
A2	>1,3	1,1 < <1,3	0,9 < <1,1	0,7 < <0,9	<0,7

Les états hydriques des matériaux (teneur en eau, IPI) seront mesurés dans le laboratoire de chantier tous les matins à 8 h sur les dépôts.

7.2.3 Mode d'exécution des remblais

Les conditions de mise en place des matériaux sont mises au point d'après les résultats des planches d'essais de compactage et au fur et à mesure du déroulement des travaux en fonction des caractéristiques des matériaux et des essais de contrôle.

Le compactage et la scarification entre couches doit être conduits de telle sorte que les spécifications techniques détaillées imposées par le Maître d'Œuvre en fonction des résultats des chantiers d'essais soient respectées.

Les remblais sont menés suivant la méthode excédentaire de manière à pouvoir retailer les talus dans un matériau compacté. La surlargeur doit être au minimum de 50 cm de manière à garantir le bon compactage du bord du talus définitif.

Les matériaux devront être déversés sur une surface de reprise présentant une teneur en eau voisine de celle de la levée suivante. Dans le cas contraire, cette surface sera préalablement humidifiée sur une épaisseur comprise entre 4 et 8 cm, comptée au-dessous de la surface effectivement compactée. Si la surface a été fermée, elle sera préalablement scarifiée sur une épaisseur d'au moins 5 cm.

Si cette surface est trop sèche, trop dure ou trop lisse, de l'avis du Maître d'œuvre, pour offrir une liaison convenable avec la levée suivante au seul moyen de la scarification prescrite, l'Entrepreneur devra humidifier et scarifier la surface desséchée jusqu'à la profondeur qui lui sera indiquée, humidifier les matériaux par un moyen approprié, les mélanger avec une charrue à disques ou tous autres moyens agréés pour répartir l'humidité et les recompacter conformément aux spécifications avant tout approvisionnement de nouveaux matériaux pour la levée suivante.

Au contraire, si la surface d'une levée a été amollie par la pluie ou si, de l'avis du Maître d'œuvre, elle est trop humide pour que l'on puisse poursuivre les travaux, les matériaux seront soit décapés et mis en dépôt à l'extérieur du remblai pour reprise éventuelle, soit asséchés jusqu'à la teneur en eau suffisante, mélangés et recompactés comme précédemment.

Après déversement sur le remblai, les matériaux seront régalez en couches horizontales parallèlement à l'axe de la digue. Avant compactage, les ornières des engins devront disparaître complètement.

Pendant les opérations de répandage et régalez, une équipe d'ouvriers devra être maintenue sur le chantier pour retirer à la main toutes racines et débris qui pourraient être amenés avec les charges de matériaux.

L'épaisseur maximum des couches compactées est de :

- 20 à 30 cm pour les sols argileux ou limoneux ;
- 50 cm pour les matériaux sablo-graveleux.

7.2.4 Tolérances

Les tolérances suivantes sont admises par rapport aux limites théoriques représentées sur les plans d'exécution :

Zone	Tolérances verticales (en mètres)	Tolérances horizontales (en mètres)
Remblais	+ ou - 0,02	0,10

7.2.5 Planches d'essais de compactage

Toutes les sujétions techniques et financières de ces essais de compactage sont à la charge de l'Entrepreneur et réputées incluses dans ses prix unitaires.

Ces essais ont pour objet de déterminer :

- La teneur en eau de compactage ;
- La densité en place obtenue ;
- L'épaisseur maximale des couches élémentaires après compactage ;
- Les caractéristiques utiles et minimales des engins de compactage, le nombre de passages et leur vitesse maximale ;
- Le mode de scarification et éventuellement d'humidification entre couches.

Avant d'entreprendre ces essais, l'Entrepreneur en établira une procédure détaillée qu'il soumettra pour agrément au Maître d'œuvre.

Les dimensions minimales de la planche d'essai seront adaptées aux conditions d'exécution.

Au cours de ces essais, l'Entrepreneur procédera à la mesure de la densité sèche en place : celle-ci devrait atteindre 98% de la densité sèche de l'Optimum Proctor Normal (objectif de compactage de type « q3 »).

Ces essais doivent comprendre, par planche essayée, au moins 3 mesures de densité sèche.

Les essais de compactage seront effectués sur des aires suffisamment rigides situées en dehors de l'emprise des ouvrages, les deux premières couches étant neutralisées.

À la fin des essais, et compte tenu des résultats obtenus, l'Entrepreneur soumettra à l'agrément du Maître d'œuvre un programme définissant la composition de l'atelier de compactage et le mode d'exécution des remblais méthodiquement compactés (teneur en eau, épaisseur des couches, nombre de passages et vitesse de circulation des engins de compactage, mode de scarification entre couches, ...).

7.2.6 Contrôles

L'Entrepreneur devra disposer pendant les travaux du matériel et du personnel nécessaires aux contrôles d'identification des matériaux et d'exécution des remblais, ou les faire exécuter à ses frais par un laboratoire spécialisé agréé par le Maître d'Œuvre.

Les essais de contrôle sont exécutés sur les matériaux compactés sur la base de fréquences d'essais prédéterminées qui seront les suivantes :

- Sur la piste et les batardeaux :
 - La réalisation d'un essai pénétrométrique type PANDA ou PDG1 000 après montée final du remblai de chaque batardeau :
 - La réalisation d'essai de plaque :
 - 1 sur chaque batardeau ;
 - 2 sur la piste.

L'Entrepreneur a à sa charge ces essais et devra faciliter ces contrôles.

7.3 Pose de matelas béton

7.3.1 Pose des matelas

Le matelas béton est à poser sur le radier du canal ainsi que sur le talus en rive droite.

Le matelas coffrant est constitué de deux textiles tissés haute résistance, compatibles chimiquement avec un remplissage en coulis-béton.

Les textiles tissés perméables seront reliés entre eux par des entretoises perpendiculaires et diagonales, disposées en maille carrée de 10 x 10 cm.

Le matelas une fois rempli doit présenter un facteur d'ondulation de surface inférieur à $I_q \leq 1,15$.

Le matelas coffrant sera livré sous forme de panneaux confectionnés en usine en fonction des plans de calepinage du projet proposé par l'entreprise et validé par le MOE. L'assemblage entre panneaux sur site se fera de telle manière à assurer une continuité et une épaisseur constante du remplissage en coulis-béton entre panneaux. Le volume de coulis-béton à prévoir pour le remplissage est de l'ordre de 0,14 m³/m².

Lors du remplissage, la surface du panneau livrée se contracte dans les deux sens, en fonction de l'épaisseur et de la géométrie de la surface à couvrir. Il faut donc prévoir des panneaux de dimensions supérieures aux surfaces à couvrir.

7.3.2 Remplissage

Le remplissage du matelas coffrant s'effectuera à partir d'un coulis de béton ayant une consistance fluide à très fluide. Une résistance à la compression entre 25 et 30 MPa est demandée au bout de 28 jours de séchage.

La mise en œuvre doit se faire selon les instructions de mise en œuvre du producteur.

7.4 Béton – Coffrage – Armatures

7.4.1 Béton

Le béton sera mis en œuvre conformément aux prescriptions de l'article 84 du fascicule 65.

Ces prescriptions définissent les dispositions à respecter concernant :

- La vibration du béton ;
- Les reprises de bétonnage ;
- Les conditions de température particulières avec en particulier **l'interdiction de couler en cas de température inférieure à 5°C ou en cas de prévision de température inférieure à -5°C 48h après le bétonnage**. Ceci interdit tout bétonnage lors de la période hivernale (de début décembre à fin février).

Le délai de décoffrage est d'au moins 48h après la fin du coulage.

7.4.2 Contrôles

Il est effectué une épreuve de convenance conformément aux prescriptions de l'article 65.4 du fascicule 65.

Les bétons sont soumis à une épreuve de contrôle conformément aux prescriptions de l'article 86.1 du fascicule 65. Pour chaque fraction de 15 m³ de béton ou à minima pour chaque phase de bétonnage, il est réalisé un prélèvement.

À partir d'un prélèvement, il est réalisé :

- Une mesure de consistance au cône d'Abrams ;
- Trois éprouvettes pour la détermination de la résistance à la compression à 7 jours ;
- Trois éprouvettes pour la détermination de la résistance à la compression à 28 jours.

Si un lot est reconnu non conforme aux stipulations, l'entrepreneur procède à trois carottages du béton en place avant décision du Maître d'œuvre qui est alors prise après appréciation de l'ensemble des informations.

La décision finale peut être :

- Soit l'acceptation du lot, accompagnée, s'il y a lieu, de travaux confortatifs et/ou d'une garantie particulière de l'élément correspondant ;
- Soit l'application d'une réfaction sur le prix ;
- Soit le refus de cet élément, ce qui entraîne sa démolition et sa réfection, aux frais de l'entrepreneur.

7.4.3 Béton projeté

Le béton sera projeté de préférence par voie sèche. Une armature en treillis est à mettre en œuvre au droit du béton projeté.

L'humidification du support est nécessaire avant la mise en œuvre du béton pour supprimer les risques de fissuration.

Le béton présentera les caractéristiques suivantes :

- Dosage en ciment sera au minimum de 400 kg/m² ;
- D_{max} des granulats = 12 mm ;

Les contrôles sont à réaliser sur le béton après projection selon la méthodologie ASQUAPRO.

La certification ASQUAPRO est recommandée.

Les bétons respecteront les normes européennes NF EN 14487 et 14488.

7.5 Géotextile – Géomembrane – Géodrain

Les géotextiles seront mis en œuvre conformément aux recommandations du fabricant et aux stipulations des "Recommandations pour l'emploi des géotextiles et produits apparentés – Détermination des caractéristiques hydrauliques et mise en œuvre des géotextiles et produits apparentés utilisés dans les systèmes de drainage et de filtration. Norme G38-061, Février 1993. Le maître d'œuvre se réserve le droit de refuser tout dispositif de fixation non conforme.

Les géotextiles seront déroulés à l'avancement de leur recouvrement par les matériaux apportés. Les recouvrements des lés seront définis et exécutés conformément aux conseils du fabricant du produit retenu.

7.6 Points d'arrêt

Il est défini des points d'arrêt dans le déroulement du chantier ; ceux-ci feront l'objet d'un procès-verbal signé conjointement par le Maître d'œuvre et l'entrepreneur.

Le chantier ne pourra reprendre qu'après l'ordre donné par le Maître d'œuvre.

Ces arrêts permettent la réception de certains éléments clés des travaux.

Ces points d'arrêt sont les suivants :

- Implantation des éléments, piquetage des travaux ;
- Réception des fonds de fouille notamment le pied du mur ;
- Coffrage et ferrailage des éléments concernés ;
- Mise en œuvre des batardeaux et planche d'essai ;
- Planche d'essai pour géocomposite et matelas béton.

7.7 Réception des travaux

7.7.1 Acceptation ou refus des fournitures

Toute fourniture dont les caractéristiques seront non conformes aux normes et aux exigences du Maître d'œuvre sera refusée.

7.7.2 Examen visuel

Un examen visuel sera opéré contradictoirement sur l'ensemble des ouvrages. Au cas où des défauts apparaîtraient, l'Entrepreneur devra en assurer la réfection à ses frais, puis un nouvel examen sera effectué, ceci jusqu'à la suppression de tous les défauts.

7.7.3 Réception des ouvrages

La réception des ouvrages ne sera prononcée qu'après vérification que tous les contrôles et essais portant sur les matériaux et les matériels, ainsi que sur le mode d'exécution des travaux, résultats des contrôles et essais aient été jugés satisfaisants par le Maître d'œuvre et le Maître d'Ouvrage, sous réserve d'un nettoyage complet des ouvrages à la charge de l'Entrepreneur.

7.8 Responsabilité de l'entrepreneur

Les stipulations du C.C.A.G sont seules applicables.

La réglementation relative à la responsabilité de l'Entrepreneur est ainsi complétée.

Les règles d'exécution qui lui seront imposées, l'approbation par le Maître d'œuvre des installations de chantier, des matériaux, du matériel, des procédés d'exécution, ne déchargent l'Entrepreneur d'aucune responsabilité, tant en ce qui concerne l'exécution des ouvrages, qu'au regard des accidents et dommages qui pourraient survenir au cours des travaux.

L'Entrepreneur doit utiliser des moyens (humains, matériels et procédés) performants et adaptés pour réaliser les travaux pour ne pas perturber ou endommager les habitations, les ouvrages et espaces verts environnant.

Il est rappelé qu'en vertu de l'article 44 du C.C.A.G., l'entrepreneur est tenu à l'obligation de parfait achèvement.

8. DOCUMENTS A REMETTRE

8.1 Liste des documents

L'Entrepreneur devra fournir l'ensemble des documents suivants dans les délais impartis :

- Le Programme d'exécution des travaux avec les plans d'exécutions ainsi que toutes les notes de calcul nécessaires ;
- Le plan d'installation de chantier ;
- Le planning détaillé des travaux ;
- Les cas de charges des ouvrages servant au calcul des ouvrages ;
- Le Plan d'Assurance de la Qualité (PAQ) ;
- Le Plan d'Assurance de l'Environnement (PAE) ;
- Le Plan Particulier de Sécurité et de Protection de la Santé (PPSPS) ;
- Le journal de chantier ;
- Les rapports d'essais et de contrôle ;
- Le Dossier des Ouvrages Exécutés.

8.2 Programme d'exécution des travaux

8.2.1 Délais de présentation et d'examen

L'entrepreneur devra soumettre à l'agrément du Maître d'œuvre le programme d'exécution des travaux prévu à l'article 28.2 du C.C.A.G., dans un délai maximal de **QUINZE (15) JOURS** à compter de la date de démarrage, fixée par ordre de service.

Il sera procédé tous les mois à l'examen et à la mise au point du programme dans les mêmes conditions que celles qui auront présidé à son élaboration.

Le Maître d'œuvre retournera à l'entrepreneur le programme, soit revêtu de son visa, soit accompagné de ses observations s'il y a lieu, dans un délai maximal de **HUIT (8) JOURS**.

8.2.2 Calendriers d'exécution

Deux sortes de calendriers devront être fournies :

- Un calendrier général par mois, couvrant la totalité des travaux ;
- Un calendrier détaillé par semaine, couvrant les travaux prévus pour le premier mois.

Au fur et à mesure de l'avancement des travaux, l'entrepreneur mettra à jour le programme d'exécution en fournissant, **QUINZE (15) JOURS** à l'avance, le calendrier détaillé par semaine couvrant les travaux prévus pour les deux mois à venir. Les calendriers d'exécution seront établis au moyen d'une méthode dite à "chemin critique" et mettront en évidence :

- Les tâches à accomplir pour exécuter l'ouvrage et leur enchaînement ;
- Pour chaque tâche, la date prévue pour son achèvement et la marge de temps disponible pour son exécution ;
- Celles des tâches qui conditionnent le délai d'exécution de l'ouvrage (tâches critiques).

Les délais nécessaires aux études d'exécution seront clairement matérialisés.

8.2.3 Matériels et méthodes

L'entrepreneur établira un descriptif sommaire des matériels et des méthodes qu'il compte adopter pour l'exécution des travaux.

8.2.3.1 Matériel pour la réalisation des essais

Le matériel utilisé pour la réalisation des essais de contrôle des bétons devra être décrit et la fréquence des essais définie en fonction des cadences de l'entreprise.

8.2.3.2 Méthodes d'exécution

Cette note technique particulière définira les méthodes et moyens utilisés pour l'exécution de tous les ouvrages. **Ce chapitre pourra être constitué de fiches procédures.** Plus particulièrement seront précisés :

- L'ensemble des dispositifs et dispositions prises pour la protection et la lutte contre la pollution de l'environnement ;
- La méthodologie de réalisation des matelas béton et des raccords ;
- La méthodologie de la réalisation du béton projeté ;
- La méthodologie de la réalisation du drainage dans l'aqueduc ;
- La méthodologie de la réalisation du contrôle des eaux ;
- La méthodologie de transport des matériaux et leur arrivée sur site.

8.3 Plan Particulier de Sécurité et de Protection de la Santé

Le niveau du chantier est le niveau III. L'établissement d'un PPSPS par l'Entreprise sera réalisé conformément aux prescriptions du PGC.

8.4 Plan d'Assurance Qualité

Les Soumissionnaires mentionneront les dispositions prévues pour assurer la qualité de leurs prestations dans un Schéma Organisationnel du Plan Assurance Qualité (S.O.P.A.Q.). Ce schéma sera fourni par le Soumissionnaire dans son offre.

L'entrepreneur devra soumettre à l'agrément du Maître d'œuvre un plan d'assurance qualité (P.A.Q.) dans un délai maximal de **VINGT ET UN (21) JOURS** à compter de l'ordre de service de démarrage des travaux.

Ce P.A.Q. devra comprendre les parties suivantes :

- Affectations des tâches ;
- Moyens de l'entreprise ;
- Approvisionnements ;
- Contrôle interne à la chaîne de production ;
- Contrôle externe à la chaîne de production.

Pour cette dernière partie le P.A.Q. devra prendre en compte la totalité des contrôles spécifiés dans le présent C.C.T.P.

Le P.A.Q. devra couvrir l'ensemble des travaux, en particulier :

- La méthodologie prévue pour les travaux dans le canal ainsi que dans l'aqueduc ;
- Les mouvements de terre (transport, stock, compactage) ;
- La mise à sec et la continuité hydraulique ;
- L'organisation des ateliers sur le chantier ;
- Les cadences attendues.

8.5 Plan d'Assurance Environnement (PAE)

Les Soumissionnaires mentionneront les dispositions de réduction des impacts et de protection de l'environnement qu'ils adopteront lors du déroulement du chantier dans un Schéma Organisationnel du Plan Assurance Environnement (S.O.P.A.E.) et dans un Schéma d'Organisation et de Suivi de l'Élimination des Déchets de chantier (S.O.S.E.D). Ces schémas seront fournis par le Soumissionnaire dans son offre.

Le Plan d'Assurance Environnement (P.A.E.) sera établi pour l'ensemble des travaux à réaliser. Il sera soumis au visa du Maître d'œuvre. Ce visa ne dégage en rien la responsabilité de l'Entrepreneur dans le respect de l'environnement au cours du chantier.

L'Entrepreneur exercera un contrôle interne au processus d'élaboration et de mise en œuvre du Schéma d'Organisation du Plan d'Assurance de l'Environnement (SOPAE) puis du Plan d'Assurance environnement (P.A.E.) du chantier.

En cas de non-conformité, l'Entrepreneur soumettra à l'acceptation du Maître d'œuvre, qui exercera un contrôle extérieur, les mesures correctives qu'il proposera d'appliquer, dûment visées par le contrôle interne.

Les éléments permettant de contrôler la mise en place des actions correctives devront être communiqués au Maître d'œuvre.

Les entreprises doivent prendre toutes les mesures pour faciliter l'accès aux chantiers par tous les temps et lieux, pour les agents chargés de la police de l'eau, de la pêche et des milieux aquatiques.

Le SOPAE portera notamment sur les actions suivantes :

- Limitation de l'impact de la mise en suspension de fines lors de la mise en œuvre puis suppression des batardeaux ;
- Limitation du risque et de l'impact de pollution accidentelle dans le canal ou dans la nappe phréatique ;
- Limitation de l'impact de la circulation des engins nécessaires au chantier, à l'intérieur comme à l'extérieur des emprises de travaux ;
- Limitation des dégradations faites aux voiries extérieures aux travaux par les engins de chantier ;
- Mesures de réduction des nuisances sonores et des vibrations provoquées par le chantier.

Le SOSED portera notamment sur les actions suivantes :

- Le tri les différents déchets de chantier ;
- La mise en place des méthodes adaptées pour permettre de ne pas mélanger les différents déchets ;
- L'information, en phase travaux, du Maître d'œuvre quant à la nature, la constitution des déchets et aux conditions de dépôt envisagées sur le chantier ;
- D'assurer le contrôle, le suivi, et la traçabilité ;
- La mise en œuvre des moyens matériels et humains pour assurer ces différents éléments de gestion et d'élimination des déchets.

8.6 Plans d'exécution – notes de calcul – études de détails

8.6.1 Dispositions générales

Les études d'exécution précèdent obligatoirement toute réalisation. Elles sont matérialisées sur le calendrier d'exécution. Elles donnent lieu à la production d'un dossier d'exécution d'ouvrage.

Le Maître d'Œuvre examine ce dossier. La réalisation ne peut commencer que lorsque l'entreprise a reçu l'aval du Maître d'Œuvre sur le dossier d'exécution.

L'entrepreneur ne peut pas exécuter une partie quelconque de l'ouvrage sans avoir au préalable reçu l'accord du Maître d'Œuvre sur le contenu du dossier d'exécution relatif à la réalisation envisagée.

8.6.2 Délais de fourniture

L'entrepreneur devra soumettre à l'agrément du Maître d'Œuvre, les plans d'exécution, notes de calcul et études de détails des travaux dans un délai minimal de **VINGT ET UN (21) JOURS** avant le début d'exécution desdits travaux définis par le calendrier d'exécution détaillé.

L'entrepreneur devra, en temps voulu, s'enquérir auprès du Maître d'Œuvre de toutes informations nécessaires au respect de ce délai.

8.6.3 Nombre d'exemplaires, approbation

Les notes de calculs et les dessins d'exécution seront fournis en **TROIS (3)** exemplaires après validation.

Les documents soumis à validation pourront être transmis par voie électronique (courriel).

Chaque document sera l'objet d'un commentaire (exprimé par fax, courrier, courriel ou par le biais des comptes-rendus des réunions de chantier) du Maître d'Œuvre et/ou du bureau de contrôle, dans un délai de **DIX (10) JOURS** à compter de sa réception.

Au terme de ce délai, les documents d'exécution non commentés seront considérés comme approuvés.

Lorsque le Maître d'Œuvre aura signifié son approbation, le document sera rediffusé par l'entreprise à l'indice correspondant, revêtu d'une mention « Vu Sans Observation » (VSO).

8.7 Contrôle extérieur

Le titulaire est informé qu'un contrôle extérieur pourra être réalisé à la charge du Maître d'Ouvrage.

Ces contrôles pourront être inopinés en fonction de la demande du Maître d'œuvre et sous le contrôle du Maître d'Ouvrage.

L'entreprise doit laisser libre accès à son chantier, ses usines de fabrication et ses zones de stockage dans le cadre de ce contrôle extérieur.

Ce contrôle ne se substitue en rien au contrôle interne et externe que l'entreprise doit exercer dans le cadre de son Plan d'Assurance Qualité.

8.8 Journal de chantier

L'Entrepreneur est tenu de mettre à la disposition du Maître d'œuvre et du Maître d'Ouvrage pendant toute la durée des travaux un journal de chantier.

Ce journal de chantier consignera :

- Les rapports journaliers présentés à chaque réunion de chantier indiquant succinctement :
 - ☐ Les avancements ;
 - ☐ Les quantités de travaux de diverses natures effectuées ;
 - ☐ Les incidents de chantier ainsi que les durées et causes d'immobilisation des matériels ;
 - ☐ Les effectifs présents sur le chantier et leur qualification ;
 - ☐ Le matériel présent sur le chantier ;
 - ☐ Les contrôles effectués et leurs résultats ;
 - ☐ Les relations éventuelles avec les riverains.
- Un rapport mensuel présenté avant le huitième jour du mois suivant, rapport de synthèse donnant notamment les indications suivantes :
 - ☐ Les avancements ;

- ☐ Les travaux effectués au cours du mois écoulé ;
- ☐ Les prévisions d'exécution pour le mois suivant ;
- ☐ Éventuellement, les aménagements que l'Entrepreneur envisage d'apporter au programme des travaux.
- Photos :
 - ☐ L'Entrepreneur fera figurer au journal de chantier, tous les semaines, six (6) photos minimum représentatives du chantier ;
 - ☐ Ces photos seront par ailleurs fournies au Maître d'Ouvrage sous format numérique.

Le journal de chantier sera signé à chaque réunion de chantier par un représentant du Maître d'œuvre et de l'Entrepreneur. Il sera présent dans la baraque de chantier.

8.9 Rapport d'essai et de contrôle

8.9.1 Présentation des fiches de contrôles et des PV d'essais de contrôles

Les fiches de contrôles et les PV des essais de contrôles prévus dans le présent CCTP devront tous être présentés suivant le même modèle, numérotés et contenant les informations minimales suivantes (à compléter éventuellement par l'entrepreneur ou le laboratoire de contrôle) :

- Le nom et l'adresse de l'entreprise avec son logo ;
- Le nom du projet ;
- Le nombre total de page ;
- Le titre du document incluant la nature de l'essai et/ou du contrôle réalisé ;
- La partie d'ouvrage concerné par l'essai ou le contrôle, un schéma de repérage éventuel de la partie d'ouvrage concerné ;
- La date du prélèvement de l'échantillon (éventuel) ;
- La météorologie lors des prélèvements ou/et des essais ;
- La date de l'essai ou du contrôle ;
- Les normes de référence des essais et contrôles et/ou les références au CCTP pour les spécifications imposées ;
- Le nom et qualité du personnel ayant réalisé l'essai ou le contrôle ;
- Le nom et qualité du vérificateur des essais et des résultats ;
- Les intervalles admissibles des résultats ;
- Les résultats des essais et contrôles réalisés ;
- Les commentaires éventuels sur les conditions de réalisation et sur les résultats de ces essais et de ces contrôles ;
- La signature des personnels ayant réalisé et vérifié les essais et contrôles.

Les fiches de contrôles et les PV des essais de contrôles devront être fournis dactylographiés dans la mesure du possible. Le modèle de fiche devra être soumis à l'agrément préalable du Maître d'œuvre.

Les fiches de contrôles et PV des essais de contrôles seront fournies en **DEUX (2) EXEMPLAIRES** au Maître d'œuvre.

Un tableau de synthèse des résultats par type d'essai devra être fourni au Maître d'œuvre par l'entrepreneur régulièrement au fur et à mesure de l'avancement des travaux (fréquence bimensuelle environ).

8.9.2 Présentation des matériaux et des matériels

8.9.2.1 Marques des matériels et matériaux

Dans le CCTP, la marque des différents matériels et matériaux est donnée sous la forme de « telle marque ou équivalent », celle-ci étant alors donnée pour fixer le niveau de qualité à obtenir, fixer les idées ou les encombrements et formes souhaités.

L'entreprise sera tenue d'indiquer précisément, et à chaque étape du chantier, les marques qu'elle envisage de fournir en équivalence.

8.9.2.2 Matériaux nouveaux et procédés non traditionnels

Tout ouvrage de nature non traditionnelle ou faisant appel à des techniques ou matériaux nouveaux, proposé par les entreprises, doit avoir fait l'objet d'un avis technique du CSTB (ou d'un organisme similaire), existant ou en cours de validation.

Dans ce cas, la fourniture et la mise en œuvre devront être conformes à cet avis et tenir compte des observations ou réserves formulées par la commission à l'origine de l'avis technique.

D'autre part, si l'entreprise propose un matériau similaire qui demande une mise en œuvre différente, elle fournira, avec la fiche technique du matériau proposé, la description très précise de la mise en œuvre, étape par étape, de ces produits et l'implication immédiate sur les autres matériaux choisis dans le descriptif.

Dans le cas de matériaux ou procédés n'ayant pas fait l'objet d'avis techniques favorables, les entrepreneurs doivent fournir au Maître d'œuvre une documentation technique détaillée.

Dans les deux cas, le Maître d'œuvre se réserve la possibilité de refuser les procédés ou matériaux proposés.

8.9.2.3 Échantillons - maquettes - prototypes

Avant passation de leurs commandes, les entrepreneurs doivent présenter au Maître d'œuvre les échantillons ou maquettes des différents matériaux et ensembles dont ils prévoient l'emploi.

Il reste entendu que, pour faire un choix, il faut au moins deux échantillons.

Des prototypes d'éléments de construction pourront être demandés à certains corps d'état pour permettre au Maître d'œuvre d'examiner les éléments.

Tous les échantillons, prototypes, maquettes doivent, à la demande du Maître d'œuvre, être conservés dans le bureau de chantier durant l'exécution des travaux, de manière à servir de référence.

La présentation de ces différents échantillons est faite en accord avec le Maître d'œuvre. Tous les frais relatifs à cette présentation font partie intégrante du forfait.

L'entrepreneur reste propriétaire de ses échantillons et maquettes et il en assure la reprise après réception provisoire.

8.10 Dossier de récolement

À la fin des travaux, dans un délai d'**UN MOIS** suivant la réception, et conformément à l'article 40 du CCAG, l'entrepreneur fournira au Maître d'œuvre le dossier de récolement des ouvrages tels qu'ils ont été exécutés, en **TROIS (3)** exemplaires.

Il sera présenté sous la forme d'un dossier contenant l'ensemble des documents suivants :

- La liste exhaustive de tous les documents contenus dans le dossier, la liste de toutes les notes de calcul et plans d'exécution ;
- Tous les plans d'exécution des ouvrages (P.E.O.) au dernier indice corrigé des adaptations réalisés sur le terrain ;
- Toutes les notes de calcul ;
- Tous les PV de contrôles, essais et de réception ;

- Les demandes d'agrément de matériaux et matériels intégrant les fiches techniques originales (pas de photocopies admises) des fournisseurs et fabricants ;
- Une synthèse des résultats de tous les essais et contrôles réalisés sur les ouvrages ou parties d'ouvrages ;
- Une clé USB contenant tous les plans de recollement et tous les fichiers des notes de calcul ;
- Un rapport complet sur l'exécution du chantier illustré de photos de chantier dans lequel figurent notamment :
 - ☐ Les moyens mis en œuvre ;
 - ☐ Les contraintes imposées ;
 - ☐ Les principales difficultés rencontrées et les moyens mis en œuvre pour les résoudre.

Outre les documents constitutifs du dossier des ouvrages exécutés, l'Entrepreneur remettra, en même temps, deux (2) albums des photographies (100 photos maximum) prises au fur et à mesure de l'avancement du chantier.

Les différents supports des pièces constitutives du Dossier des Ouvrages Exécutés (D.O.E.) sont détaillés ci-après :

- Les PEO, sur support en papier plié au format normalisé A4 ;
- Les PEO et les plans des levés topographiques exécutés sous le logiciel AUTOCAD 2013 enregistrés sur clé USB au format DWG ;
- L'ensemble des fichiers informatiques devra :
 - ☐ Être visuellement conforme à la version imprimée notion d'espace papier pour AUTOCAD (disposition des vues, échelles des vues, etc.) ;
 - ☐ Être exempts de calques gelés ;
 - ☐ Être purgés.

La responsabilité de l'Entrepreneur est directement engagée sur l'exactitude du récolement et du dossier des ouvrages exécutés.

8.11 Version dématérialisée

L'entreprise aura à sa charge de transmettre au Maître d'Ouvrage une version dématérialisée des documents suivants :

- Le journal de chantier au fur et à mesure de l'avancement ;
- Le PAE ;
- Le PAQ ;
- Le PPSPS ;
- Les calendriers d'exécution ;
- Les fiches de contrôle et PV d'essais.

À....., le

L'Entrepreneur

(Mention manuscrite « Lu et accepté »)

ANNEXE 1

PLANS DU CONFORTEMENT

CONSULTING

**SAFEGE S.A.S. opérant sous la
marque commerciale SUEZ
Consulting**

**Agence Régionale de l'Est
Espace Européen de
l'Entreprise - Le Berverly
15, Rue de COPENHAGUE
67 300 SCHILTIGHEIM
Tél. : + 33 3 88 20 07 91**

www.suez.com/fr/consulting-conseil-et-ingenierie

