



Travaux complémentaires de restauration du barrage de Bouzey

Dossier de Consultation des Entreprises

CAHIER DES CHARGES TECHNIQUES PARTICULIERS

VNF – DIMOA - SON



Travaux complémentaires de restauration du barrage de Bouzey
Dossier de Consultation des Entreprises
Voies Navigables de France
Cahier des Charges Techniques Particuliers

4	08/12/2025	X.Cherradi	-	-	Compléments VNF
3	02/12/2025	X.Cherradi	-	-	Compléments VNF
2	19/11/2025	X.Cherradi	-	-	Prise en compte retour VNF du 07/11
1	28/10/2025	X.Cherradi	U.Spinazolla	-	Prise en compte des corrections VNF
0	28/07/2025	X.Cherradi	U.Spinazolla	-	1 ^{ère} diffusion
INDICE	DATE DE RÉVISION	RÉDACTEUR	VÉRIFICATEUR	APPROBATEUR- (SI EXIGENCE)	DESCRIPTION DES MODIFICATIONS

ARTELIA E³AMO
Barrages, Hydroélectricité, Infrastructures
4 Rue Germaine Veyret-Verner, 38130 Échirolles
Tel. : +33 (0)4 76 33 40 00

SOMMAIRE

1. PRÉAMBULE.....	13
1.1. Objet du marché	13
1.2. Organisation des cahiers des charges techniques particuliers..	13
1.3. Désignations.....	14
1.4. Intervenants.....	14
1.5. Illustrations du CCTP	15
2. CONTEXTE GÉNÉRAL.....	16
2.1. Données générales	16
2.2. Localisation	16
2.3. Caractéristiques du barrage.....	17
2.4. Description détaillé de l'ouvrage existant.....	19
2.4.1. Evacuateur de crue.....	19
2.4.1.1. Terrassements réalisés au droit du bassin de dissipation	20
2.4.1.2. Génie civil du bassin de dissipation	20
2.4.1.3. Aval du bassin de dissipation et raccordement à l'existant	21
2.4.2. Dispositif de drainage du barrage – Galerie aval – Auscultation.....	25
2.4.2.1. Morphologie générale	25
2.4.2.2. Drainage de la fondation du barrage	29
2.4.2.3. Galerie aval	30
2.4.2.4. Description des dispositifs d'auscultation de la galerie aval	31
2.4.2.5. Evacuation des eaux de drainage	33
2.5. Enjeux des travaux	36
2.5.1. Fonctionnement du dispositif d'auscultation de la galerie aval.....	36
2.5.2. Dépôts de matières solides.....	37
2.5.2.1. Boues orange	37
2.5.2.2. Sable et graviers	39
2.5.2.3. Analyses en laboratoire.....	40
2.6. Données hydrauliques.....	40
2.7. Conditions physiques	41
2.7.1. Topographie.....	41
2.7.2. Géologie.....	41

2.7.3.	Hydrogéologie	42
2.7.4.	Géotechnique.....	42
2.7.5.	Caractéristiques des eaux en galeries aval	42
2.7.6.	Climatologie	43
2.7.6.1.	Température	43
2.7.6.2.	Neige.....	44
2.7.6.3.	Vent	44
2.7.7.	Séisme	45
2.8.	Respect de l'environnement.....	45
3.	CONSISTANCE DES TRAVAUX.....	47
3.1.	Présentation du programme de travaux	47
3.2.	Description des travaux.....	48
3.2.1.	Travaux préparatoires	48
3.2.1.1.	Généralités.....	48
3.2.1.2.	Gestion des eaux en phase travaux	51
3.2.1.3.	Gestion des équipements existants	51
3.2.2.	Travaux à l'aval de l'évacuateur de crue	51
3.2.2.1.	Décassement des enrochements libre	51
3.2.2.2.	Préparation du support	52
3.2.2.3.	Traitement des interfaces	53
3.2.2.4.	Mise en œuvre des enrochements percolés	54
3.2.2.5.	Reprise des maçonneries à l'aval.....	55
3.2.2.6.	Contrôle de l'étanchéité	56
3.2.3.	Travaux de génie civil autour de la galerie aval et divers	56
3.2.3.1.	Dispositifs de batardage amovibles	56
3.2.3.2.	Abris.....	60
3.2.3.3.	Equipements de sécurisation du site	61
3.2.3.4.	Rebouchage d'un forage sur la risberme amont du barrage	65
3.2.4.	Travaux concernant les dispositifs de mesure de MES	66
3.2.5.	Travaux concernant les dispositifs de pompage	70
3.2.6.	Remise en état	74
3.3.	Coordination interne	75
3.4.	Variantes.....	75
3.5.	Planning et Séquencage des travaux.....	76

4.	CONDITIONS GÉNÉRALES D'EXÉCUTION.....	77
4.1.	Référentiels et données à disposition.....	77
4.1.1.	Référentiels.....	77
4.1.2.	Système de coordonnées et de mesures	77
4.1.3.	Données à disposition	78
4.2.	Programme d'exécution des travaux	78
4.3.	Plan d'Assurance Qualité (PAQ).....	78
4.3.1.	Consistance générale du PAQ	78
4.3.2.	Organisation	79
4.3.3.	Procédures d'exécution	79
4.3.4.	Contrôles	80
4.3.4.1.	Définitions.....	80
4.3.4.2.	Plan de contrôle et Non-conformités	80
4.3.4.3.	Points d'arrêt – Points critiques	81
4.4.	Plan de Respect de l'Environnement (PRE)	82
4.5.	Plan Particulier de Sécurité et de Protection de la Santé (PPSPS)	82
4.6.	Implantation - Piquetage – Réseaux – Suivi topographique	82
4.6.1.	Implantation générale en début de chantier	82
4.6.2.	Implantation des réseaux et des ouvrages souterrains	83
4.6.3.	Suivi topographique	83
4.7.	Etudes d'exécution (EXE)	83
4.7.1.	Avant-propos	83
4.7.2.	Objectifs.....	84
4.7.3.	VISA du Maître d'œuvre	84
4.7.4.	Modalités diverses	84
4.7.5.	Liste des études d'exécution attendues	84
4.8.	Plan d'Installations de chantier (PIC) et moyens matériels	86
4.8.1.	Généralités.....	86
4.8.2.	Points d'attention des installations de chantier	87
4.9.	Documents fournis après exécution	87
4.9.1.	Dossier des Ouvrages Exécutés (DOE) – Plans de récolement	87
4.9.2.	Dossier d'Intervention Ulérieur sur Ouvrage (DIUO)	88

4.10. Nettoyages du chantier et remise en état.....	88
4.10.1. Nettoyage du chantier en cours d'exécution	88
4.10.2. Nettoyage du chantier en fin d'exécution	88
4.10.3. Remise en état	88
5. PRODUITS ET FOURNITURES.....	89
5.1. Généralités.....	89
5.1.1. Approbation des matériaux et équipements mis en œuvre	89
5.1.2. Provenance	89
5.1.3. Qualité	89
5.1.4. Vérifications.....	90
5.2. Remblai.....	91
5.2.1. Provenance des matériaux	91
5.2.2. Qualité des matériaux	91
5.2.2.1. Sols en place.....	91
5.2.2.2. Couche de forme	91
5.3. Enrochements	92
5.3.1. Généralités.....	92
5.3.2. Caractéristiques générales des enrochements	92
5.3.3. Blocométrie	92
5.3.4. Contrôle qualité	93
5.4. Mastic d'étnachéité.....	93
5.5. Mortier de rejointoiement	93
5.6. Béton	94
5.6.1. Généralités.....	94
5.6.2. Performances requises des bétons.....	94
5.6.3. Spécifications particulières relatives aux différents bétons	95
5.6.4. Ciment	95
5.6.4.1. Qualité du ciment.....	95
5.6.4.2. Classe de résistance	95
5.6.4.3. Livraison, emmagasinage et contrôle du ciment.....	95
5.6.5. Granulats	96
5.6.5.1. Qualité générale des granulats.....	96
5.6.5.2. Transport et emmagasinage des granulats	96
5.6.5.3. Essais à effectuer sur les granulats	96

5.6.6. Eau de gâchage.....	97
5.6.7. Adjuvants.....	97
5.6.8. Produits de cure et de décoffrage	97
5.6.9. Bétons.....	97
5.6.9.1. Composition des bétons	97
5.6.9.2. Epreuve d'étude des bétons	97
5.6.9.3. Epreuve de convenance des bétons	98
5.6.9.4. Consistance du béton	98
5.6.9.5. Fabrication des bétons	98
5.6.9.6. Température des bétons	98
5.6.9.7. Transport des bétons	98
5.7. Armatures	98
5.7.1. Aciers.....	98
5.7.2. Treillis soudés	99
5.7.3. Connecteurs.....	99
5.7.4. Cales d'armatures	99
5.7.5. Livraison des armatures.....	99
5.7.6. Stockage des armatures	100
5.7.7. Soudure des barres.....	100
5.8. Fibres	100
5.9. Coffrages	100
5.9.1. Matériaux de coffrage	100
5.9.2. Entretoises et attaches de coffrage.....	101
5.9.3. Produits de démoulage.....	101
5.9.4. Conception.....	101
5.10. Géosynthétiques	101
5.10.1. Généralités.....	101
5.10.2. Géotextile de protection	102
Equipements.....	102
5.10.3. Dispositif de batardage.....	102
5.10.4. Abris pour coffrets électriques.....	103
5.10.5. Abris démontables de protection contre les intempéries	104
5.10.6. Dispositifs de fermeture de fermeture et d'accès à la chambre de pompage	104

5.10.7. Echelle sécurisée	105
5.10.7.1. Chambre de pompage	105
5.10.7.2. Regard R0	105
5.10.8. Garde-corps	105
5.10.9. Clôture	106
5.10.10. Dispositif de pompage.....	106
5.10.10.1. Généralités	106
5.10.10.2. Caractéristiques techniques.....	106
5.10.11. Dispositif de mesure des MES - Bac de décantation	108
5.10.12. Conduites et raccords.....	109
5.11. Divers	109
5.11.1. Rebouchage de forage	109
6. EXÉCUTION	110
6.1. Généralités.....	110
6.1.1. Dispositions liées aux constructions avoisinantes	110
6.1.2. Dispositions liées aux ouvrages provisoires.....	110
6.1.3. Dispositions liées à la gestion des eaux pendant les travaux	111
6.1.4. Dispositions liées aux contrôles et essais	111
6.2. Travaux préparatoires	112
6.2.1. Implantation – Piquetage - Suivi topographique	112
6.2.2. Démontage, mise en stock et repose des équipements divers et réseaux.....	112
6.3. Débroussaillage, décapage de terre végétale, abattage et dessouchage d'arbres	112
6.3.1. Débroussaillage et abattage	112
6.3.2. Décapage de terre végétale	112
6.3.3. Stockage - élimination des matériaux végétaux – finition.....	113
6.4. Démolition	113
6.4.1. Démolition et Prédécoupage	113
6.4.2. Mise en dépôt des produits de démolition.....	113
6.5. Excavations	113
6.5.1. Généralités.....	113
6.5.2. Excavations des terrains rippables	114
6.5.3. Décaissement des enrochements libres	114

6.5.4. Maintien à sec des fouilles pendant les travaux	114
6.5.5. Contrôle	114
6.5.5.1. Contrôle de la topographie.....	114
6.5.5.2. Contrôle des vibrations engendrées par les engins.....	114
6.5.6. Evacuation des matériaux.....	115
6.5.7. Préparation des surfaces de fondation.....	115
6.6. Remblai	115
6.6.1. Généralités.....	115
6.6.1.1. Tolérances.....	115
6.6.2. Exécution	116
6.6.2.1. Généralités.....	116
6.6.2.2. Mise en œuvre et compactage	116
6.6.2.3. Contrôles - Essais.....	117
6.7. Enrochements liaisonnés	118
6.8. Mastic d'étanchéité.....	119
6.9. Joints de maçonnerie	119
6.10. Béton	119
6.10.1. Mise en place du béton	119
6.10.1.1. Préparation de la surface de la levée précédente	119
6.10.1.2. Bétonnage	120
6.10.1.3. Vibration	120
6.10.1.4. Reprise de bétonnage.....	120
6.10.1.5. Bétonnage par temps chaud	121
6.10.1.6. Bétonnage par temps froid.....	121
6.10.2. Cure des bétons	121
6.10.3. Epreuve de contrôle et acceptation des bétons.....	121
6.11. Armatures	122
6.11.1. Préparation	122
6.11.2. Mise en place	122
6.11.3. Protection	122
6.11.4. Tolérances.....	122
6.11.5. Inspection	123
6.12. Coffrages	123
6.12.1. Inspection	123

6.12.2. Préparation	123
6.12.3. Mise en place	123
6.12.4. Décoffrage	124
6.12.5. Ragréage et finition	125
6.13. Géosynthétiques	125
6.13.1. Transport – Manutention – Stockage – Etiquetage	125
6.13.2. Support des géosynthétiques	126
6.13.3. Géotextile	126
6.13.4. Contrôles	127
6.14. Equipements	127
6.14.1. Dispositif de batardage.....	127
6.14.2. Abris pour coffrets électriques.....	127
6.14.3. Abris démontables de protection contre les intempéries	128
6.14.4. Dispositifs de fermeture de fermeture et d'accès à la chambre de pompage 128	
6.14.5. Echelle sécurisée	128
6.14.5.1. Chambre de pompage	128
6.14.5.2. Regard R0	128
6.14.6. Garde-corps	129
6.14.7. Clôture	129
6.14.8. Dispositif de pompage	129
6.14.9. Bac de décantation.....	129
6.14.10. Conduites et raccordements.....	130
6.14.11. Travaux de remise en place et remise des équipements existants	130
6.15. Divers	130
6.15.1. Rebouchage de forage	130

TABLEAUX

Tableau 1 - Caractéristiques principales du barrage	17
Tableau 2 – Blocométrie des types d'enrochements.....	92
Tableau 3 – Contrôle qualité.....	93
Tableau 4 - Performances requises des bétons.....	94
Tableau 5 – Caractéristiques des géotextiles de protection	102
Tableau 6 – Fréquence et typologie des contrôle de compactage des remblais courants	117
Tableau 7 – Epreuves de contrôle et d'acceptation des bétons	122
Tableau 8 – Tolérances relatives aux aciers de béton armé	122
Tableau 9 – Défaut d'aplomb maximal tolérable sur un élément de direction voisine de l'horizontale ...	124
Tableau 10 – Défaut d'aplomb maximal tolérable sur un élément de direction voisine de la verticale	124

Tableau 11 – Tolérances d'état de surface des parements.....	124
Tableau 12 – Tolérances d'état maximal dans les joints d'éléments de coffrage	124

FIGURES

Figure 1 – Localisation de la retenue et du barrage de Bouzey – carte IGN au 1/50 000 ^e	16
Figure 2 - Coupe type du barrage.....	18
Figure 3 - Implantation des ouvrages actuels.....	18
Figure 4 – Vue en plan de l'Evacuateur de crue après travaux de 2022-2024	19
Figure 5 – Terrassements au cours des étapes de cloutage / mise en œuvre du ballast	20
Figure 6 – Vue en plan du bassin de dissipation réalisé en 2022-2024	22
Figure 7 – Coupe longitudinale A-A du bassin de dissipation réalisé en 2022-2024.....	23
Figure 8 – Coupe B-B et C-C du bassin de dissipation réalisé en 2022-2024.....	23
Figure 9 – Photos du bassin de dissipation réalisé en 2022-2024	24
Figure 10 – Schéma vue en plan du réseau de drainage avant les travaux de 2022-2024 (galerie amont, puisard et joint de dilatation, galerie aval, conduite exutoire de la galerie aval vers l'Avière).....	26
Figure 11 - Coupe type amont/aval du barrage montrant la position des galeries de drainage	26
Figure 12 – A gauche : Vue en plan en surface de l'ouvrage réalisé dans le cadre des travaux 2022-2024 ; A droite : Vue 3D de l'ouvrage réalisé dans le cadre des travaux 2022-2024 En dessous : Elévation depuis la galerie aval en direction de l'ouvrage réalisé dans le cadre des travaux 2022-2024	27
Figure 13 – A gauche : Vue en plan de l'intérieur de l'ouvrage réalisé dans le cadre des travaux 2022-2024 ; A droite : Coupe 3-3 de l'ouvrage réalisé dans le cadre des travaux 2022-2024	28
Figure 14 - Coupe dans l'axe d'un puisard (archive 1888)	29
Figure 15 – Schéma de la connexion entre les puisards et la galerie aval	30
Figure 16 – Coupe type de la galerie aval.....	31
Figure 17 - Galerie aval (gauche) – Exutoire du joint de dilatation central (droite)	31
Figure 18 - Débitmètre NIVUS sur rameau Est de la galerie amont	32
Figure 19 - Débitmètre à l'exutoire de la buse du puisard au PM 241,45 (gauche) , du joint de dilatation au PM 304,05 (droite)	32
Figure 20 – Photo du tronçon R0-R1 depuis le regard construit en 2010.....	33
Figure 21 - Passage sous le canal des Vosges (photo : VTA 2015).....	34
Figure 22 - Seuil et échelle de niveau à la restitution à l'Avière	34
Figure 23 - Vue en plan de la conduite d'évacuation.....	35
Figure 24 - Mesure par empotage des débits à l'exutoire du joint de dilatation droit.....	36
Figure 25 - Boues orange en sortie de barbacane n° 77 (gauche) et de la barbacane n°127	37
Figure 26 - Amas de boues orange hors écoulement des barbacanes	38
Figure 27 - Zoom sur un amas de boue : présence de "bulles"	38
Figure 28 – Exutoire de la conduite 800mm au niveau de l'Avière	39
Figure 29 – Sable observé dans la galerie aval en 2020	39
Figure 30 – Paramètres physico-chimiques de l'eau en galerie aval mesurée lors de la campagne Eurofins 2021	43
Figure 31 - Concentration mesurée dans l'eau en galerie aval lors de la campagne Eurofins 2021.....	43
Figure 32 – Carte des valeurs de neige à prendre en compte en France métropolitaine	44
Figure 33 – Carte de la valeur de base de la vitesse de vent de référence en France	44
Figure 34 – Zonage sismique de France métropolitaine	45
Figure 35 – Implantation envisagée des installations de chantier et accès (en rouge : Accès PL et engins, en jaune : IC et accès VL, en orange : accès à la risberme amont)	50
Figure 36 – Vu de la dalle sur le regard R0-R1 et des dispositifs de pompage et d'auscultation	51
Figure 37 – Coupes des travaux à réaliser de décaissements d'enrochements à l'aval de l'EVC	52
Figure 38 – Coupes des travaux à réaliser de préparation du support à l'aval de l'EVC	53
Figure 39 – Coupe des travaux à réaliser de préparation du support à l'aval de l'EVC	54
Figure 40 – Coupe des travaux à réaliser de mise en œuvre des enrochements liaisonnées à l'aval de l'EVC	55
Figure 41 – Vue en plan des travaux de rejointoiement à réaliser	56
Figure 42 – Dispositif de batardage dans le regard R0-R1	58

Figure 43 – Dispositifs de batardage à créer en galerie aval.....	58
Figure 44 – Départ de la conduite de 600mm	59
Figure 45 – A gauche : Plaque amovible actuellement en place entre les deux conduite 500mm A droite : Départ des deux conduites de 500mm (la plaque entre les deux conduites a été remplacé par celle présentée sur la photo de gauche entre temps)	60
Figure 46 – Exemple d’abri pour les coffrets à mettre en place.....	61
Figure 47 – Exemple de trappe d’accès	62
Figure 48 – Exemple d’échelle d’accès sécurisée.....	62
Figure 49 – Vue en plan et coupes du regard R0-R1	63
Figure 50 – Echelle d’accès au regard R0 (bas de l’échelle non fixé dans le GC)	64
Figure 51 – Clôture VNF actuellement sur site	65
Figure 52 – Implantation du forage à reboucher.....	66
Figure 53 – Coupe et vue en plan des bassins de décantation.....	67
Figure 54 – Coupe et vue en plan des conduites	69
Figure 55 – Exemple d’abri pour les bacs de décantation à mettre en place	70
Figure 56 – Coupe et vue en plan des conduites	73
Figure 57 – Exemple de bassin de tranquillisation	108

1. PRÉAMBULE

1.1. OBJET DU MARCHÉ

Le barrage-réservoir de Bouzey est un barrage en maçonnerie et en enrochements, d'une hauteur maximale d'environ 17 m par rapport au terrain naturel. Il se situe dans le département des Vosges, à proximité des communes de Sanchev et de Chaumousey, à environ 5 km à l'ouest d'Epinal.

L'ouvrage ferme la vallée de l'Avière, petit cours d'eau qui conflue avec la Moselle quelques kilomètres plus au nord. La retenue ainsi formée sert à l'alimentation en eau du bief de partage du Canal des Vosges.

Mise en eau en 1884, la digue de Bouzey a connu deux désordres majeurs, dont une rupture brutale en 1895. Actuellement, et après de diverses opérations de réparation au cours du XXème siècle, la retenue a été exploitée à une cote de retenue normale abaissée d'environ 50 cm par rapport à la cote de projet.

La Direction Territoriale du Nord-Est de Voies Navigables de France (VNF) a souhaité engager des travaux de réhabilitation afin d'améliorer la sûreté de l'ouvrage, de garantir la sécurité des personnes à proximité et en aval du barrage, et de pouvoir exploiter la retenue au niveau historique de conception : 371.50 m NGF.

L'essentiel des travaux ont été réalisé entre fin 2022 et mi 2024. Les interventions au titre du présent marché s'inscrivent dans la continuité des travaux de réhabilitation du barrage de Bouzey récemment réalisés et viennent permettre une mise à niveau de certaines parties de l'ouvrage à l'aval notamment du fait de données nouvelles.

Les travaux prévus dans le cadre du présent marché comprennent les opérations suivantes :

- Etanchéification de l'aval de l'évacuateur de crue afin que les eaux transitant dans l'ouvrage ne reviennent pas vers la galerie aval du barrage ;
- Refonte du dispositif d'auscultation des débits et MES de la galerie aval.

1.2. ORGANISATION DES CAHIERS DES CHARGES TECHNIQUES PARTICULIERS

Le présent marché de travaux est constitué d'un lot unique.

Les spécifications techniques des travaux sont décrites dans le présent CCTP et présentent :

- Le contexte général de l'opération ;
- La présentation du site, de son environnement ainsi que les données à disposition ;
- La consistance des travaux ;
- Les dispositions générales applicables aux travaux ;
- Les spécifications techniques en matière de fourniture et d'exécution des travaux.

Les spécifications sont générales et applicables à tous les Travaux. Les différentes descriptions et exigences ne sont pas nécessairement répétées pour chaque partie de Travaux ; elles s'appliquent à l'ensemble du marché, même s'il n'y est pas fait référence.

Elles décrivent la réalisation des travaux et ont un caractère récapitulatif et indicatif des exigences minimales à respecter. Elles ne se substituent pas à des exigences plus sévères des règlements, normes et textes officiels.

L'Entreprise sera responsable du comportement des ouvrages provisoires et définitifs pendant et après les phases de construction. Elle devra prévoir tous les dispositifs et accessoires et toutes les modalités d'exécution nécessaires pour limiter les sollicitations afin que la stabilité des structures ne soit pas compromise et que les contraintes et déformations restent admissibles.

La rédaction du texte au futur simple doit se comprendre comme une description des actions et travaux à réaliser dans le futur pendant la réalisation des travaux. Toutes les prescriptions et spécifications ci-après sont donc applicables au Contrat. Sauf stipulation explicite, tous les travaux, prestations, essais, contrôles, approvisionnements, etc., sont compris dans les prix des ouvrages.

Ces travaux seront conformes aux directives et recommandations données dans les fascicules, CCTG et DTU intéressés par les natures de travaux du présent Marché.

1.3. DÉSIGNATIONS

Dans la suite du document sont désignés indépendamment :

- Le Maître d'œuvre par les termes « Maître d'œuvre » ou « MAITRE D'ŒUVRE », « MOE » ;
- Le Maître d'Ouvrage par les termes « Maître d'ouvrage », « MAITRE D'OUVRAGE », « MOA » ;
- L'entrepreneur amené à réaliser les travaux ici décrits par les termes « Entreprise », « Titulaire » ou « Entrepreneur » ;
- Le marché et les documents qui le composent par les termes « Marché », « CCAP », « AE », « RC », ... ;
- Les Cahiers des Charges Techniques Particulier par les termes « CCTP », « CCTPs », « Spécifications » ou « Spécification Techniques ».

1.4. INTERVENANTS

Le projet concerne plusieurs intervenants au sein de Voies Navigables de France (VNF) :

- La MOA représenté par la Direction de l'Ingénierie et de la Maîtrise d'Ouvrage (DIMOA), Service Opérationnelle de Nancy (SON) ;
- L'exploitant de l'ouvrage représenté par la Direction Territoriale Nord Est (DT NE), Service Territorial Canal des Vosges.

Outre VNF et ARTELIA, d'autres intervenants sont prévisibles (CSPS, Communauté d'Agglomération d'Epinal – CAE, Conseil Départementale des Vosges – CD88, Communes de Sanchey et Chamousey, Services de l'Etat – DDT88 / DREAL Grand Est, ...). Des interfaces sont donc à prévoir pour le bon déroulement du chantier, à ce titre :

- Le titulaire devra faire remonter ses requêtes d'accès, installations, interventions à VNF au moins 48h en avance (hors week-end et jours fériés) pour communication aux partenaires ou acteurs extérieurs ;
- Les partenaires pourront avoir des demandes spécifiques pour garantir la poursuite de leur exploitation au cours du chantier, le titulaire devra respecter ces requêtes dans le cadre de ces travaux.

Il est ainsi attendu du titulaire qu'il soit force de propositions et qu'il facilite le bon déroulement de l'opération y compris sur les sujets en interface. Il est prévu que VNF soit l'interlocuteur principal du titulaire pour le traitement des interfaces.

1.5. ILLUSTRATIONS DU CCTP

Les plans/schémas utilisés dans le document sont utilisés pour illustrer certaines des descriptions développées. Ces éléments doivent être considérés à titre illustratif.

2. CONTEXTE GÉNÉRAL

2.1. DONNÉES GÉNÉRALES

Le barrage de Bouzey est classé B au sens des décrets suivants :

- 2015-526 du 14 mai 2015 relatif aux règles applicables aux ouvrages construits ou aménagés en vue de prévenir les inondations et aux règles de sûreté des ouvrages hydrauliques ;
- 2007-1735 du 11 décembre 2007 relatif à la sécurité des ouvrages hydrauliques et au comité technique permanent des barrages et des ouvrages hydrauliques.

2.2. LOCALISATION

Le barrage de Bouzey se situe dans le département des Vosges (88), à proximité des communes de Sanche y et de Chaumousey, à environ 5 km à l'ouest d'Épinal.

L'ouvrage ferme la vallée de l'Avière, petit cours d'eau qui conflue avec la Moselle quelques kilomètres plus au nord. La retenue ainsi formée sert à l'alimentation en eau du bief de partage du Canal des Vosges.

Les coordonnées GPS du site sont les suivantes : 48°16'72.81"N ; 6°35'66.87" E.

Le site est principalement desservi par la D460.



Figure 1 – Localisation de la retenue et du barrage de Bouzey – carte IGN au 1/50 000°

2.3. CARACTÉRISTIQUES DU BARRAGE

Tableau 1 - Caractéristiques principales du barrage

Généralités	
Type de barrage	Poids et remblai
Matériaux constitutifs	Enrochement et maçonnerie
Matériau de fondation	Grès bigarré (Fondation hétérogène)
Dimensions principales	
Longueur de crête	520 m rectiligne
Largeur de crête	6 m
Largeur maximale en base	46 m
Hauteur maximale du barrage / terrain	16.90 m
Hauteur maximale du barrage / fondation	23.40 m
Parement amont	Masque : Fruit de 1/1 avec 1 risberme Maçonnerie : parement vertical
Fruit du parement aval H/V	Fruit 1.25/1 avec 3 risbermes Fruit moyen 1.43/1
Volume du corps du barrage	221 560 m ³
Volume de la retenue	7 000 000 m ³ sous retenue normale
Cotes caractéristiques	
Cote de la crête	+373.10 m
Cote des parapets	+374.20 m
Cote minimale des fondations	+ 349.70 m
Niveau de retenue normale (RN) du projet	+ 371.50 m (exploitation abaissée à 371.04 m jusqu'en 2019)
Niveau de retenue normale (RN) actuel, abaissé par arrêté préfectoral du 12 avril 2019	+ 368.70 m
Niveau de Plus Hautes Eaux (PHE) du projet	+ 372.34 m
Cote du radier de la vidange de fond	+ 356.40 m
Cotes des trois vannes de la prise d'eau	+ 360.00 m + 364.10 m + 368.30 m
Drainage et étanchéité	
Etanchéité du barrage	Masque amont en béton armé. Ancienne digue maçonnée
Etanchéité de la fondation	Rideau d'injection de ciment en pied amont
Drainage du barrage	Drains horizontaux derrière masque Enrochement drainant
Drainage des fondations	Par dalot sous la maçonnerie et puits drainants, collecteur vers galerie aval visitable

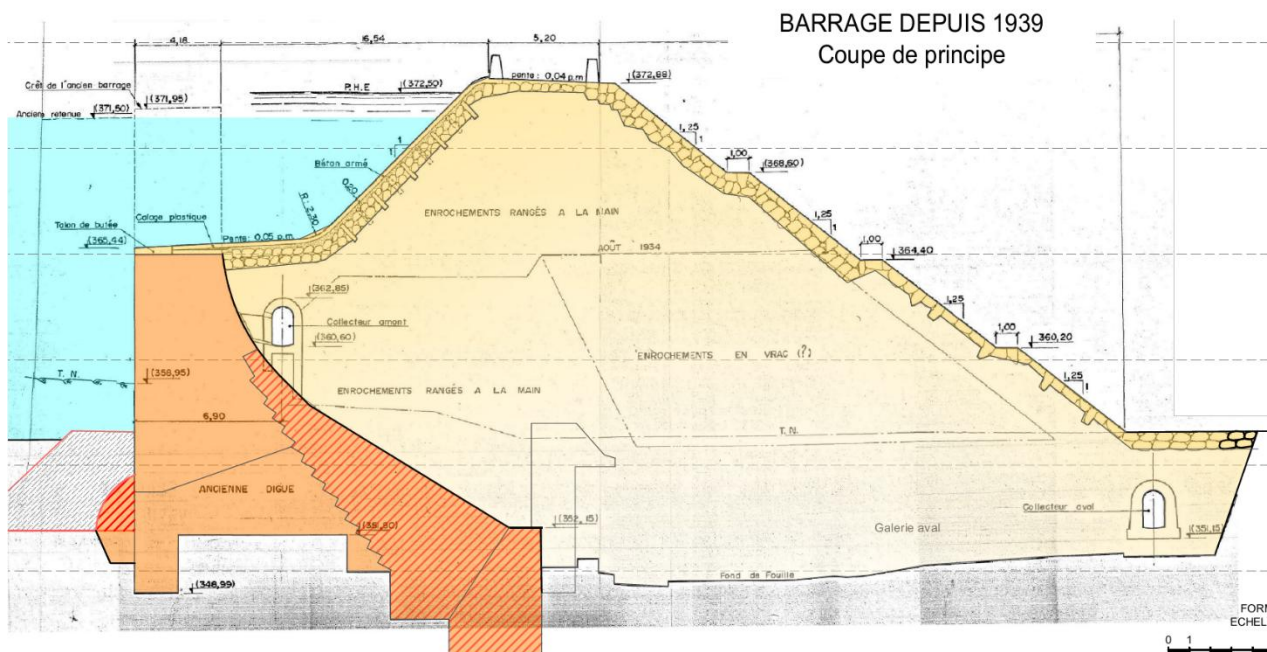


Figure 2 - Coupe type du barrage

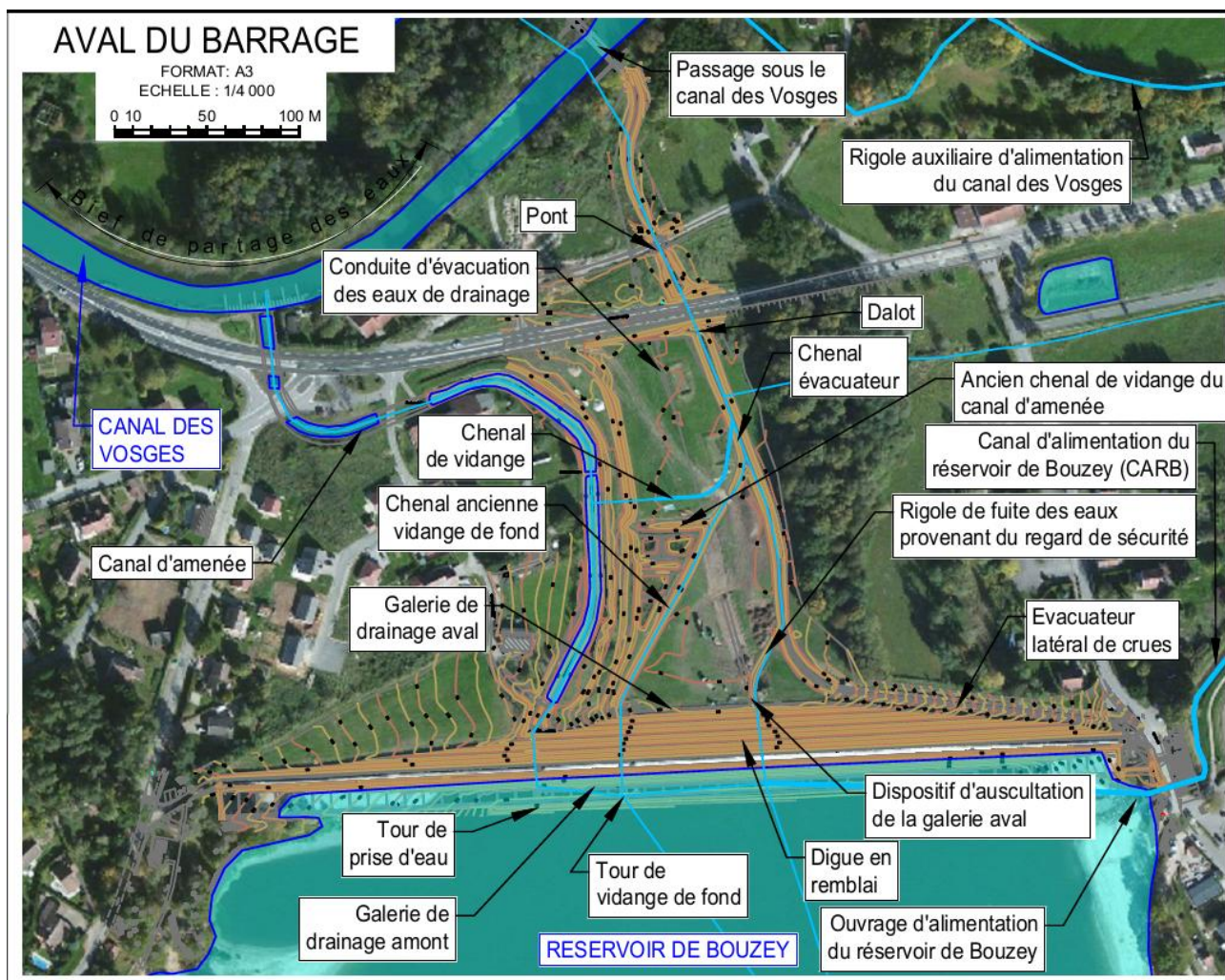


Figure 3 - Implantation des ouvrages actuels

2.4. DESCRIPTION DÉTAILLÉ DE L'OUVRAGE EXISTANT

Les descriptions fournies se concentrent sur les zones de travaux et leurs spécificités. Le reste de l'ouvrage peut être présenté à titre informatif si cela apporte des éléments nécessaires à la bonne compréhension de la présente opération. Dans le cas contraire, ils ne sont pas décrits.

2.4.1. Evacuateur de crue

Le recalibrage de l'évacuateur de crues a été réalisé dans le cadre des travaux récents. Il permet aujourd'hui le transit d'une crue de période de retour de 33 000 années.

Il est composé des éléments suivants :

- Un seuil libre déversant muni d'un dispositif anti-embâcles ;
- Un coude formant entonnement vers le coursier ;
- Un coursier rectiligne ;
- Un coude formant le bassin de dissipation ;
- La connexion au terrain existant à l'aval.

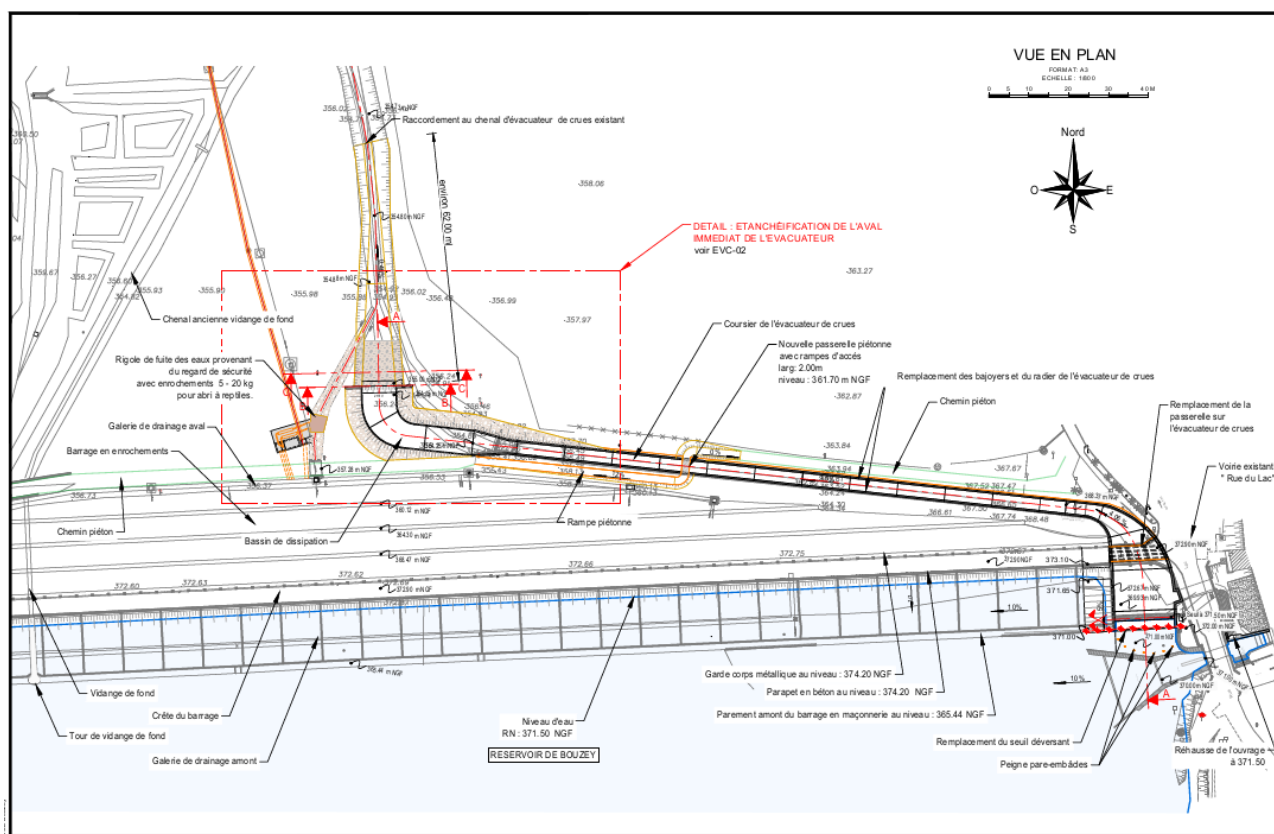


Figure 4 – Vue en plan de l'Evacuateur de crue après travaux de 2022-2024

2.4.1.1. Terrassements réalisés au droit du bassin de dissipation

Les terrassements réalisés pour la construction du bassin de dissipation ont conduit à une purge des terrains en place jusqu'à une cote de l'ordre de 352.50 mNGF suivi d'un cloutage à l'aide d'enrochements. Le radier a été construit sur des remblais de ballast (sous-face du radier à 353.15 mNGF hors béton de propreté).



Figure 5 – Terrassements au cours des étapes de cloutage / mise en œuvre du ballast

2.4.1.2. Génie civil du bassin de dissipation

Le bassin de dissipation est un ouvrage en béton armé situé dans la continuité du coursier, quelques mètres plus à l'Ouest de l'ancien bassin. Il présente les dimensions principales suivantes :

- Largeur intérieure (section hydraulique) :
 - A l'aval du divergent et avant le coude : 6m ;
 - A l'aval du coude à la connexion avec le terrain actuel : 8.5 m ;
- Largeur extérieure (à la base) :
 - A l'aval du divergent et avant le coude : 6m ;
 - A l'aval du coude à la connexion avec le terrain actuel : 9.7 m ;
- Longueur totale en son axe centrale : 32.65 m ;
- Cotes principales :
 - Arase supérieure du radier : 353.75 mNGF ;
 - Arase inférieure du radier : 353.15 mNGF ;
 - Arase de supérieure du radier : 353.75 mNGF ;
 - Arase du seuil de raccordement au terrain naturel aval : 355.0 mNGF ;

- Epaisseurs principales :
 - Radier (épaisseur nominale) : 0.6 m ;
 - Voiles : 0.35 à 0.6m.

2.4.1.3. Aval du bassin de dissipation et raccordement à l'existant

Le raccordement avec le terrain actuel à l'aval, composé d'un chenal maçonné sur quelques mètres (continuité de l'ancien EVC) et d'un chenal enherbé, a été reconstitué à l'aide d'enrochements et de ballast dans la zone d'excavation du fait de l'impossibilité de réemployer les terrains originellement en place saturé en eau. En surface, une épaisseur d'enrochements libres a été mis en place afin de résister aux sollicitations hydrauliques.

Les murs en retour de part et d'autre du seuil en génie civil sont percés et servent d'exutoires aux buses de drainage Ø300mm qui draine l'EVC.

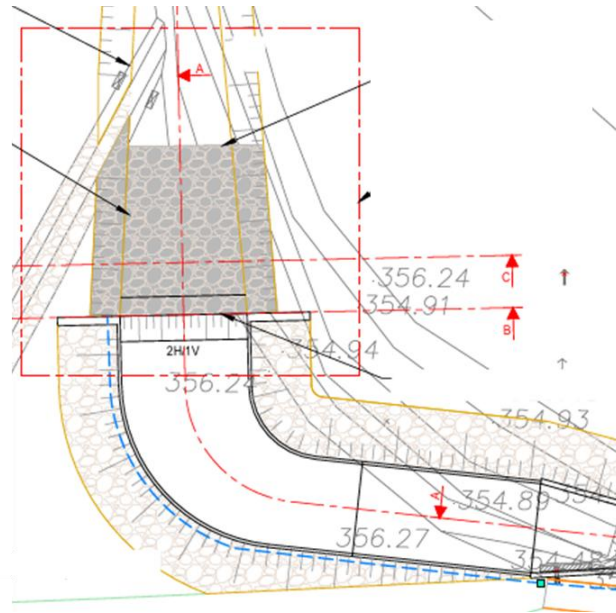


Figure 6 – Vue en plan du bassin de dissipation réalisé en 2022-2024

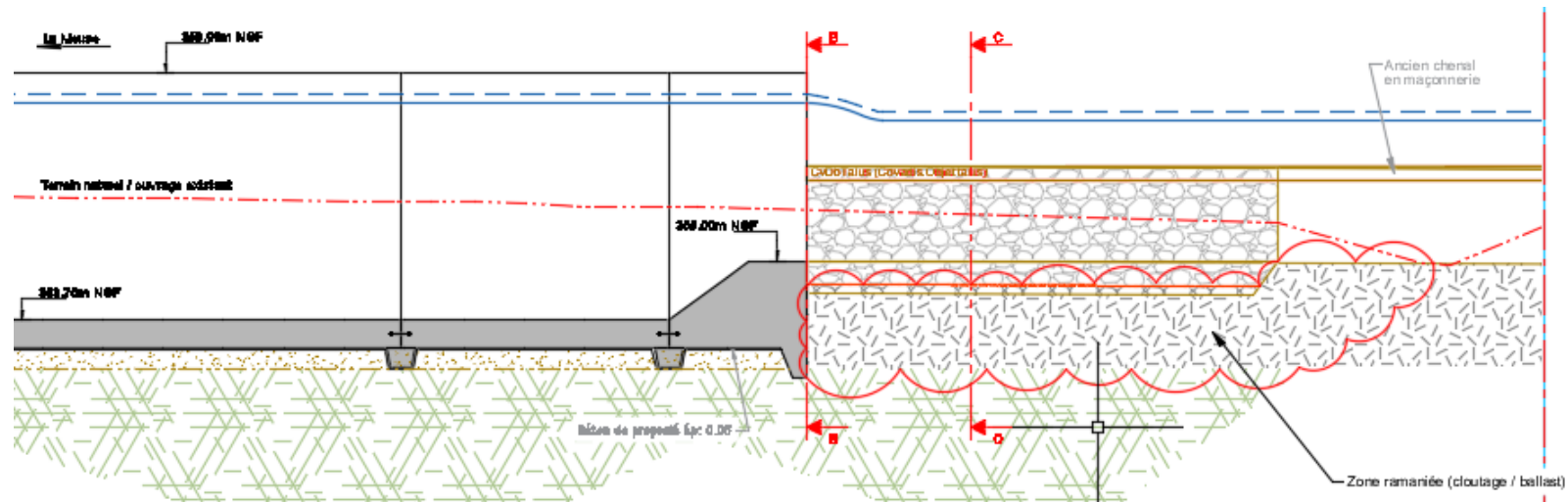


Figure 7 – Coupe longitudinale A-A du bassin de dissipation réalisé en 2022-2024

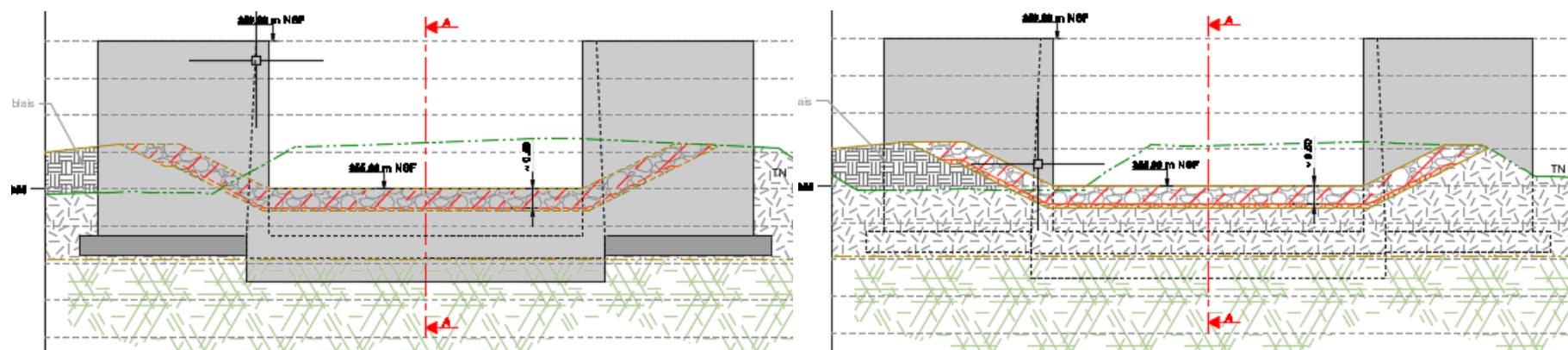


Figure 8 – Coupe B-B et C-C du bassin de dissipation réalisé en 2022-2024



Figure 9 – Photos du bassin de dissipation réalisé en 2022-2024

2.4.2. Dispositif de drainage du barrage – Galerie aval – Auscultation

2.4.2.1. Morphologie générale

Le dispositif de drainage du barrage de Bouzey a été complété avec le temps, au fil des modifications et confortements successifs. Actuellement, il est composé des éléments suivants :

- Un réseau de drains en sous-face du masque amont du barrage en enrochements, collectant les fuites à travers le masque ;
- Un collecteur amont recueillant les eaux des drains du masque amont ;
- Sept puisards reliés en partie basse par un dalot de 40x40 cm ;
- Une galerie de drainage aval collectant notamment les eaux des puisards ainsi que les fuites à travers les joints de dilatation du barrage en maçonnerie ;
- À la suite des travaux de 2022-2024 :
 - Deux conduites d'évacuation Ø500mm situées au nouveau point bas de la galerie (l'ancienne conduite a été laissée ouverte à la demande de l'exploitant) ;
 - L'ancienne conduite d'évacuation Ø600mm de la galerie aval a été laissée ouverte à la demande de l'exploitant ;
 - Un dispositif de plaque amovible a été mis en place entre les deux conduites de façon à séparer les flux rive droite / rive gauche de la galerie aval ;
 - La construction d'une nouvelle chambre, intégrant l'ancien regard R0-R1, qui comporte des pompes à l'aval de chacune des deux conduites Ø500mm. L'ancienne conduite Ø800mm entre R0-R1 et l'Avière est connectée à cette chambre.

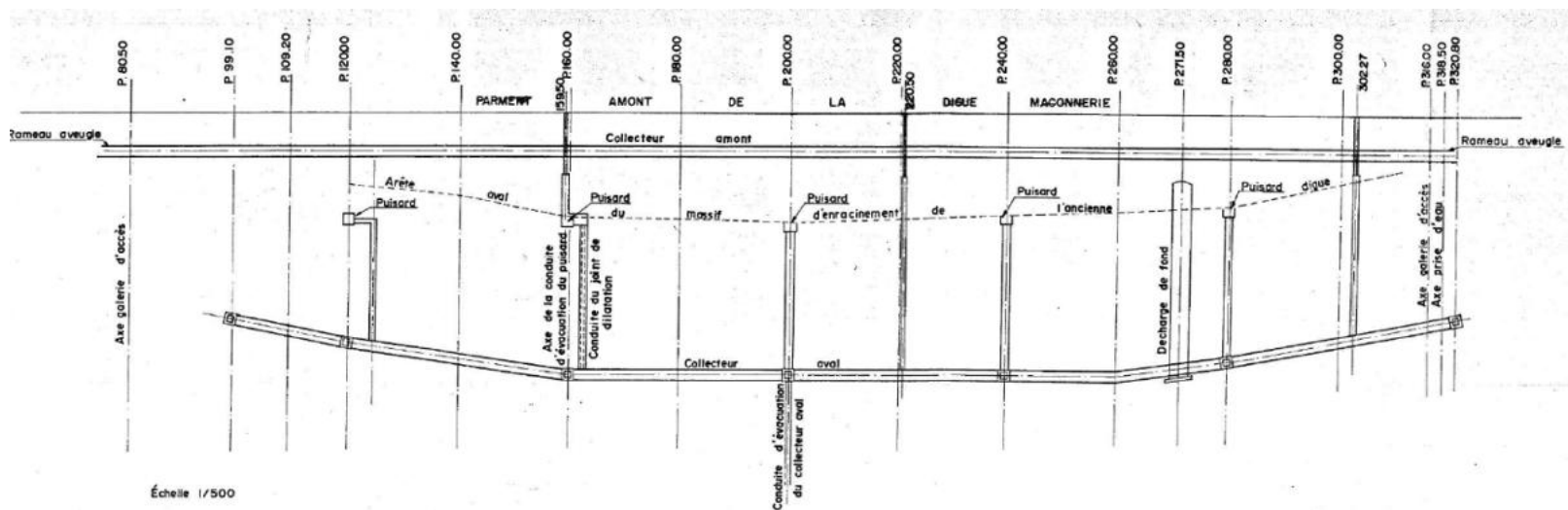


Figure 10 – Schéma vue en plan du réseau de drainage avant les travaux de 2022-2024 (galerie amont, puisard et joint de dilatation, galerie aval, conduite exutoire de la galerie aval vers l'Avière)

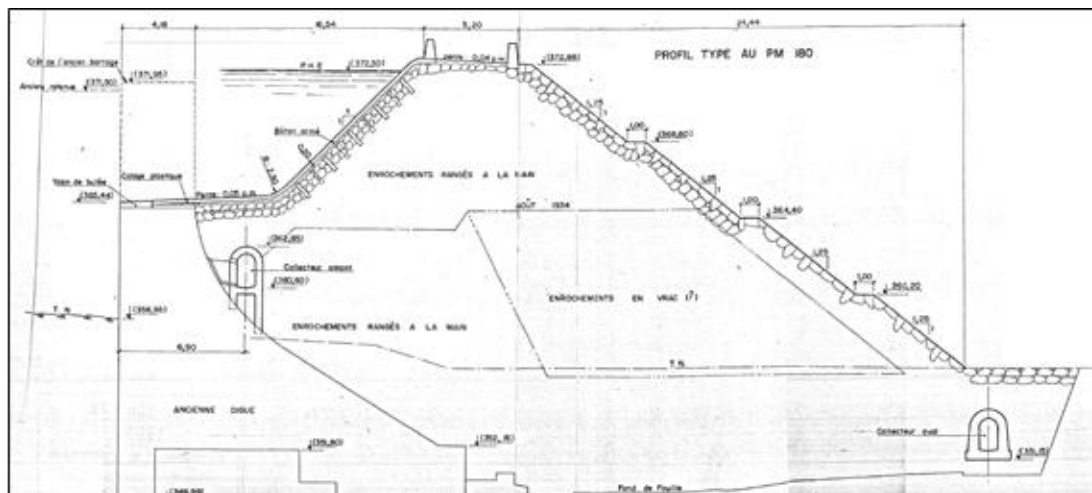


Figure 11 - Coupe type amont/aval du barrage montrant la position des galeries de drainage

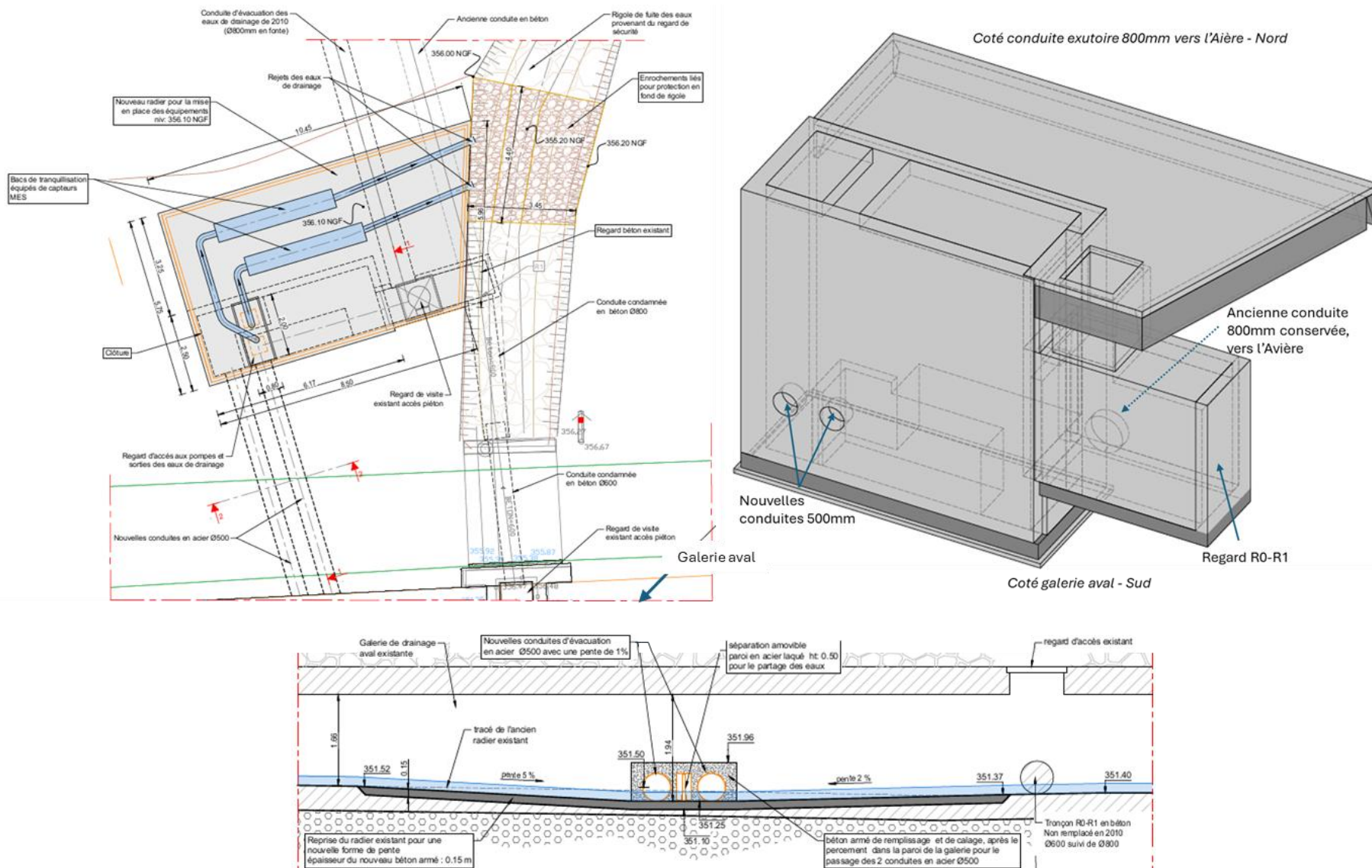


Figure 12 – A gauche : Vue en plan en surface de l'ouvrage réalisé dans le cadre des travaux 2022-2024 ; A droite : Vue 3D de l'ouvrage réalisé dans le cadre des travaux 2022-2024
En dessous : Elévation depuis la galerie aval en direction de l'ouvrage réalisé dans le cadre des travaux 2022-2024

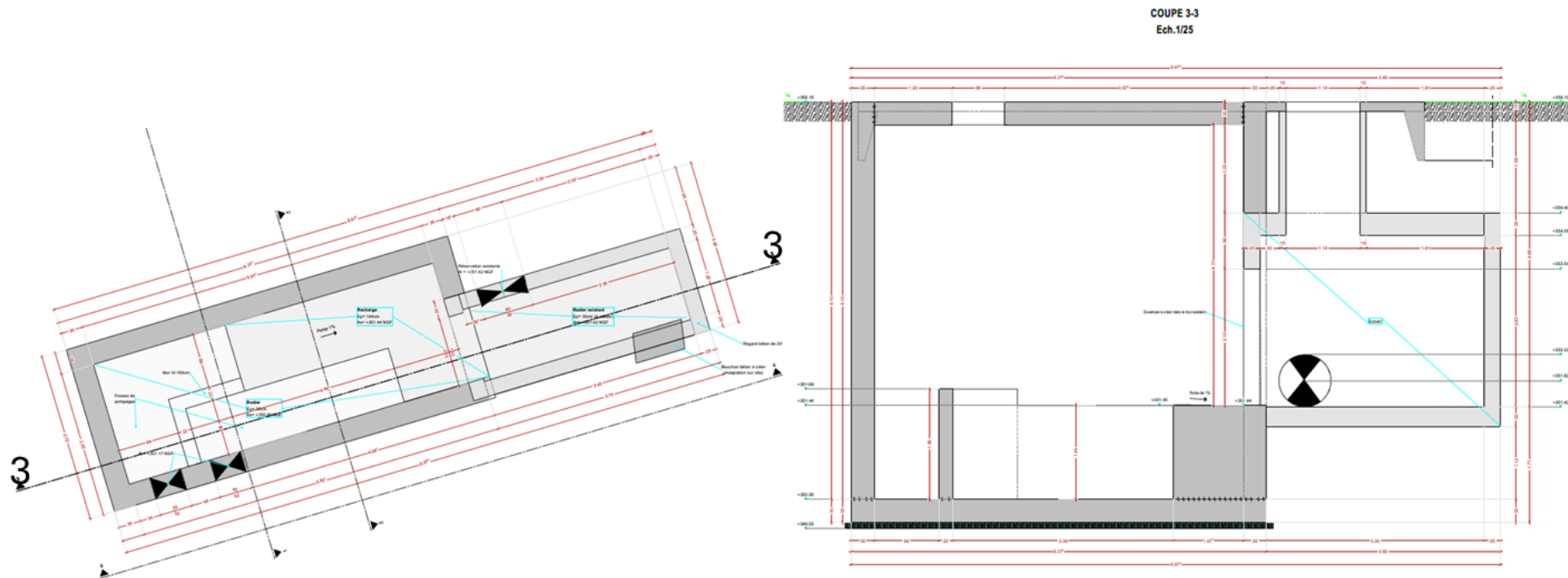


Figure 13 – A gauche : Vue en plan de l'intérieur de l'ouvrage réalisé dans le cadre des travaux 2022-2024 ; A droite : Coupe 3-3 de l'ouvrage réalisé dans le cadre des travaux 2022-2024

2.4.2.2. Drainage de la fondation du barrage

Le drainage de la fondation du barrage est principalement assuré par les puisards construits lors des travaux de consolidation du barrage en maçonnerie en 1888-1889. Selon la conception de l'époque, le dispositif devait assurer le drainage par l'aval de la fondation du barrage. Ce dispositif était constitué de :

- 7 puisards équivalents à des puits de décharge descendus de 12 à 14 m sous le niveau du terrain naturel de l'époque ;
- 1 galerie drainante longitudinale de 40*40 cm reliant les puisards entre eux.

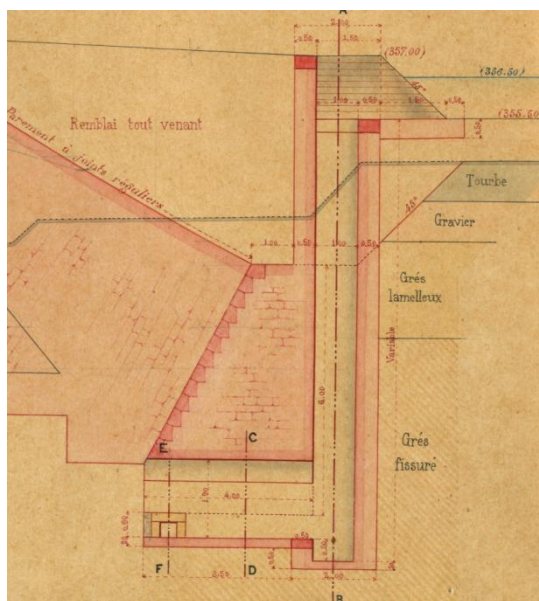


Figure 14 - Coupe dans l'axe d'un puisard (archive 1888)

Les puisards ont été implantés aux points métriques PM 81.85, PM 120, PM 160, PM 200, PM 240, PM 280 et PM 339.15, soit un entraxe moyen d'environ 40 m. On notera que le linéaire total est de l'ordre de 250m, et que le barrage n'est pas drainé de part et d'autre sur les rives.

Lors des travaux de construction de la digue en enrochements dans les années 1930, les cinq puisards centraux ont été ramenés par des buses dans la galerie aval. Selon certaines sources, les puisards d'extrémités (PM 81.85 et PM 339.15) ont été abandonnés ou colmatés par des injections. De même, une note de 1935 indique que le puisard au PM 200 a été obturé par des injections en août 1934.

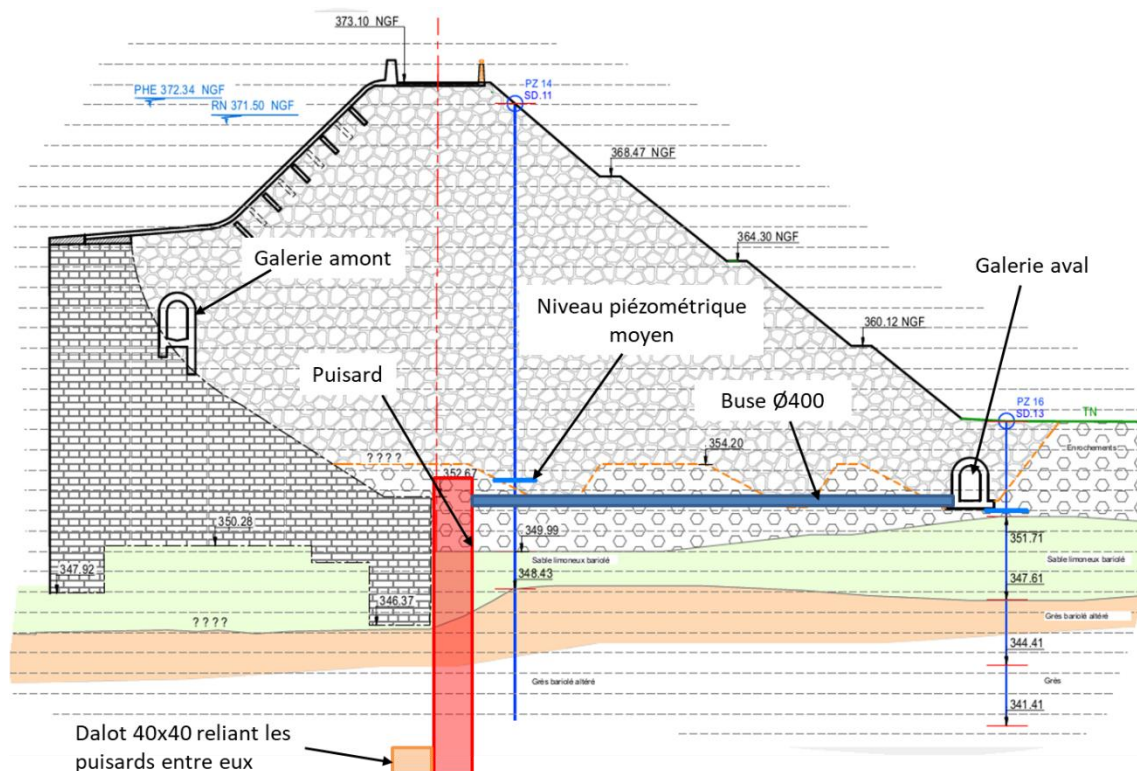


Figure 15 – Schéma de la connexion entre les puisards et la galerie aval

En ce qui concerne les débits provenant des puisards, les observations et mesures effectuées depuis la construction de la digue en enrochements montrent la tendance suivante :

- Les puisards aux PM 120 et PM 280 sont secs ou légèrement humides. Depuis peu, le puisard PM 280 s'est mis à débiter ;
- Le puisard au PM 200 ne débite pas ;
- Les puisards aux PM 160 et PM 240 débitent de façon plus conséquente.

2.4.2.3. Galerie aval

La galerie aval, implantée vers le pied aval du barrage en enrochements, est fondée sur le sol en place. Elle est curviligne. Son rôle est notamment de collecter les débits de drainage de la fondation du barrage.

Avant les travaux de 2022-2024, le point bas de cette galerie était situé en partie centrale, au PM 200, à l'altitude 351.39 mNGF. Il est désormais situé entre les PM 200 et PM 210 à une cote de 351.25 mNGF.

Sur tout le linéaire de la galerie, des barbacanes rectangulaires sont réparties suivant un entraxe moyen de 2 mètres au contact des piédroits amont et aval du radier. Les tympans Est et Ouest sont également percés.

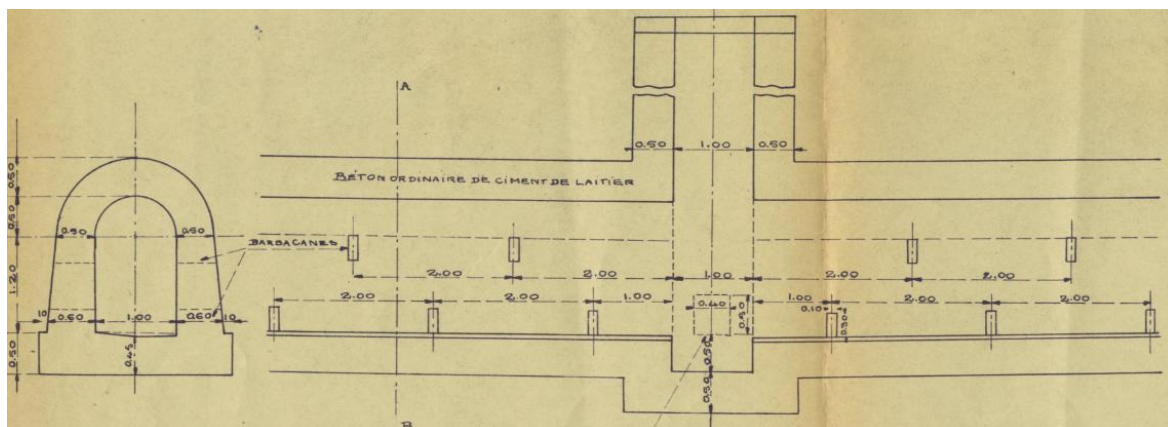


Figure 16 – Coupe type de la galerie aval



Figure 17 - Galerie aval (gauche) – Exutoire du joint de dilatation central (droite)

L'eau qui s'écoule des différents drains (barbacanes, puisards), est globalement claire. Au niveau de la zone centrale de la galerie, l'eau se colore lors du passage du personnel du fait de la présence des boues orange.

2.4.2.4. Description des dispositifs d'auscultation de la galerie aval

Le dispositif d'auscultation de la galerie aval est actuellement constitué des éléments suivants :

- Avant 2016 :
 - Echelle limnimétrique au centre de la galerie, en face de l'exutoire vers la conduite d'évacuation, pour déterminer le niveau d'eau sur le seuil ;
- Depuis 2016 :
 - Débitmètre à l'exutoire de la buse du joint de dilatation central au PM 221.95 ;
 - Débitmètre à l'exutoire du puisard situé au PM 241.45 (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**) ;
 - Débitmètre à l'exutoire de la buse du joint de dilatation gauche au PM 304.05 (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**) ;
- Depuis 2018 :
 - Débitmètre à l'exutoire des barbacanes n°32 et n°27 ;
 - Débitmètre à l'exutoire du puisard situé au PM 281.45 ;

- Débitmètre à l'exutoire de la buse du joint de dilatation droit au PM 161.30 ;
 - Débitmètre à l'exutoire du puisard situé au PM 163.30 ;
 - Débitmètre à l'exutoire du puisard situé au PM 200.
 - La barbacane N°26, non équipée de sonde, est mesurée par empotage.
- Depuis les travaux de 2022-2024 :
- Deux seuils en V ont été mis à l'aval des nouvelles conduites Ø500mm permettant la vidange de la galerie aval ;
 - Deux capteurs de niveaux immergés ;
 - Deux pompes pour eaux usées chargées de 60 m³/h pour 8m de relevage ;
 - Deux bacs de tranquillisation de 0.6m de large x 4.0 m de long ;
 - Deux capteurs de turbidité (mesure des MES) ;
 - L'ensemble des raccords nécessaires en PVC ;
- Restitution à l'Avière :
- Seuil rectangulaire avec sonde de niveau, mesure de débit télétransmise ;
 - Echelle limnimétrique pour lecture directe.



Figure 18 - Débitmètre NIVUS sur rameau Est de la galerie amont



Figure 19 - Débitmètre à l'exutoire de la buse du puisard au PM 241,45 (gauche) , du joint de dilatation au PM 304,05 (droite)

2.4.2.5. Evacuation des eaux de drainage

2.4.2.5.1. Description de l'ouvrage

Les eaux de drainage sont restituées à l'Avière par le biais d'une conduite d'évacuation d'une longueur d'environ 450 mètres, de diamètre 800 mm et de pente moyenne 1/1000^{ème}, soit un dénivelé total de 45 cm.

Le départ de cette conduite est situé à l'aval du regard R0-R1 qui a été conservé lors des travaux de 2022-2024. Des regards régulièrement répartis autorisent un accès aux différents tronçons de la conduite.

Lors de travaux en 2010, les tronçons R1-R8 d'origine ont été remplacés par une conduite en fonte de même diamètre (à l'exception d'un linéaire de 25 m environ sous la route départementale remplacé par technique de fonçage par une conduite en acier). Ces travaux ont été complétés en 2022-2024 par la mise en place d'un chemisage de la conduite entre R8 et R10. La conduite à l'aval de R10 jusqu'à l'exutoire n'a pas fait l'objet des travaux prévus initialement.

En sortie de conduite (exutoire vers l'Avière), un seuil rectangulaire muni d'une sonde de niveau permet de mesurer le débit restitué à l'Avière, qui faisait office de débit réservé avant la réalisation de l'ouvrage de dérivation sur le canal d'amenée. La mesure est télétransmise au PC de Golbey. La présence de ce seuil a tendance à augmenter le niveau à l'extrémité aval de la conduite et donc à réduire le dénivelé par rapport à l'amont.



Figure 20 – Photo du tronçon R0-R1 depuis le regard construit en 2010

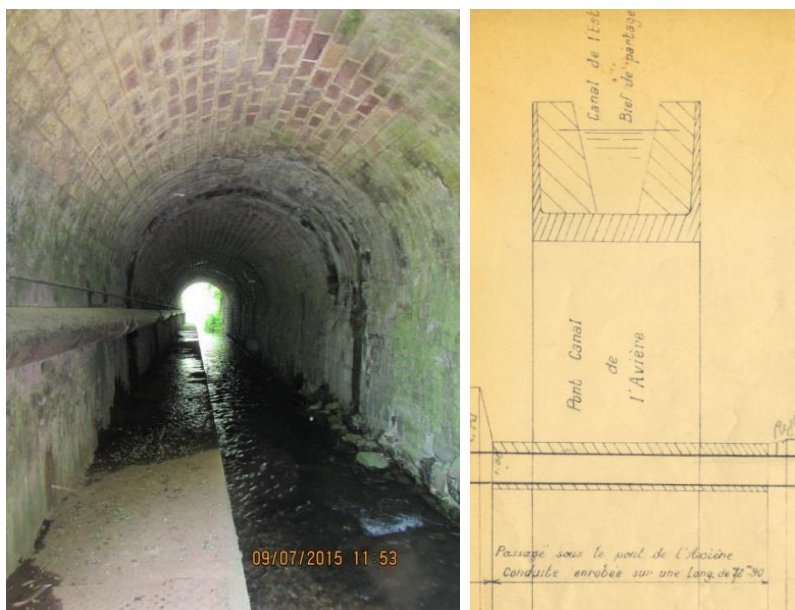


Figure 21 - Passage sous le canal des Vosges (photo : VTA 2015)



Figure 22 - Seuil et échelle de niveau à la restitution à l'Avière

Le plan suivant résume l'ensemble des informations relatives à la morphologie actuelle de la conduite d'évacuation des eaux de drainage.

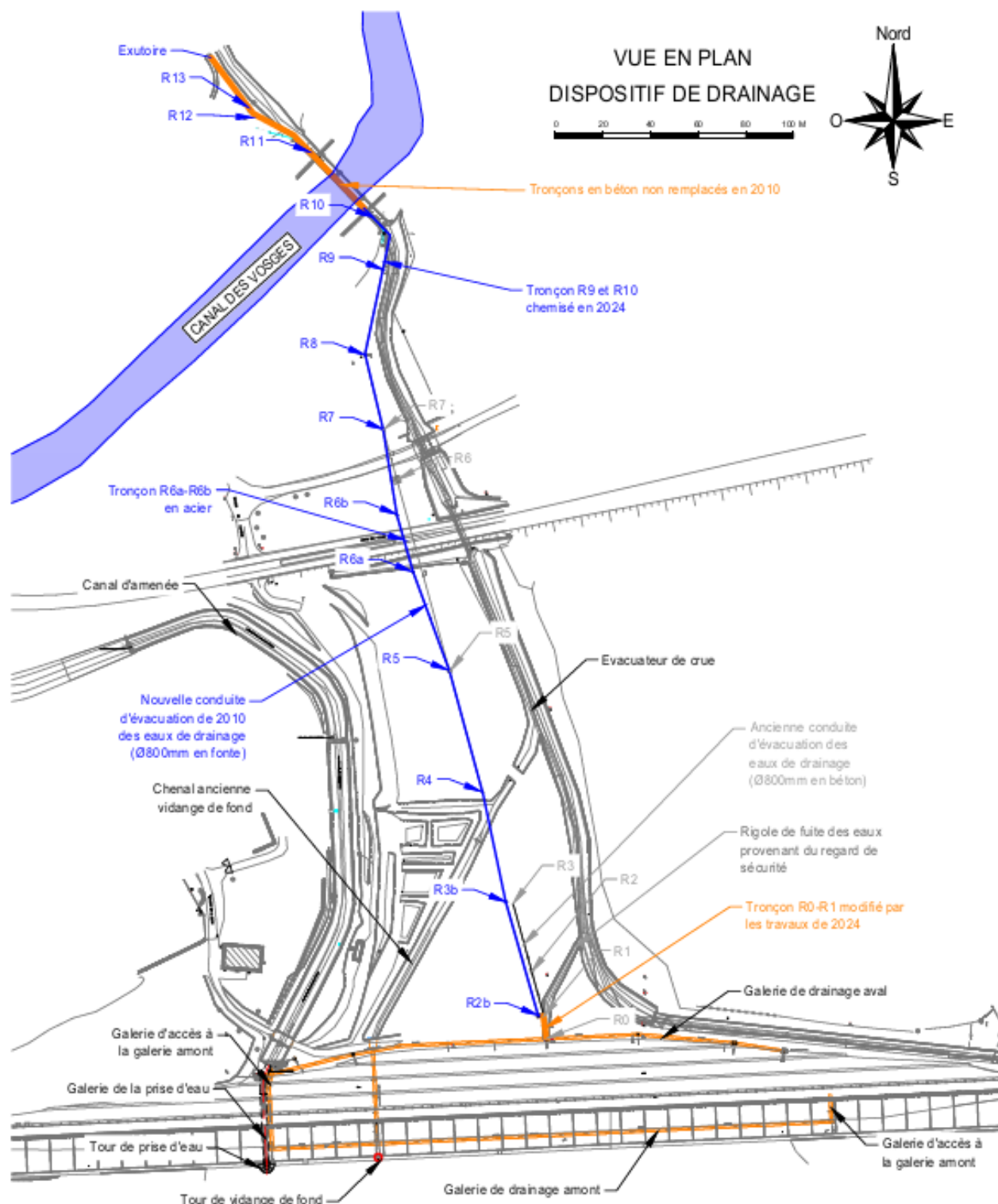


Figure 23 - Vue en plan de la conduite d'évacuation

2.4.2.5.2. Fonctionnement hydraulique

Une inspection menée en 2020 a permis d'apporter des informations utiles à l'identification des pentes/contrepenes et à la compréhension des conditions d'écoulement dans la conduite. Elle en conclue :

- Il n'y a pas de contrepenne significative dans la conduite. Un affaissement est relevé entre les regards R6a et R8, c'est-à-dire sur des tronçons remplacés en 2010. L'inclinaison des tronçons d'origine en béton semble satisfaisante ;

- Le niveau d'eau qui s'établit dans la moitié aval de la conduite est égal au niveau de l'extrémité aval, c'est-à-dire le niveau au droit du seuil à l'exutoire. Cela est dû à la très faible pente, qui gouverne la capacité d'évacuation de la conduite.

2.5. ENJEUX DES TRAVAUX

L'objectif à termes des travaux entrepris est de :

- D'étancher l'aval de l'évacuateur de crue pour éviter que des écoulements parasitent vers la galerie aval par infiltration depuis cette zone ;
- Fiabiliser les mesures de débits de percolation à travers le barrage et sa fondation au niveau de la galerie aval ;
- Quantifier de façon précise et de déterminer l'évolution temporelle de ce transport solide, et notamment de quantifier la part de sable.

Pour la quantification, il est prévu la collecte et la pesée des particules solides au niveau des bac de décantations et éventuellement au niveau des fosses de pompage.

2.5.1. Fonctionnement du dispositif d'auscultation de la galerie aval

Des écarts importants ont été mis en évidence entre les mesures par empotage et celles par débitmètres au niveau de la galerie aval. Depuis 2019, l'exploitant indique que les mesures sont relevées par empotage et que les débitmètres ne sont pas utilisés pour les tournées d'auscultation.

Des problèmes d'étanchéité sont également mis en évidence au droit de certains dispositifs, notamment :

- Au niveau de la jonction du tube PVC collectant les eaux du rameau Est et de la partie centrale ;
- Au niveau de la lame déversante de plusieurs exutoires.

En rive gauche de la galerie aval, certains exutoires présentant des débits significatifs n'ont pas encore été équipés et la mesure des écoulements se fait toujours par empotage.



Figure 24 - Mesure par empotage des débits à l'exutoire du joint de dilatation droit

Par ailleurs, des venues d'eau récentes ont été observées du côté le plus éloigné du barrage de la galerie. L'origine de ces venues d'eau est attribuée à des infiltrations d'eau dans les terrains remaniés lors de la construction de l'évacuateurs de crue et notamment les enrochements libres à l'aval immédiat de celui-ci.

2.5.2. Dépôts de matières solides

L'apparition des matières solides dans le système de drainage ne peut être datée avec précision, le premier témoignage date de 1976.

2.5.2.1. Boues orange

La présence de matières solides ocre orange au niveau de certains exutoires des puisards et des barbacanes de la galerie aval est attestée depuis 1999 (visite BETCGB). Elles se rencontrent aussi bien côté amont que côté aval de la galerie, et sont observées essentiellement entre le PM125 jusqu'au PM 290 environ, et en plus grande quantité dans le rameau Ouest (rive gauche).

Lors de la visite sur site en 2020, les observations suivantes ont été faites :

- Ces matières se manifestent soit sous forme de dépôt sur la génératrice inférieure des buses exutoires des puisards ainsi que sur les parois latérales des buses, soit sous la forme de boues au droit des barbacanes inférieures, soit enfin sous forme d'amas localisés ou flaques en dehors des écoulements issus des barbacanes et/ou puisards.



Figure 25 - Boues orange en sortie de barbacane n° 77 (gauche) et de la barbacane n°127



Figure 26 - Amas de boues orange hors écoulement des barbacanes



Figure 27 - Zoom sur un amas de boue : présence de "bulles"

- Une coloration noire apparaît lorsque l'on remue les dépôts immergés ;
- Selon l'exploitant, le nettoyage des barbacanes et du radier au niveau de leur exutoire est suivi d'une réapparition de celles-ci sous 3 à 4 jours. Il indique également qu'au-delà d'une certaine épaisseur d'accumulation de boue, cette épaisseur n'évolue plus. De plus, il ajoute que la couleur orange disparaît de façon quasi instantanée au contact du chlore et du sel ;
- On note enfin qu'au niveau de la restitution des eaux de drainage à l'Avière, cette couleur orange se retrouve, tapissant à la fois le béton de l'ouvrage, et les branchages qui obstruaient l'exutoire et qui avaient été déplacés 3 jours avant la visite.



Figure 28 – Exutoire de la conduite 800mm au niveau de l'Avière

2.5.2.2. Sable et graviers

On relevait en 2009 des dépôts de nature sableuse dans le Rameau Est, et les bilans d'auscultation de 2005, 2006 et 2009 font état de « pierres, sables et graviers qui proviennent d'altération de l'enrochement sus-jacent pénétrant dans les collecteurs [...] ». Des observations récentes confirment la présence de sable au niveau du rameau Est (PM 150 environ et tympans de l'extrémité), mais ces dépôts ne semblent pas observés de façon continue.

Lors de la visite sur site par ARTELIA en septembre 2020, du sable a été observé à partir du PM160 et jusqu'au point bas de la galerie.



Figure 29 – Sable observé dans la galerie aval en 2020

L'exploitant actuel n'avait pas eu connaissance d'une quelconque campagne d'évacuation du sable. Celui-ci s'accumule donc vraisemblablement dans la galerie, ou bien est entraîné en partie par les eaux de drainage. Une petite quantité de sable a en effet également été observée dans le regard de sécurité situé à l'extrémité du premier tronçon de la conduite, soit 8 m environ à l'aval de la galerie.

A proximité de la conduite d'évacuation des eaux de drainage, la présence de graviers est également constatée, dont la localisation coïncide avec les parties les plus dégradées des piédroits (nids de cailloux conséquents).

2.5.2.3. Analyses en laboratoire

Les dépôts solides récupérés en galerie aval (boues orange, sables et graviers) ont à ce stade fait l'objet, à notre connaissance, de trois campagnes d'analyses :

- Une analyse en 2004 d'après le rapport CETMEF (compte rendu d'analyse non disponible) ;
- Une analyse en 2009, par le LEM, par méthode diffractométrique ;
- Une analyse en 2017, par la société Epitopos.

Les résultats des analyses attestent qu'une partie au moins des dépôts solides observés dans la galerie aval provient des grès constitutifs de la fondation ou de leur altération, ou d'une altération de ciment et/ou du rideau d'injection existant.

Les boues pourraient également provenir des versants latéraux de l'ouvrage, dont les nappes se rabattent partiellement dans la galerie aval, comme en attestent les écoulements en piédroit aval en rive droite.

L'analyse de 2009 précise toutefois qu'en dehors du quartz dont la présence s'explique par l'environnement siliceux du site constitué par le grès, les autres minéraux détectés sont présents en moindre quantité, voire à l'état de traces :

- Oxydes de fer s'expliquant par la dissolution, le transport et la précipitation des composés du grès ;
- Feldspaths trouvant leur origine dans les couches intermédiaires des grès ;
- Argiles.

Par ailleurs, les deux analyses de 2009 et 2017 indiquent également la présence de matières organiques, ce qui est confirmé par le rapport de VTA de 2019.

Si l'exploitant indique ne constater aucune évolution significative des dépôts, les conditions dans lesquelles se trouve la galerie aval (avec niveau d'eau permanent) rendent tout suivi quantitatif très difficile.

2.6. DONNÉES HYDRAULIQUES

Les données d'auscultation historique de la galerie aval du barrage donnent entre 2015 et 2022 les plages de débits suivants pour la somme des parties Est et Ouest:

- Débits minimums de l'ordre de 2 L/s pour une cote de retenue de l'ordre de 360.0 mNGF ;
- Débits maximaux de l'ordre de 25 L/s pour une cote de retenue de l'ordre de 371.5 mNGF.

Des mesures récentes de débits dans la galerie aval entre le 12 au 25 mars 2025 ont permis de déterminer un débit moyen observé pour une cote de retenue de l'ordre de 368.7 mNGF, à savoir :

- Débit moyen de la partie Est de la galerie aval est estimé à 104 m³/h soit 28.9 L/s ;
- Débit moyen de la partie Ouest de la galerie aval est estimé à 37 m³/h soit 10.3 L/s.

Ces débits sont supérieurs aux débits de dimensionnements des équipements mis en place dernièrement.

Il est à préciser qu'aucune mesure de débits récentes n'a pu être réalisée pour la cote 371.5 mNGF. Afin de disposer d'un équipement en capacité de traiter les débits de percolation pour cette cote, le débit maximal de dimensionnement des équipements sera de deux fois le débit mesuré lors de la campagne de mars 2025, c'est-à-dire 210 m3/h.

2.7. CONDITIONS PHYSIQUES

Un document de synthèse des conditions physique est fourni à titre informatif. Il ne tient pas compte des travaux récents réalisés depuis 2025.

2.7.1. Topographie

Au cours de la vie de l'ouvrage, différents systèmes de coordonnées altimétriques et planimétriques ont été utilisés pour les plans et autres documents relatifs à l'exploitation. On rencontre ainsi dans les documents d'archive les systèmes planimétriques Lambert I ou CC48, et les systèmes altimétriques Bourdaloue ou IGN 69.

Les coordonnées fournies dans les documents d'archive ont été mises en cohérence par ARTELIA.

Les référentiels topographiques dorénavant utilisés sont les suivants :

- Planimétrie : Système RGF93 CC48 ;
- Altimétrie : Système NGF IGN 69.

Les levés topographiques effectués par l'Entrepreneur seront donc à effectuer dans ce même système, qui sert de référence pour la réalisation des travaux (notamment pour l'implantation des ouvrages).

Les données topographiques utilisées pour l'établissement du Projet, et transmises aux titulaires, proviennent des sources suivantes :

- Campagne de 2010 (aval du barrage) ;
- Campagne de 2011 (partie centrale du barrage) ;
- Campagne de 2016 (rives gauche et droite) ;
- Campagne de 2020 (totalité du barrage et aval jusqu'à la route) ;
- Plan de récolement des travaux de 2022-2024.

2.7.2. Géologie

Le barrage est fondé sur la formation dite de « grès bigarré ».

La carte géologique d'Epinal au 1/50 000 donne des informations sur la structure générale de la géologie locale dominée par un réseau d'accidents cassants, correspondant à un nœud tectonique.

D'après la carte géologique et notre connaissance de ce secteur, sous les remblais d'aménagement du site, la géologie attendue est la suivante :

- Des alluvions récentes de l'Avière, limoneuses à sablo-graveleuses ;

- Substratum gréseux du Buntsandstein supérieur, qui peut comprendre :
- Les Couches intermédiaires (t2a) en rive droite (surmontant les grès à Voltzia t2b) ;
- Le Grès à Voltzia (t2b) en rive gauche et sous les grès des couches intermédiaires en rive droite.

A noter, la présence de la faille de Renauvoid recoupant l'axe du barrage, légèrement coté rive droite

2.7.3. Hydrogéologie

Les terrains du Buntsandstein moyen (Conglomérat principal et Grès vosgien) constituent l'aquifère le plus important de la région tant en affleurement que sous couverture.

Ils donnent naissance à de nombreuses sources dont la plupart sont issues du Conglomérat principal. Celui-ci, du fait de sa perméabilité importante, constitue un drain privilégié collectant les eaux des formations sus-jacentes. Le débit des sources peut être important (50 à 180 m³/h).

La nappe des grès du Buntsandstein moyen est aussi captée par forage lorsqu'elle est sous couverture. Les débits sont très variables d'un forage à l'autre (généralement 15 à 30m³/h, parfois 50 m³/h, exceptionnellement 140m³/h (Epinal).

Les grès du Buntsandstein supérieur donnent naissance à de nombreuses sources dont les débits ne sont jamais aussi importants que ceux des sources du Conglomérat principal sous-jacent.

Les sources issues de cet aquifère sont particulièrement abondantes dans les secteurs où une ligne d'émergences existe entre Couches intermédiaires et Grès à Voltzia.

2.7.4. Géotechnique

Quatre campagnes d'investigations géotechniques ont été réalisées jusqu'à présent :

- En 2006, par la société FONDASOL ;
- En 2012, par la société HYDROGEOTECHNIQUE ;
- En 2016, par la société GEOTEC ;
- En 2020, par la société GEOTEC.

Ces campagnes viennent compléter le rapport sur les conditions géologiques de 1933 et les sondages carottés réalisés en 1932 à l'axe du barrage.

Le détail de la géotechnique est présenté dans le document de synthèse.

2.7.5. Caractéristiques des eaux en galeries aval

Une analyse ponctuelle a été menée par Eurofins en 2021 sur les eaux s'écoulant dans la galerie aval.

Les conclusions de ces analyses sont fournies ci-après.

Mesures ponctuelles in situ :
Réalisée dans le rejet

Aval Galerie

		Résultat des mesures
Paramètre	Unité	Valeur
Date et heure de mesures		21/04/2021 à 10:00
Température de l'effluent	°C	9.5
pH de l'effluent (Norme NF EN ISO 10523)	unités pH	7.6
Température de mesure du pH	°C	9.5
Conductivité (compensation de température)	µS/cm	94.0
Temp. de mesure de la conductivité	°C	9.5
Oxygène dissous	mg O ₂ /l	11.9

Figure 30 – Paramètres physico-chimiques de l'eau en galerie aval mesurée lors de la campagne Eurofins 2021

		Retenue	Aval Galerie
Paramètres	Unités	21/04/2021 14:15	21/04/2021 10:00
Sulfates	mg SO ₄ /l	5.3	4.4
Ammonium (NH ₄)	mg NH ₄ /l	<0.05	0.4
Nitrates	mg NO ₃ /l	4	1.4
Nitrites	mg NO ₂ /l	0.06	0.08
Fer (Fe)	µg/l	158	2710
Manganèse (Mn)	µg/l	23.1	2240

Figure 31 - Concentration mesurée dans l'eau en galerie aval lors de la campagne Eurofins 2021

2.7.6. Climatologie

2.7.6.1. Température

Source : Météo France, Infoclimat.org, Climat-Vosges.fr

Le site est situé dans les communes de Sanchey et Chaumousey (Vosges – Grand Est), caractérisées par un climat océanique dégradé avec hivers froids et étés modérés :

- Température :
 - Température annuelle moyenne : environ 10 à 11 °C.
 - Températures mensuelles moyennes :
 - Janvier : max ~3 à 4 °C / min ~-1 °C ;
 - Juillet : max ~22 à 23 °C / min ~13 °C ;
 - Extrêmes observés :
 - Max absolue : ~36 °C ;
 - Min absolue : ~-15 °C ;
- Gel :
 - Nombre de jours de gel : 60 à 90 jours/an.
 - Période de gel : principalement novembre à mars, avec des minima pouvant descendre en dessous de -10 °C en janvier/février.

2.7.6.2. Neige

Selon la carte normative des valeurs de neige à prendre en compte en France métropolitaine (Eurocode 1 partie 1-3), le site du barrage est situé en zone B1. Le barrage étant à 271.5 m d'altitude, la charge de neige caractéristique est $S_k = 0.62 \text{ kN/m}^2$. La charge de neige exceptionnelle est $S_{Ad} = 1.07 \text{ kN/m}^2$.

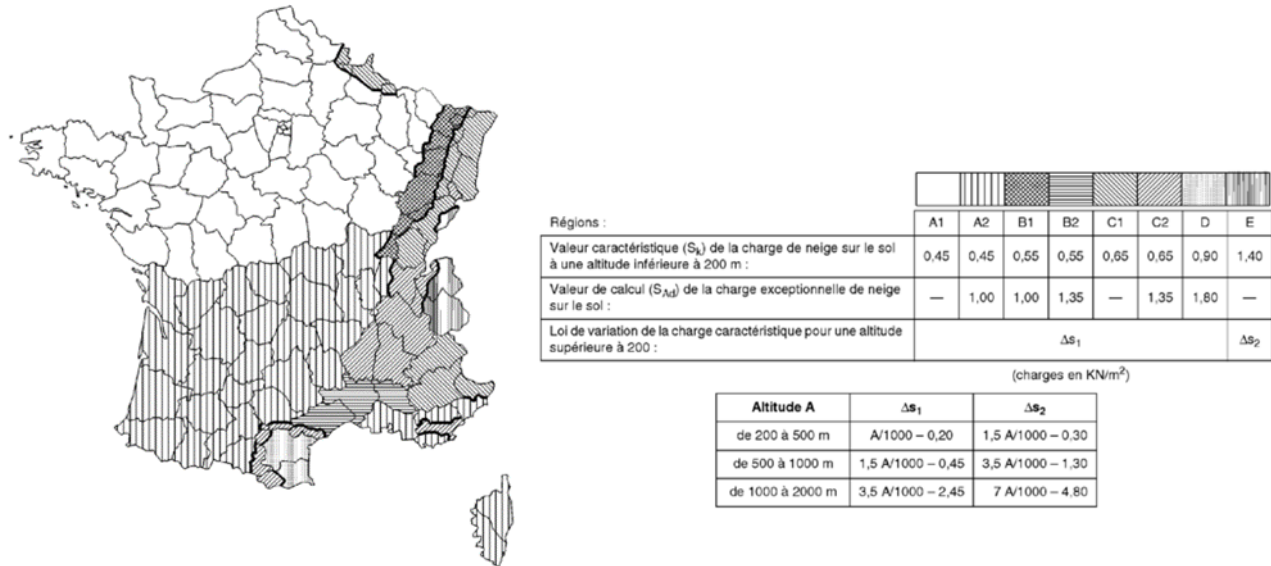


Figure 32 – Carte des valeurs de neige à prendre en compte en France métropolitaine

2.7.6.3. Vent

Suivant le zonage de l'Annexe Nationale de l'Eurocode 1 partie 1-4, le barrage de Bouzey est situé en région 2. La valeur de base de la vitesse de référence du vent est donc $v_{b,0} = 24 \text{ m/s}$.

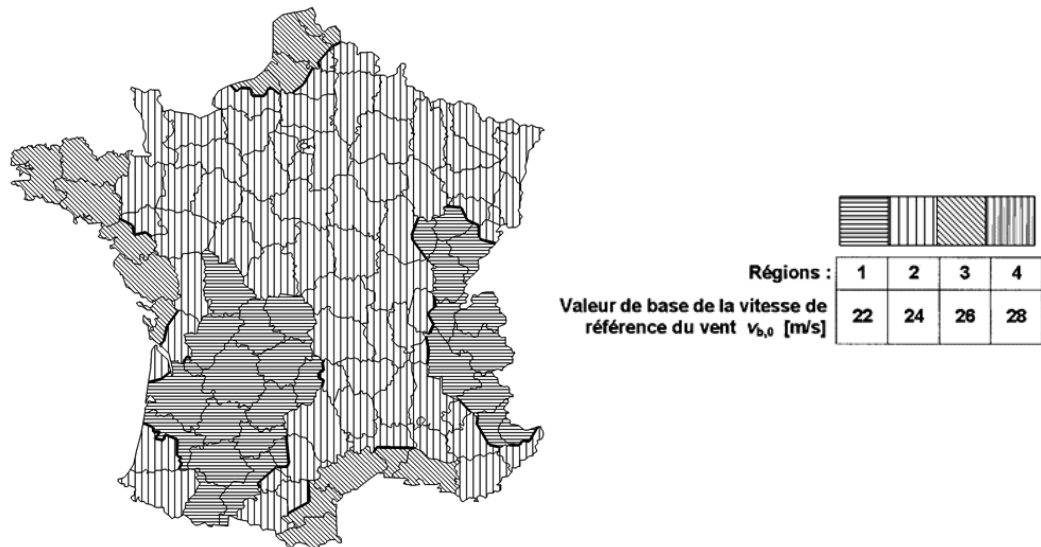


Figure 33 – Carte de la valeur de base de la vitesse de vent de référence en France

2.7.7. Séisme

Le barrage est situé en zone de sismicité modérée (zone 3), d'après le zonage sismique en vigueur. Les accélérations sismiques à prendre en compte sont définies dans l'arrêté ministériel du 6 août 2018 fixant des prescriptions techniques relatives à la sécurité des barrages. Selon cet arrêté, le barrage de Bouzey est un barrage existant en remblai de classe B.

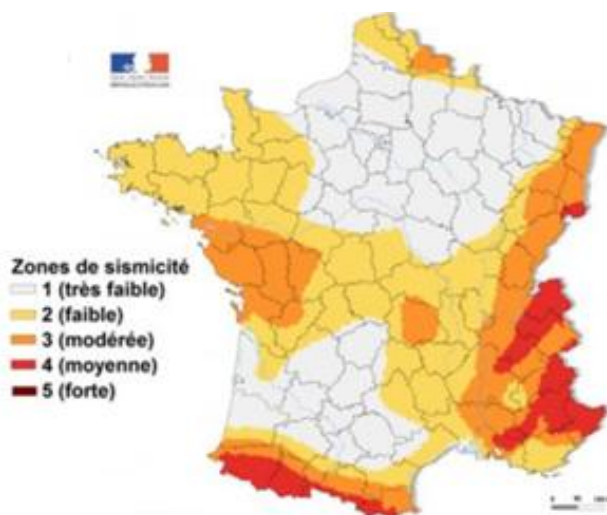


Figure 34 – Zonage sismique de France métropolitaine

2.8. RESPECT DE L'ENVIRONNEMENT

Le site est situé dans une zone présentant des enjeux environnementaux à proximité. A ce titre, les titulaires prendront toutes les dispositions pour éviter tout impact sur ce dernier, et notamment :

- Signalisation : des panneaux de signalisation devront être mis en place pour informer les riverains et usagers des travaux ;
- Mesures de conservation des sols, sous-sols et des eaux souterraines :
 - Les engins de chantier seront conformes à la réglementation en vigueur concernant les émissions de gaz d'échappement, et feront l'objet d'un entretien régulier ;
 - Les déchets produits par le chantier seront stockés dans des contenants spécifiques (tri, ...) et évacués au fur et à mesure du chantier dans des filières adaptées dont le suivi sera formalisé (bordereaux, ...) ;
 - Le matériel et les engins feront l'objet d'une maintenance préventive, sur des zones aménagées, portant en particulier sur l'étanchéité des réservoirs et des circuits de carburants et de lubrifiants ;
 - Les produits dangereux seront stockés dans un abri fermé et étanche, avec bac de rétention si besoin ;
 - Des dispositifs anti-pollution seront disponibles dans les véhicules et locaux de chantier en cas de déversement accidentel de pollution (kit antipollution, sable, ...) ;
 - En cas de pollution accidentelle, les terres polluées accidentellement seront raclées et récupérées, puis évacuées en filière adaptée, les eaux polluées (hydrocarbures, ...) seront prétraitées ;
 - La terre végétale décapée sera stockée provisoirement durant les travaux sera remise en place à la fin des travaux ;
 - Globalement tous les moyens seront mis en place par les Entreprises afin d'éviter la pollution des milieux :
 - Les aires de ravitaillement seront étanchées ;
 - Nettoyage de goulotte sur une aire de décantation aménagée ;
 - Récupération, décantation et évacuation des laitances ;
 - ... ;

- Évitement des secteurs sensibles (fossés, enrochements, ...) : les implantations de chantier, les circulations, ... seront restreintes au strict minimum et feront l'objet d'une validation préalable ;
- Remise en état des prairies au niveau des installations de chantier : Afin d'éviter un impact permanent sur les prairies mésophiles, les zones sur lesquelles le chantier était installé devront faire l'objet d'une remise en état soignée (griffage, semi, ...) ;
- Prise en compte des espèces invasives : des mesures seront prises en phase travaux pour éviter la dissémination des espèces exotiques envahissantes éventuellement présentes.

Ces mesures étant usuelles, elles sont réputées être comprises dans les frais généraux des titulaires.

3. CONSISTANCE DES TRAVAUX

3.1. PRÉSENTATION DU PROGRAMME DE TRAVAUX

Le contenu du programme de travaux est le suivant :

- Travaux préparatoires (donc accès et installations de chantier) y compris :
 - Dépose et évacuation du caillebottis existant en surface du regard R0-R1 ;
 - Dépose et évacuation de la clôture en surface du regard R0-R1 ;
 - Dépose et transfert aux équipes de VNF des équipements actuelles suivants :
 - 2 pompes ;
 - 2 bacs de décantation ;
 - Support des coffrets (élément de garde-corps) ;
 - Dépose et mise en stock provisoire des équipements actuelles suivants :
 - 2 débitmètres (si nécessaire) composés chacun d'une sonde de niveau d'eaux et d'un seuil en V calibré ;
 - 2 capteurs de turbidité ;
 - Coffrets électriques (contrôle-commandes, alimentations) ;
 - Dépose et évacuation des équipements actuelles suivants :
 - Conduites et raccordements ;
- Travaux à l'aval de l'EVC :
 - Décaissement des enrochements libre à l'aval de l'évacuateur de crue sur une épaisseur minimale de 50cm et mise en stock provisoire ;
 - Préparation du support pour mise en œuvre des enrochements liaisonnés ;
 - Mise en œuvre des enrochements liaisonnés et traitement des interfaces (avec l'EVC, avec le chenal maçonné à l'aval) ;
 - Nettoyage et reprises / rejointements des maçonneries y compris traitement des interfaces (avec le chenal aval) ;
 - Un essai de contrôle de l'étanchéité des travaux réalisés ;
- Travaux autour de la galerie aval et divers :
 - Fourniture et mise en place d'un dispositif de batardage amovible dans le regard des pompes pour séparer les écoulements entre la conduite de 600 mm et les deux conduites de 500mm ;
 - Fourniture et mise en place d'un dispositif de batardage amovible dans la galerie aval pour empêcher les écoulements à travers la conduite 600mm vers le regard et la conduite exutoire de 800 mm ;
 - Fourniture et mise en place de dispositifs de batardage amovibles dans la galerie aval pour empêcher les écoulements à travers les conduites 500mm vers le regard des pompes ;
 - Fourniture et mise en œuvre d'un abri (~ 3m x 2.5m) pour y loger les coffrets électriques ;
 - Fourniture et mise en place de dispositif de fermeture et d'accès à la chambre de pompage au droit de l'ancien caillebottis ;
 - Fourniture et mise en place d'une échelle d'accès sécurisée pour descendre dans le regard de pompage et d'un garde-corps de protection contre les chutes dans les fosses de pompes ;
 - Le remplacement ou la sécurisation de l'échelle d'accès au regard R0 ;
 - Fourniture et mise en place d'une clôture rigide, y compris portail d'accès verrouillable autour des dispositifs ;
 - Les opérations préalables (nettoyage, ...) aux installations d'équipement ;
 - Le rebouchage d'un forage sur la risberme amont du barrage ;
- Travaux concernant les dispositifs de mesure des MES : Fourniture, mise en œuvre et la mise en service
 - Les opérations préalables (nettoyage, ...) à l'installation et à la mise en service des équipements ;
 - Elargissement de la dalle béton en surface pour accueillir les bacs de décantation et les abris des bacs ;
 - 2 bacs de décantation ;
 - Fourniture et mise en œuvre d'un abri ou d'abris démontables de protection contre les intempéries pour protéger les bacs de décantation (~ 17m x 4.5m) ;

- Travaux concernant les dispositifs de pompes : Fourniture, mise en œuvre et la mise en service
 - Les opérations préalables (nettoyage, ...) à l'installation et à la mise en service des équipements ;
 - 2 dispositifs de pompes (pompes, capteurs, automate, ...) ;
 - Conduites et raccordements ;
 - Supports pour coffret électrique (si nécessaire) ;
- Remise en état, y compris remise en place et remise en service des équipements conservés :
 - 2 débitmètres composés chacun d'une sonde de niveau d'eaux et d'un seuil en V calibré (le cas échéant, y compris étalonnage) ;
 - 2 capteurs de turbidité (y compris étalonnage) ;
 - Les coffrets électriques si possible (ou le remplacement si nécessaire) ;
- Suivi de la mise en service pendant la Garantie de Parfait Achèvement (GPA), comprenant la réalisation de deux interventions in situ.

3.2. DESCRIPTION DES TRAVAUX

3.2.1. Travaux préparatoires

3.2.1.1. Généralités

Les travaux préparatoires comprennent :

- Réalisation des installations de chantier dans l'emprise définie :
 - Installation de sa base vie nécessaire à son besoin (bureau, sanitaire, réfectoire, ...) et d'une salle de réunion pour une dizaine de personnes ;
 - Aménagement de la zone de base vie :
 - Parking ;
 - Zones de circulation ;
 - Zones de stockage ;
 - Panneau d'information et signalisation ;
 - Clôture / barriérage du chantier ;
- Réalisation des accès y compris aménagements particuliers, signalisation et demandes d'autorisations administratives le cas échéant ;
- Libération des emprises :
 - Débroussaillage/abattage/dessouchage au sein des emprises de chantier ;
 - Mise en protection des zones sensibles du site (protection d'arbre, balisage, ...) ;
 - Dépose des équipements et stockage ou évacuation éventuelle ;
- Implantation et piquetage des ouvrages ;
- Implantation, adaptations/déplacements ou consignations des réseaux existants à conserver impactés par les travaux ;
- Mise en place des dispositifs de gestion des eaux pendant la durée du chantier ;
- Opérations de nettoyage nécessaires aux travaux.

Les accès envisagés pour les travaux sont les suivants :

- En rive gauche, le « Chemin des plages » ou en rive droite la rue du Lac permettront un accès à :

- La risberme amont du barrage lorsque le niveau de la retenue sera inférieur à 365.50 m NGF ;
- En aval du barrage :
 - L'impasse de la Digue permettra l'accès à la rive gauche aval pour les véhicules légers via un franchissement au-dessus du canal d'amenée vers le bief de partage du canal des Vosges ;
 - Un accès aux véhicules lourds et aux engins de chantier sera à aménager depuis la route départementale RD 460. Cet accès comprend notamment :
 - La rampe ;
 - La réalisation d'une piste à travers les terrains situés à l'aval du barrage ;
 - Les franchissements (nouveau chenal de vidange et chenal de l'ancienne vidange de fond).

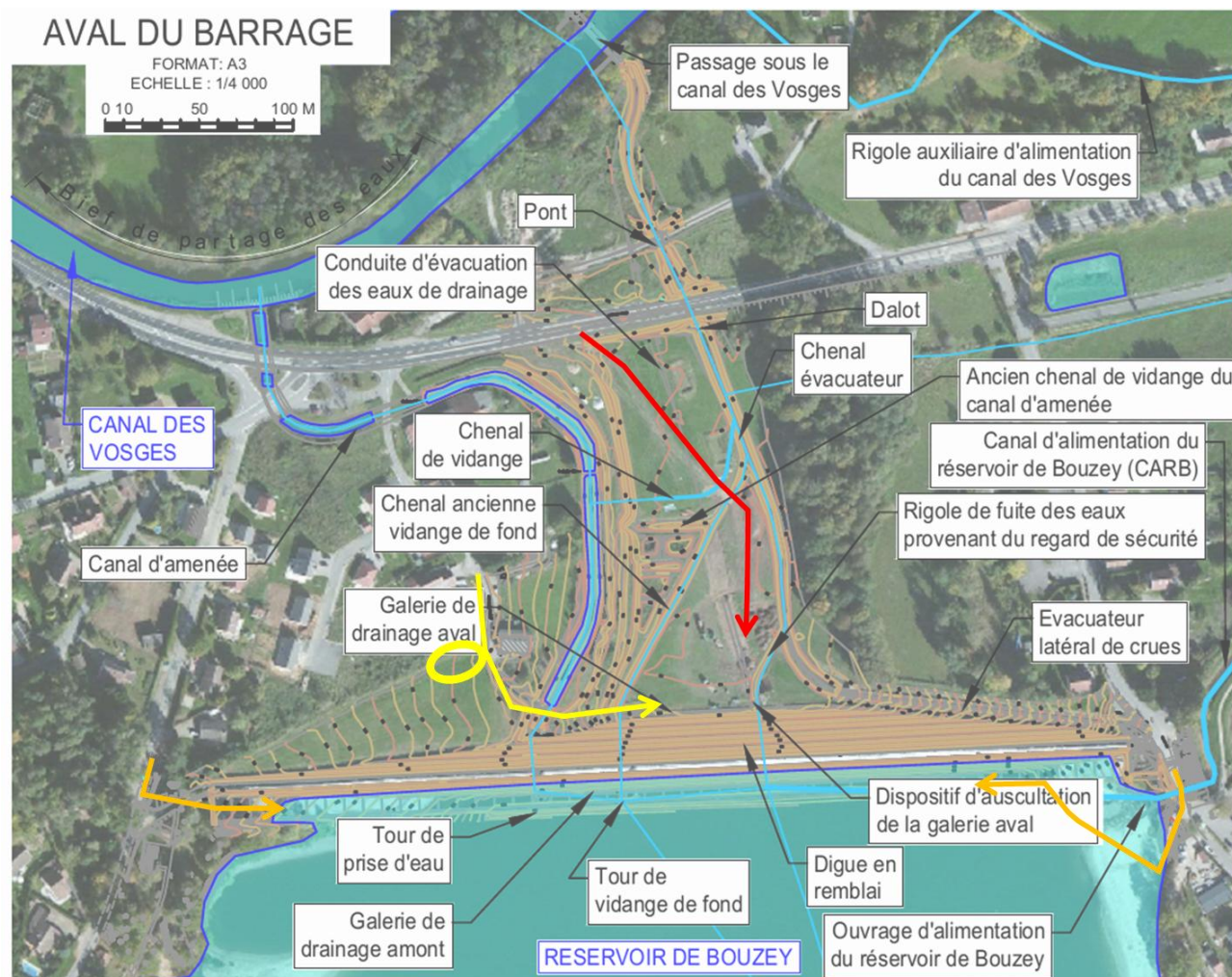




Figure 35 – Implantation envisagée des installations de chantier et accès (en rouge : Accès PL et engins, en jaune : IC et accès VL, en orange : accès à la risberme amont)



Figure 36 – Vu de la dalle sur le regard R0-R1 et des dispositifs de pompage et d'auscultation

3.2.1.2. Gestion des eaux en phase travaux

L'entreprise fera son affaire de la gestion des eaux météoriques et des eaux s'écoulant dans la galerie aval et ce pendant toute la durée du chantier jusqu'à la mise en service des dispositifs d'auscultation. Cette prestation comprend :

- La mise à sec de la galerie (pompage, alimentation, batardeau, rejet, décantation/traitement si nécessaire, ...) ;
- La mesure et la transmission quotidienne à VNF des débits pompés durant toute l'opération.

Le dispositif à mettre en place remplace en quelque sorte le dispositif actuellement en place pour la durée des travaux et doit permettre d'obtenir les mêmes informations.

Les eaux de la galerie aval sont considérées propres et sont actuellement rejetées directement dans le milieu naturel. Les dispositifs de décantation/traitement seraient nécessaires uniquement en cas de pollution par les travaux (laitance, ...).

3.2.1.3. Gestion des équipements existants

Les équipements existants à déposer, conserver, évacuer dans le cadre des travaux sont indiqués au programme des travaux. La liste ne se veut pas exhaustive, l'ensemble des éléments situés dans l'emprise des travaux est compris dans les tâches de libération des emprises. Pour les éléments non indiqués dans le programme de travaux, la destination de l'équipement sera à valider avec le Maître d'ouvrage au démarrage de la période de préparation des travaux.

3.2.2. Travaux à l'aval de l'évacuateur de crue

3.2.2.1. Décaissement des enrochements libre

Les travaux de décaissement doivent permettre d'excaver les enrochements existants sur une épaisseur suffisante (épaisseur minimale de 50cm sauf cas exception localement à valider préalablement avec le maître d'œuvre) et les

stockés à proximité pour emploi ultérieur. Le stockage devra permettre préserver/limiter la pollution des enrochements par la terre (pose sur géotextile, travail soigné, ...).

La blocométrie des enrochements en place est variée (estimé entre 20cm et plus de 1m pour certain bloc) ce qui peut être à l'origine d'écart topographique important par rapport à l'épaisseur moyenne d'excavation. Le titulaire prendra toutes les dispositions nécessaires à la configuration et à la blocométrie hétérogène du site. Il pourra être amené à procéder localement à des remaniements ou réagencements de blocs sur une épaisseur nettement plus importante que l'épaisseur minimale, voire au concassage de quelques blocs, à l'évacuation/fourniture de blocs,

L'intégralité de ces opérations sont comprises dans les travaux.

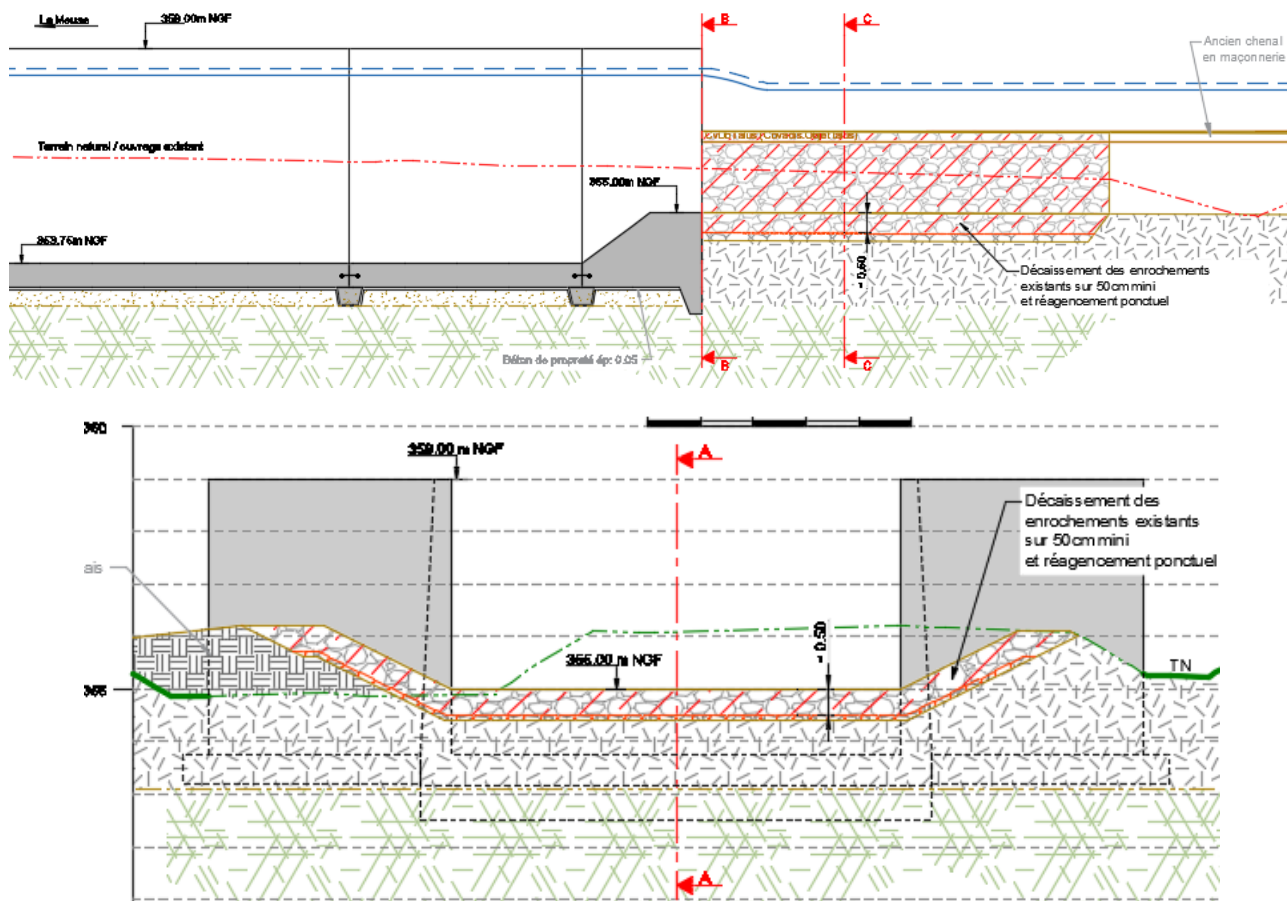


Figure 37 – Coupes des travaux à réaliser de décaissements d'enrochements à l'aval de l'EVC

3.2.2.2. Préparation du support

A l'issue de l'excavation, le titulaire procédera à la préparation du support. Cette préparation vise à réaliser une séparation physique entre les enrochements percolés et les enrochements libres sous-jacent, notamment dans l'objectif de limiter les pertes de béton dans les enrochements libres et à préserver leur caractère drainant.

Le support sera constitué d'un géotextile de séparation. Le géotextile devra être suffisamment résistant pour éviter sa dégradation lors de la mise en œuvre des enrochements percolés.

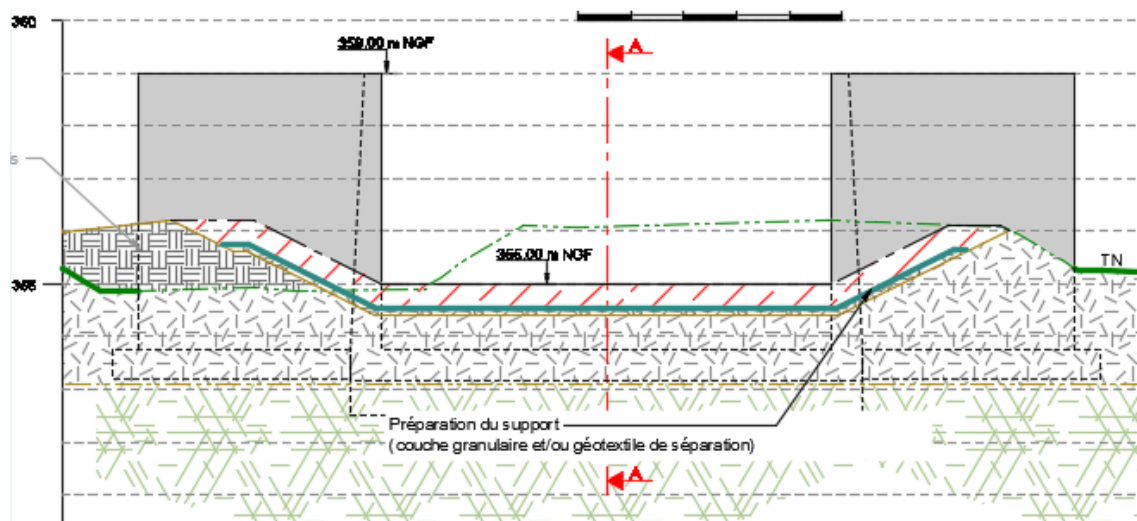


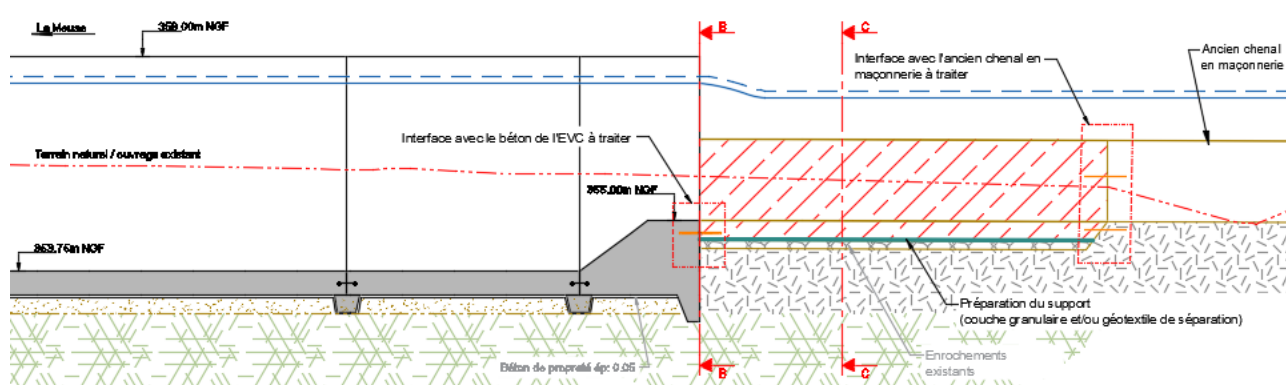
Figure 38 – Coupes des travaux à réaliser de préparation du support à l'aval de l'EVC

3.2.2.3. Traitement des interfaces

Les interfaces pour les travaux à l'aval de l'évacuateur de crue sont les suivantes :

- A l'amont : le bassin de dissipation en béton et ses murs en retour ;
- A l'aval des enrochements percolés : le chenal de l'ancien EVC en maçonnerie ;
- A l'aval des maçonnerie étanchées : le chenal d'écoulement des eaux vers l'Avière ;

Le titulaire devra assurer une bonne étanchéité au droit de ces interfaces. Cette interface devra être durable et tenir compte des conditions de vie de l'ouvrage (température, gel, contact cyclique avec de l'eau, ...). Il est envisagé la réalisation d'un traitement de surface sur le béton existant afin de le rendre rugueux et d'améliorer l'accroche avec le béton des enrochements, la mise en place de barres d'ancrage à intervalles réguliers (~ 50 cm) et la mise en place soignée d'un mastic d'étanchéité sur toute la longueur de l'interface pour assurer la bonne jonction entre l'existant et les enrochements percolés.



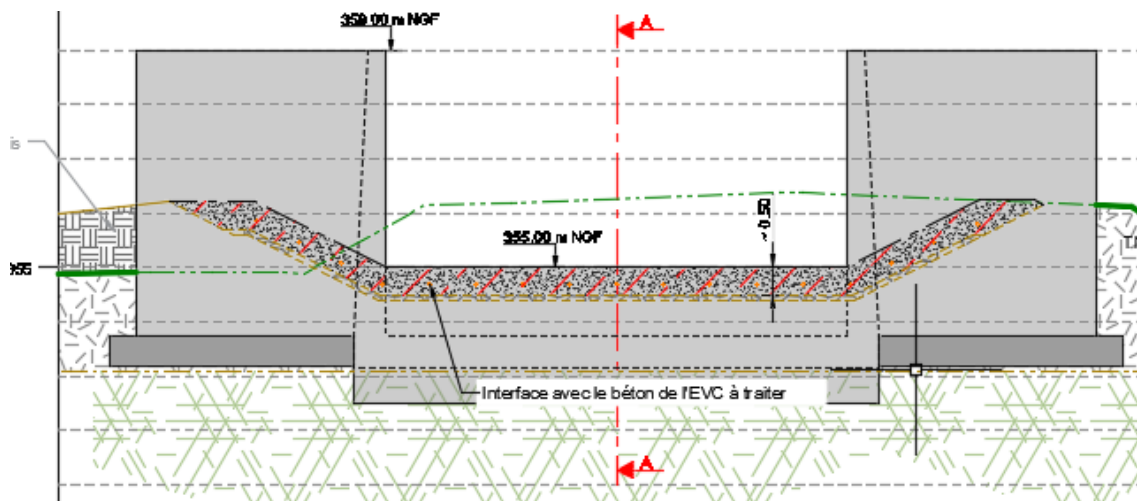


Figure 39 – Coupe des travaux à réaliser de préparation du support à l'aval de l'EVC

3.2.2.4. Mise en œuvre des enrochements percolés

La mise en œuvre d'enrochement percolés au béton comprend :

- La mise en œuvre des enrochements après reprise sur stock :
 - La mise en œuvre des enrochements se fera à l'aide de pelles hydrauliques, en commençant par la partie la plus plane et en remontant sur les talus ensuite. Le déversement ou poussage de blocs ne sont pas autorisés ;
 - Les différentes couches d'enrochements seront réalisées une par une, afin que les blocs soient imbriqués au fur et à mesure de la constitution de la protection ;
 - Les blocs d'enrochements seront disposés de manière à qu'il subsiste le minimum de vides ;
 - Aucun espace entre blocs, supérieur à la plus petite taille des enrochements, ne doit subsister ;
 - Les enrochements devront obligatoirement être mis en œuvre sur deux rangées minima soigneusement encastrées ;
 - Les blocs de plus petites dimensions seront mis en place au niveau des interfaces amont et aval ;
 - Les blocs qui seront liés au béton doivent être nettoyés au jet avant mise en place ;
- La mise en œuvre de béton fibré (béton prêt à l'emploi de préférence) :
 - Le béton est mis à la pompe ou à l'aide d'un skip ;
 - Les bétons sont pré-vibrés pour assurer le bon remplissage entre les blocs et suffisamment plastique pour ne pas s'écouler à l'extérieur ;
 - Les joints sont réalisés en creux, avec si nécessaire, un curage à la main après la pose ;
 - La surface finie présente une rugosité marquée ;
 - Un nettoyage au jet est effectué pour terminer l'ouvrage et enlever toute trace de laitance de béton sur les enrochements.

Le séquençage de réalisation suivra les étapes suivantes :

- Mise en place d'une rangée de blocs encastrés sur un lit de béton frais ;
- Comblement des vides par le béton ;
- Constitution d'un nouveau lit de béton pour que le cycle recommence ;

Un plot d'essai (hors ouvrage) sera à réaliser pour s'assurer de la compatibilité entre la formulation du béton fibré, la mise en œuvre à l'aide d'une pompe et le bon remplissage des vides. Ce plot d'essai pourra nécessiter la fourniture de blocs complémentaires pour permettre sa réalisation.

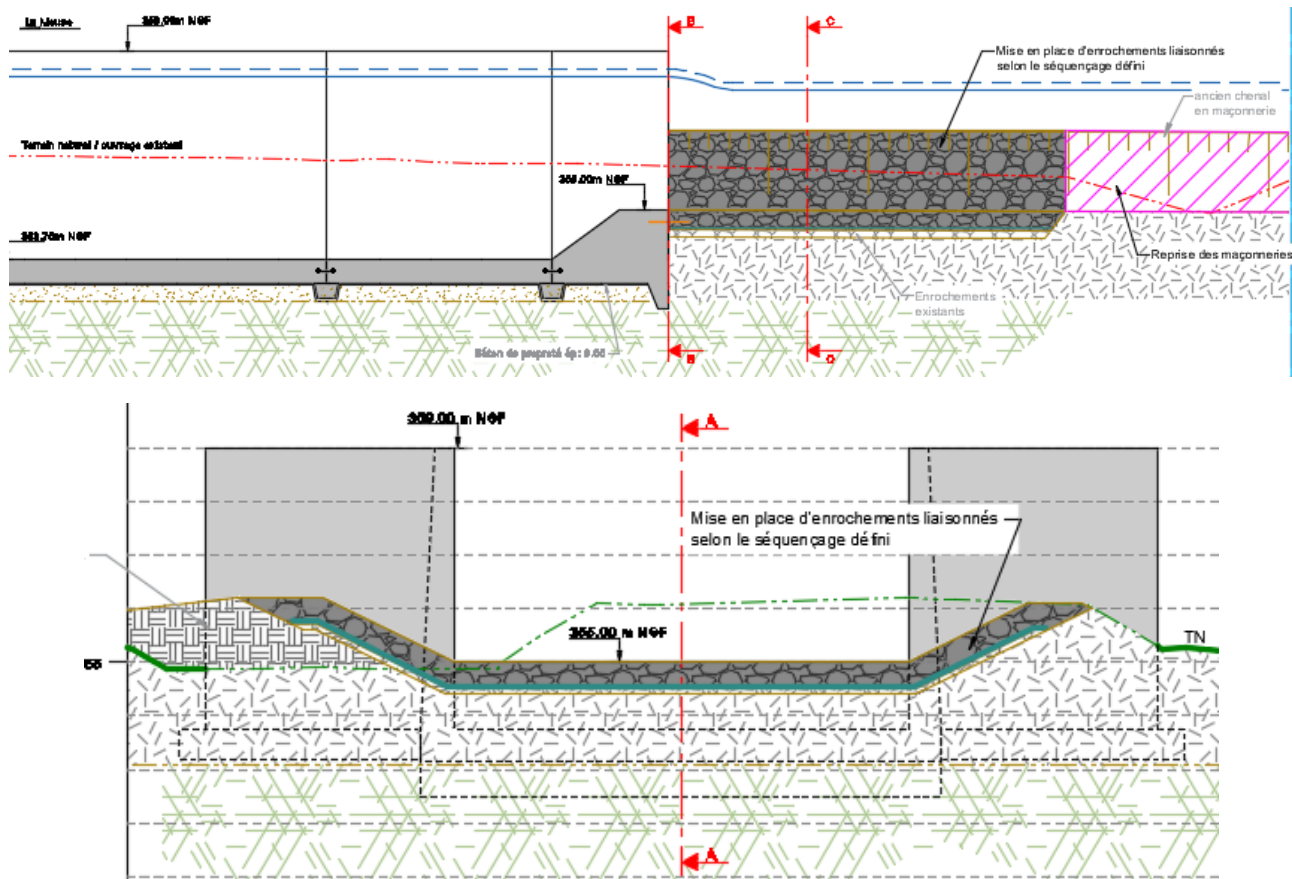


Figure 40 – Coupe des travaux à réaliser de mise en œuvre des engrochements liaisonnés à l'aval de l'EVC

3.2.2.5. Reprise des maçonneries à l'aval

Le nettoyage et la reprise des maçonneries à l'aval des engrochements percolés comprend :

- Le nettoyage de la zone :
 - Enlèvement de la végétation et de la terre (y compris merlon si besoin) ;
 - Nettoyage au jet d'eau ou d'air comprimé et les opérations de nettoyage manuel des joints si nécessaire (éléments non adhérents, végétation, ...) ;
 - La préparation du support pour les joints ;
- Le rejointoiement de la maçonnerie à l'aide d'un mortier adéquate :
 - Garnissage sur une épaisseur d'un moins 2.5 fois la largeur de joint ;
 - Nettoyage des « éclaboussures » de projection sur les pierres par brossage ou grattage avant prise.

Un plot d'essai sera à réaliser pour s'assurer de la bonne réalisation des joints sur les maçonneries.

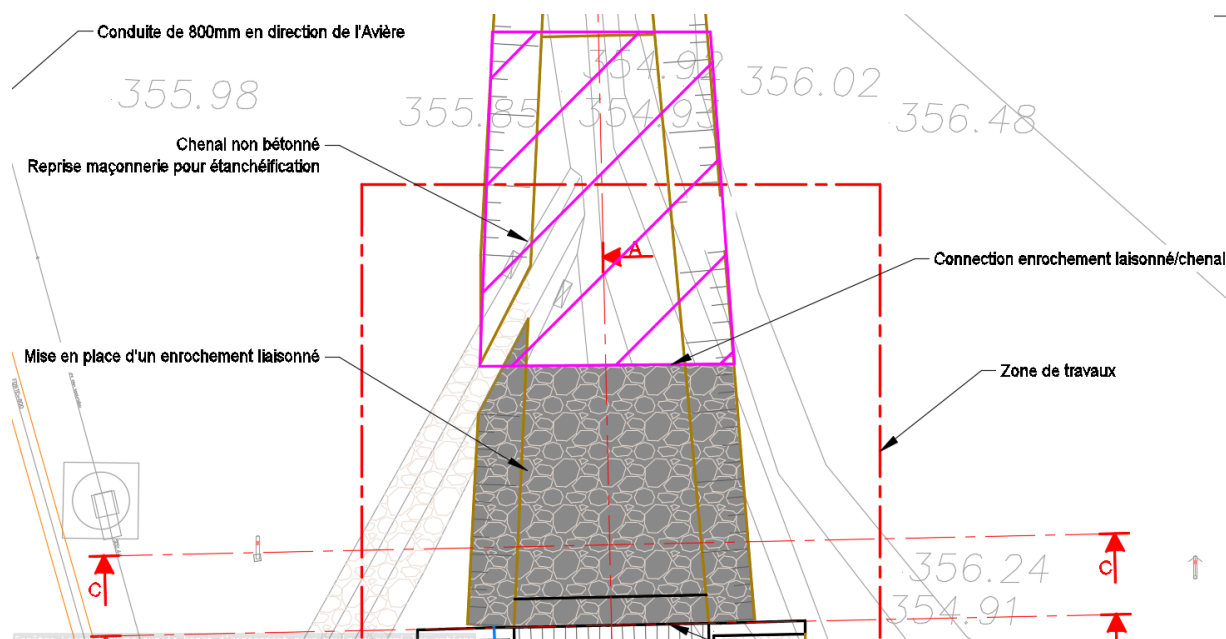


Figure 41 – Vue en plan des travaux de rejointoiement à réaliser

3.2.2.6. Contrôle de l'étanchéité

Un essai de contrôle de l'étanchéité sera effectué sur la zone de travaux réalisés.

Une mise en eau (~50 cm à 1m) pendant près d'une demi-journée d'abord sur la zone en enrochements percolés seule puis sur la zone en enrochements percolés et de maçonneries reprises seront à réaliser. Un contrôle des éventuelles infiltrations à l'aide de colorant de traçage fluo (à fournir par l'entreprise) et un contrôle des débits en galerie aval seront effectués.

Toutes les dispositions nécessaires à la réalisation de cet essai sont à la charge de l'entreprise (mise en place et démontage des merlon de fermeture, gestion de l'eau : alimentation en eau, vidanges des zones mise en eau, pompage éventuel, ...).

3.2.3. Travaux de génie civil autour de la galerie aval et divers

3.2.3.1. Dispositifs de batardage amovibles

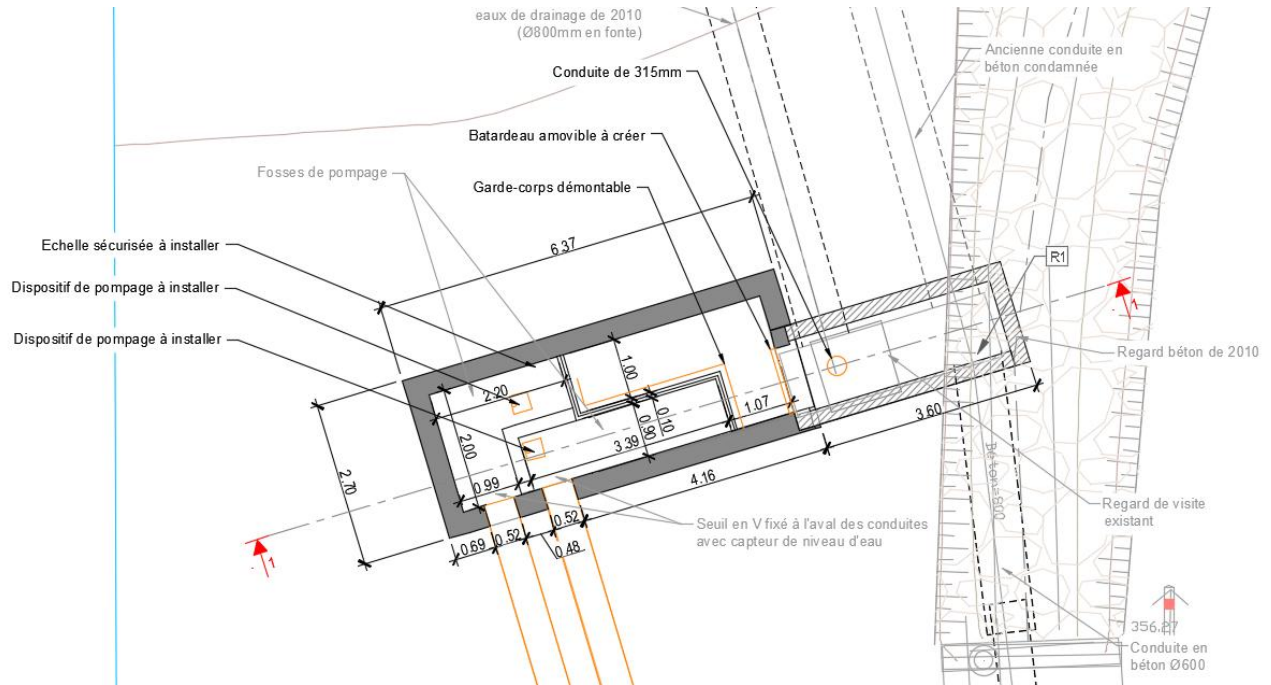
Des dispositifs de batardage amovibles sont à réaliser pour permettre l'isolement des différentes zones :

- Au sein du regard R0-R1, entre les conduites de 500mm et, les conduites de 600 et 800mm ;
- Au sein de la galerie aval :
 - Pour empêcher les écoulements à travers les conduites de 500mm ;
 - Pour empêcher les écoulements à travers la conduite de 600mm.

La réalisation de ces dispositifs comprend :

- La fourniture des équipements de batardage manuable et de dimensions compatibles avec les accès ;
- La réalisation des travaux préparatoire à leur installation :

- Nettoyage ;
 - Préparation des supports en génie civil (saignée, ragréage/nivellement, ...) ;
 - ...
- L'installation des parties fixe des dispositifs.



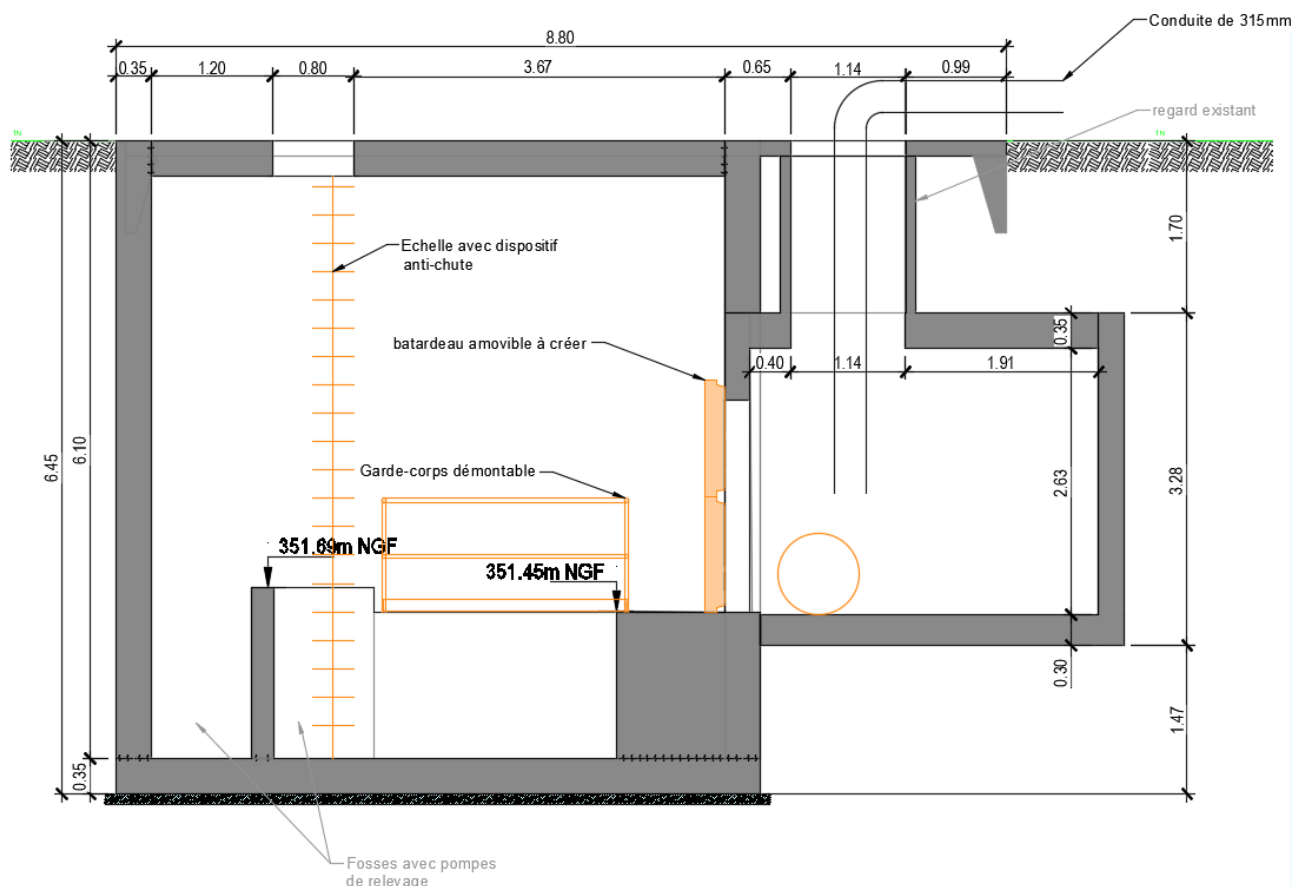


Figure 42 – Dispositif de batardage dans le regard R0-R1

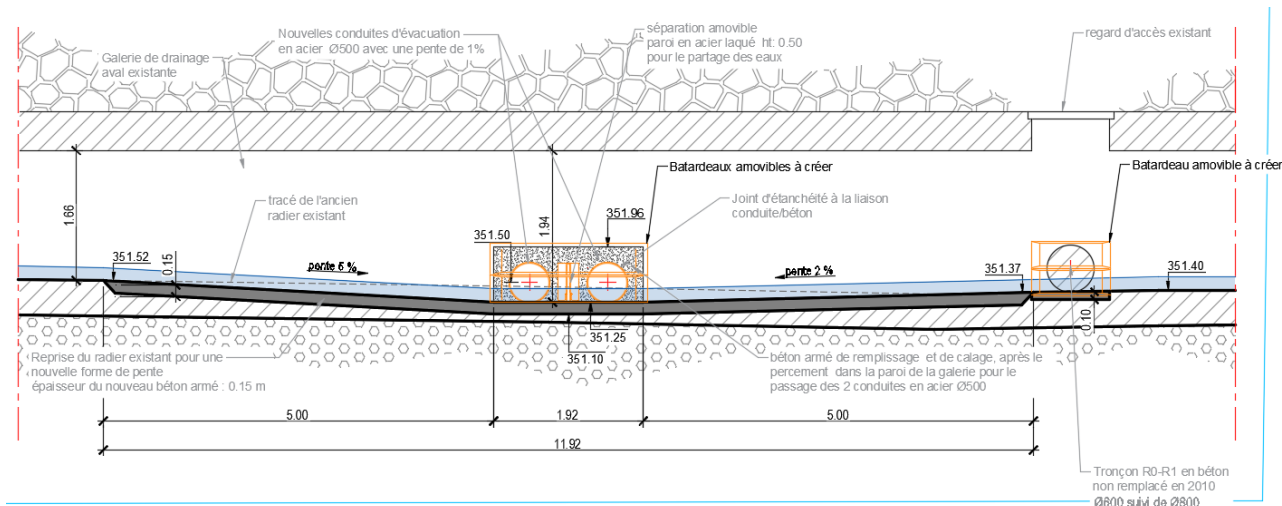


Figure 43 – Dispositifs de batardage à créer en galerie aval

Des essais d'installation des dispositifs de batardage et de mise en service avec contrôle de l'étanchéité seront réalisés.

Il est rappelé qu'au moins une partie, voire la totalité de ces travaux, sont réalisés en espace confiné. Toutes les dispositions de sécurité devront être prises en conséquence par le titulaire.

L'installation des dispositifs de batardage, notamment dans la galerie aval, présente une configuration particulière qui sont à prendre en considération :

- La conduite de 600mm est située au droit du regard R0, avec un coffre et un rail situé en aplomb et une échelle d'accès situé côté amont du barrage ;



Figure 44 – Départ de la conduite de 600mm

- Les conduites de 500mm sont séparées par une plaque amovible installé entre les deux. De plus, les conduites dépassent légèrement du génie civil de la galerie.



Figure 45 – A gauche : Plaque amovible actuellement en place entre les deux conduite 500mm

A droite : Départ des deux conduites de 500mm (la plaque entre les deux conduites a été remplacé par celle présentée sur la photo de gauche entre temps)

Concernant le dispositif de batardage de la conduite de 600mm, l'entreprise prendra toutes les dispositions nécessaires pour assurer, après travaux, l'accès depuis le regard R0 ainsi que les fonctionnalités du rail, du coffrets électriques et des autres éléments à proximité.

Concernant les dispositifs de batardage des conduites de 500mm, l'entreprise prendra toutes les dispositions nécessaires pour permettre :

- La remise en place de la plaque de séparation des écoulements ou le remplacement du dispositif existant pour permettre la séparation des écoulements Est et Ouest (y compris étanchéité, ...) ;
- La mise en œuvre d'un dispositif de batardage sur une à la fois ;
- La mise en œuvre des dispositifs de batardage sur les deux conduites à la fois.

La réalisation pourra éventuellement comprendre :

- La dépose/évacuation de la plaque amovible actuellement, si le dispositif mis en place permet de remplir la fonction de séparation des flux Est et Ouest par ailleurs ;
- L'arasement des conduites 500mm à ras du mur de la galerie ;
- ...

3.2.3.2. Abris

Un abri où seront installés les coffrets électriques est à mettre en place sur la dalle du regard R0-R1.



Figure 46 – Exemple d’abri pour les coffrets à mettre en place

Les travaux à réaliser comprennent :

- Les fondations de l’abris ;
- La fourniture et l’installation ou la construction in situ :
 - Abri pour coffrets : Longueur $\sim 3\text{m}$, largeur $\sim 2.5\text{m}$, hauteur utile $> 2.4\text{m}$;
- Toutes les dispositions nécessaires à assurer la gestion des interfaces avec les autres équipements (implantation, réservations, fourreau, ...).

3.2.3.3. Équipements de sécurisation du site

Les travaux de sécurisation du site prévoient :

- Le remplacement du caillebotis existant par un dispositif de fermeture et d’accès à la chambre de pompage (dimension totale : $\sim 2.0\text{m} \times 0.8\text{m}$). Le dispositif devra comprendre :
 - Une béquille de maintien de la trappe ouverte ;
 - Une poignée de levage ;
 - Un dispositif de verrouillage.

Il devra être manipulé aisément, en ce sens, il pourra être décomposé en plusieurs couvercles.

Il est à noter que le dispositif devra permettre le passage des conduites de refoulement des pompes (réservation à prévoir).



Figure 47 – Exemple de trappe d'accès

- La mise en œuvre d'une échelle d'accès depuis le caillébottis à l'intérieur du regard R0-R1 et la mise en place d'un dispositif anti-chute dans les fosses de pompages (type garde-corps démontable). Cette échelle devra disposer des dispositifs de protection contre les chutes. ;



Figure 48 – Exemple d'échelle d'accès sécurisée

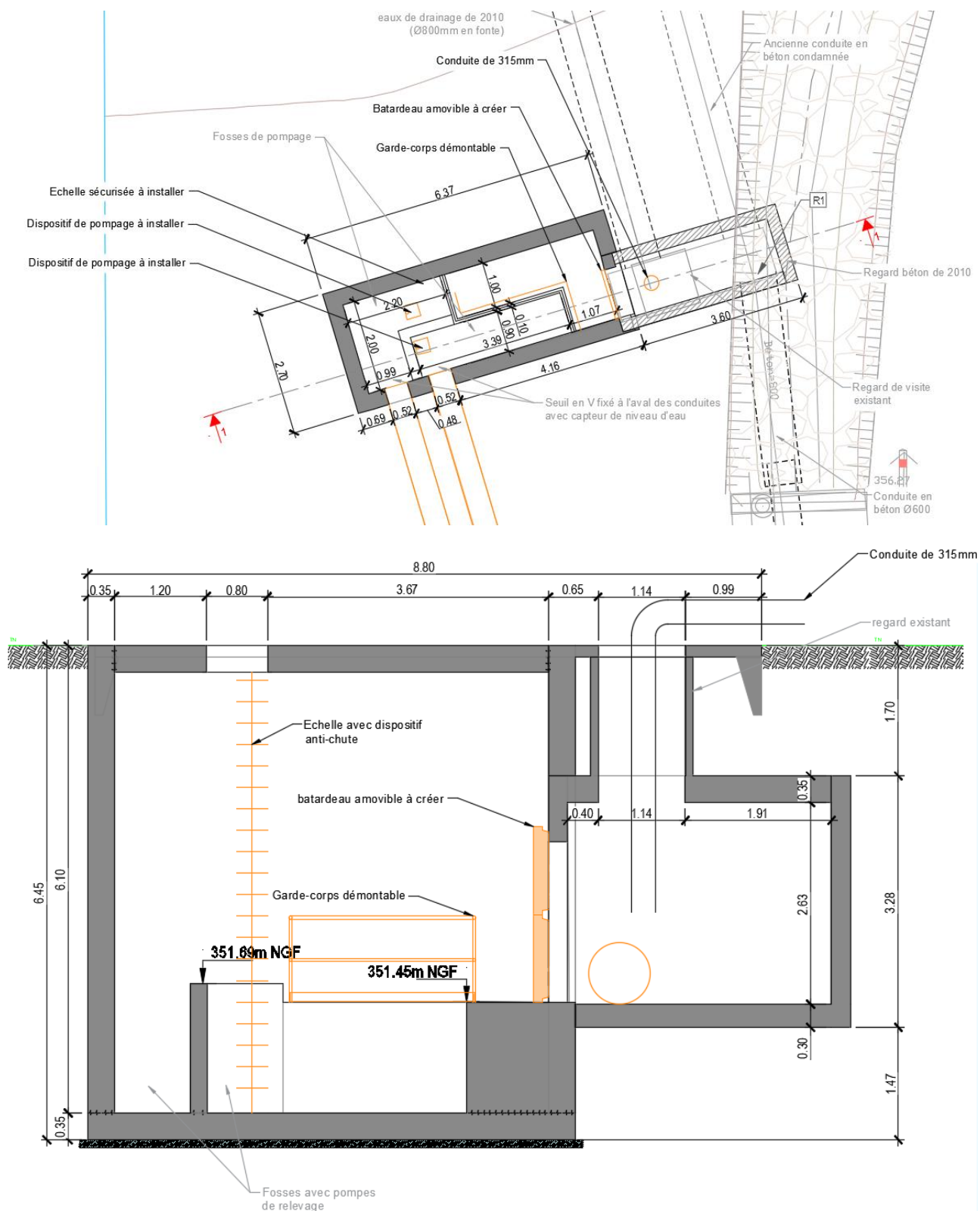


Figure 49 – Vue en plan et coupes du regard R0-R1

- Le remplacement à l'identique ou la sécurisation de l'échelle d'accès au regard R0 ;



Figure 50 – Echelle d'accès au regard R0 (bas de l'échelle non fixé dans le GC)

- La mise en place d'une clôture rigide équipée d'une porte d'accès verrouillable pour sécuriser l'accès au dispositif d'auscultation de la galerie aval. Il est attendu que cette clôture soit semblable aux équipements similaires de VNF actuellement sur site (RAL : à définir pendant la période de préparation).



Figure 51 – Clôture VNF actuellement sur site

Les travaux à réaliser comprennent :

- Les travaux de génie civil (fondations) ;
- La fourniture et l'installation de ces équipements ;
- Toutes les dispositions nécessaires à assurer les interfaces entre tâches (implantation, réservations, ...).

3.2.3.4. Rebouchage d'un forage sur la risberme amont du barrage

Un ancien forage de reconnaissance géotechnique datant de 2016-2017 est à reboucher dans le cadre de l'opération. Il est situé sur la risberme amont du barrage accessible depuis la rive droite ou la rive gauche en période de basses eaux (globalement entre les mois de novembre et janvier, avant le remplissage hivernal). Quelques dispositions constructives seront à prendre pour accéder au forage dépendamment de la rive emprunté (rampe d'accès, traversée de l'arrivée du CARB, ...).

L'entreprise réalisera le rebouchage au coulis. L'implantation approximative du sondage est donnée ci-après :

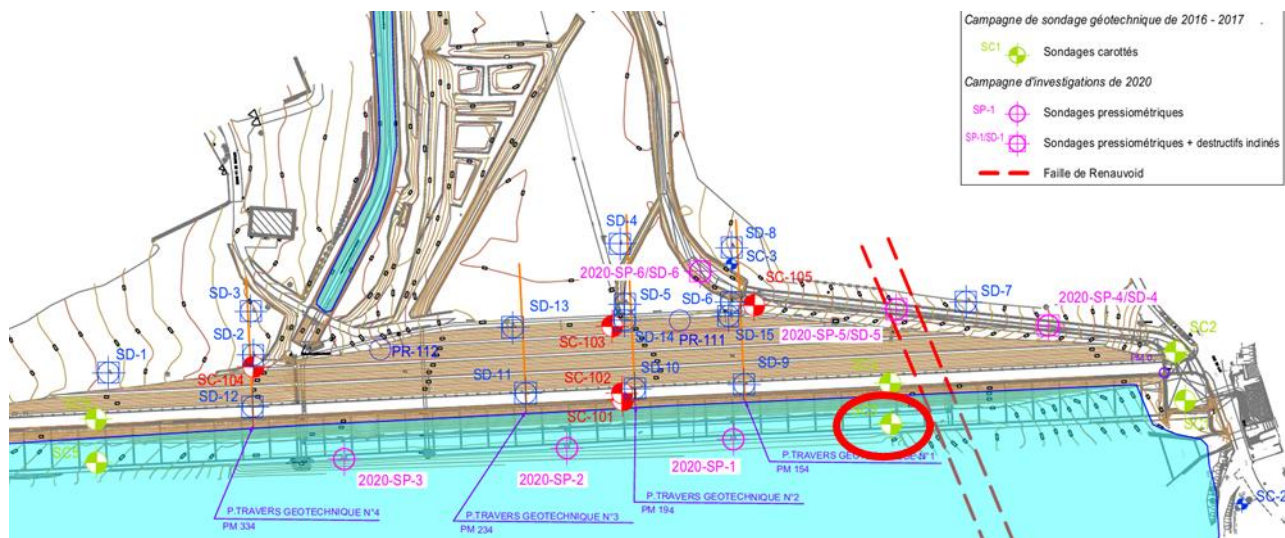


Figure 52 – Implantation du forage à reboucher

3.2.4. Travaux concernant les dispositifs de mesure de MES

Les dispositifs de mesure de MES comprennent :

- Les opérations préalables (nettoyage, ...) à l'installation des équipements dont le nettoyage de la galerie aval et du regard R0-R1 (boues rouges et sables) ;
- Les 2 bacs de décantation :
 - 2 plaques amovibles sur toute la largeur de chaque bac séparent ce dernier en 3 sections :
 - Présence d'une lame de tranquillisation à l'issue de section de tranquillisation permettant un écoulement en sousverse avec une ouverture de 0.2m de hauteur ;
 - Présence d'une lame déversante à l'issue de la section courante, permettant un écoulement en surverse au-delà de 0.9m de hauteur depuis le fond ;
 - Dimensions globales :
 - Longueur totale : ~16.5m ;
 - Largeur totale : ~1,5m ;
 - Hauteur : variable ;
 - Section amont (réhausse) : pour la tranquillisation
 - Longueur : ~1.0m ;
 - Largeur : ~1,5m ;
 - Hauteur : ~2.0m
 - Section courante : pour la décantation
 - Longueur : ~15m ;
 - Largeur : ~1,5m ;
 - Hauteur : ~1.2m ;
 - Section aval : pour la vidange
 - Longueur : ~0.5m ;
 - Largeur : ~1,5m ;
 - Hauteur : ~1.2m ;
 - Des supports pour permettre une légère élévation par rapport à la dalle ;
 - Une trappe mobile au droit la section courante pour permettre d'accéder à l'intérieur du bac (hauteur d'accès de 0.6m environ)
 - L'arrivée d'eau dans chacun des bassins devra pouvoir être déviée afin de faciliter la vidange des bacs (mesure de particules décantées, nettoyage) lors des opérations d'exploitation / maintenance ;

- Les bassins seront équipés d'un orifice placé dans la partie basse du bac afin de permettre la vidange rapide du bac ;

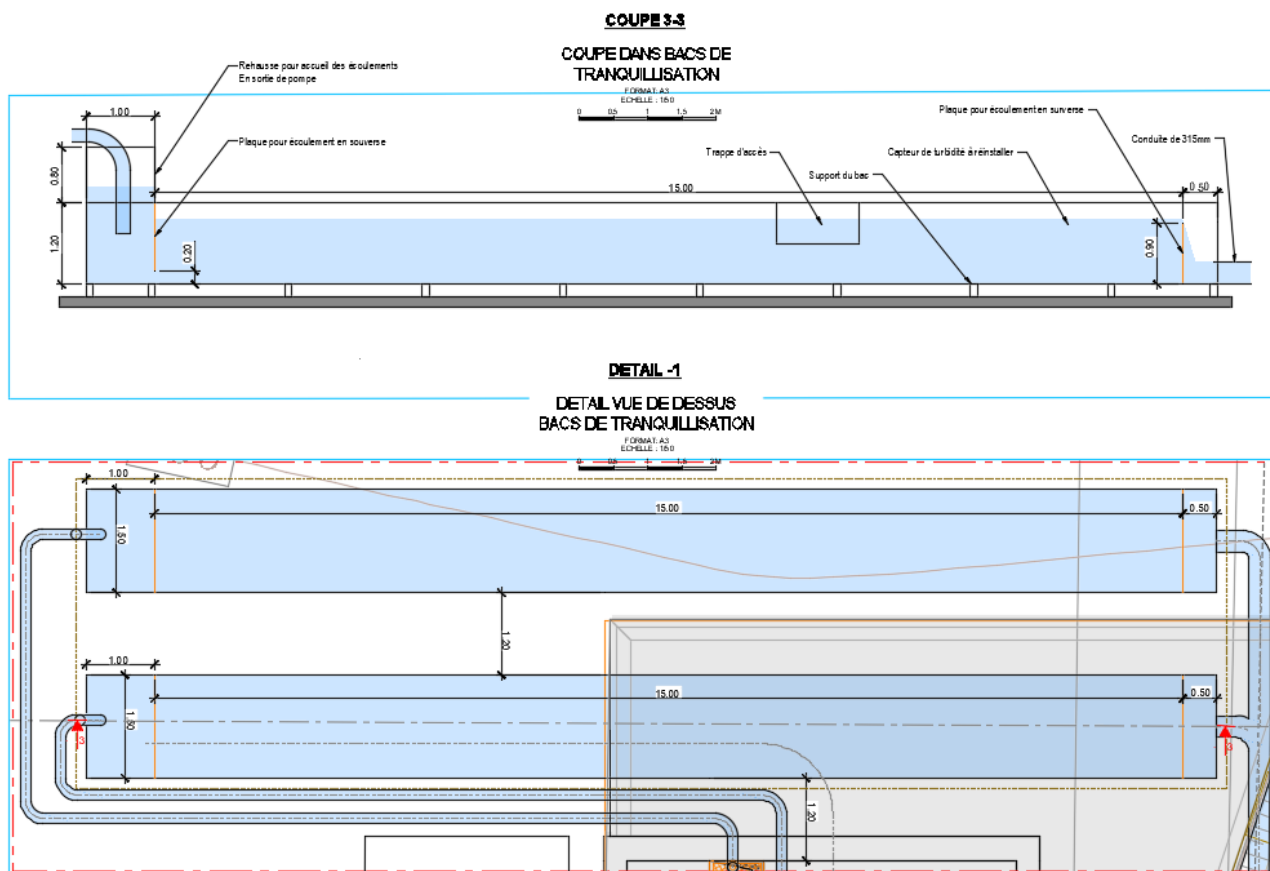
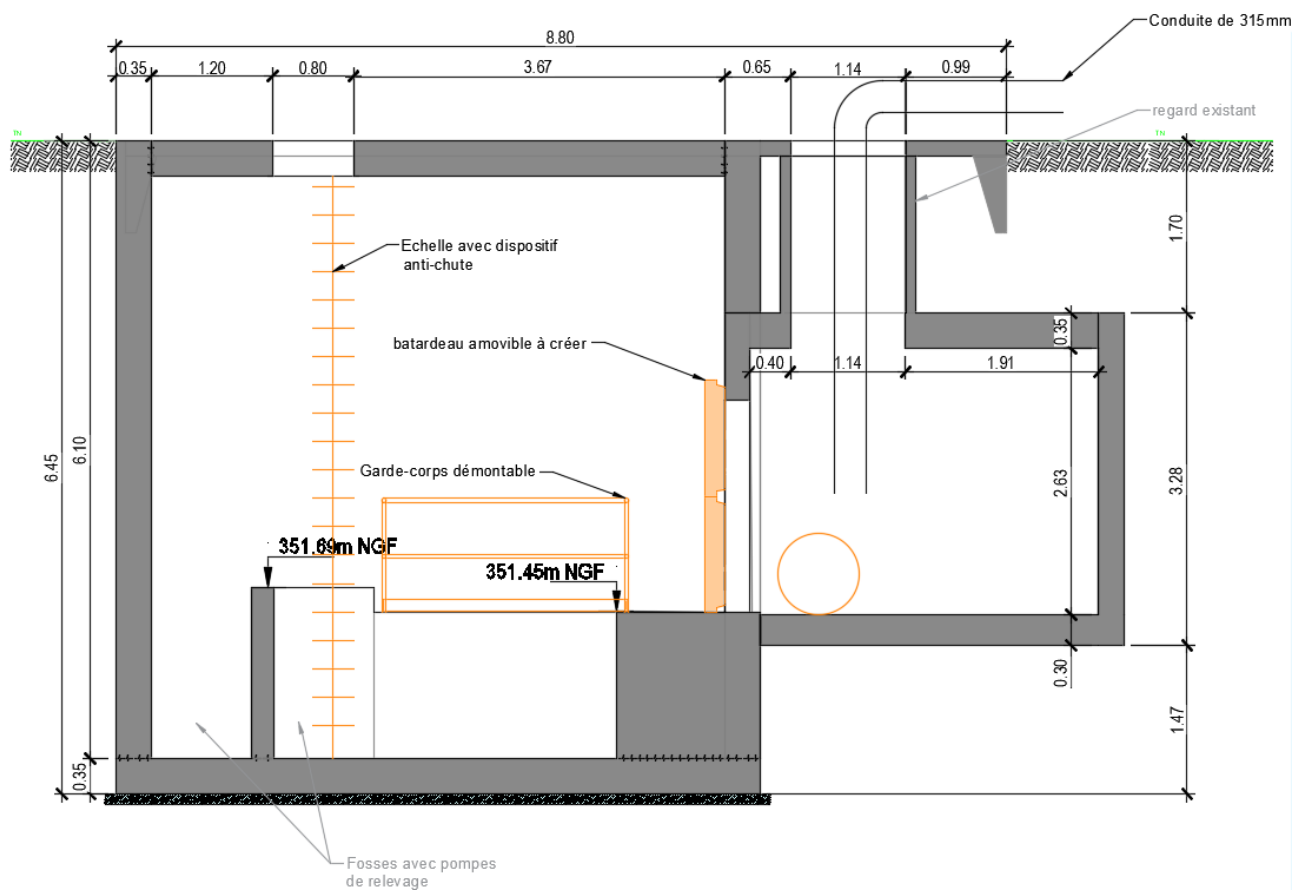


Figure 53 – Coupe et vue en plan des bassins de décantation

- Les conduites, leurs raccords et les réservations nécessaires dans les ouvrages existants :
 - Entre les bacs et la conduite de 800mm vers l'Avière :
 - 1 conduite de 315mm d'environ 3.2ml, pentée au niveau de la dalle à 1%, équipée de 1 coudes à 90° ;
 - 1 conduite de 315mm d'environ 0.5 ml, pentée au niveau de la dalle à 1%, équipée de 1 coudes à 45° ;
 - 1 raccord en Y (culotte assainissement) à 45° ;
 - 1 conduite de 315mm d'environ 10ml, pentée au niveau de la dalle à 1%, équipée de 2 coudes à 90° et de 1 coude à 45° ;
 - Réservations (non exhaustif) :
 - Au niveau du regard R1 pour rejet des eaux en sortie des bacs de décantations dans le DN800 ;



- Les nouveaux bacs de décantation (longueur : ~16.5m ; largeur : ~1,5m ; hauteur : ~1.2m) ;
- Un abri pour les coffrets (~ 3m x 2.5m) ;
- Les cheminements pour permettre une exploitation aisée (écart entre bassin de 1,2m minimum) ;
- La clôture de protection de l'ensemble.

L'agrandissement de la dalle (~106 m²) comprend :

- Le décapage des terrains superficiels (terre végétale, ...) et son évacuation en installation agréé ou son réemploi (sous réserve de fournir les justificatifs ad hoc : destination, attestation du destinataire, ...) ;
- La réalisation de la plateforme support de la dalle en remblai compacté ;
- La réalisation de la dalle béton d'environ 15cm d'épaisseur, à la cote de la dalle existante, y compris :
 - Joints ;
 - Dispositif de liaisonnement entre les dalles.

Un ou des abris sont à mettre en place sur la dalle du regard R0-R1 :

- Abris de protection contre les intempéries, démontable, pour protéger les bacs de décantation.



Figure 55 – Exemple d'abri pour les bacs de décantation à mettre en place

Les travaux à réaliser comprennent :

- Les fondations des abris ;
- La fourniture et l'installation ou la construction in situ :
 - Abris pour bacs (dimensions approximatives de la zone à protéger) : Longueur ~ 17m, largeur ~4.5m, hauteur utile > 2.2m ;

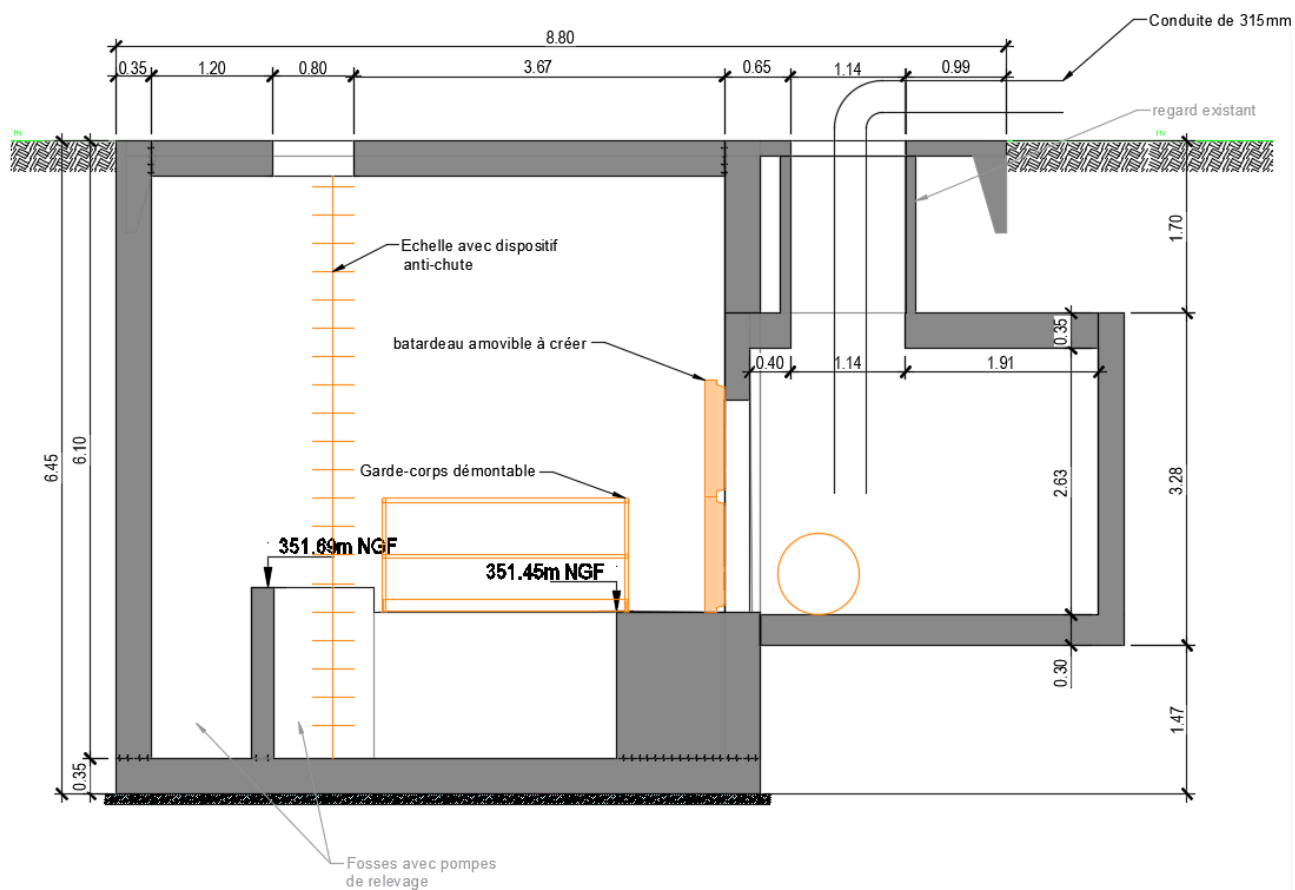
Toutes les dispositions nécessaires à assurer la gestion des interfaces (implantation, réservations, fourreau, ...).

3.2.5. Travaux concernant les dispositifs de pompage

Les travaux concernant les nouveaux dispositifs de pompes comprennent :

- La fourniture et l'installation des équipements de dispositifs de pompage, notamment :

- Les opérations préalables (nettoyage, ...) à l'installation des équipements dont le nettoyage de la galerie aval et du regard R0-R1 (boues rouges et sables) ;
- Les dispositifs de pompages :
 - 2 Pompes ayant pour caractéristiques :
 - Plage de débit : 2 L/s à 60 L/s ;
 - Hauteur de relevage : ~ 11mce pour 60 L/s ;
 - Démarrage progressif : pour permettre un allongement de la durée de vie du dispositif (démarrage répétée) ;
 - Vitesse variable : pour être en mesure de couvrir la plage de débit demandée tout en limitant la pression d'exhaure ;
- Le système d'asservissement :
 Le système d'asservissement sur chaque dispositif doit permettre de gérer la modulation du débit de pompage, de limiter le nombre de démarrage des pompes et d'empêcher un ennoiment de la chambre de pompage. Il comprend l'ensemble des éléments nécessaire (capteurs, automates, afficheur, alimentation, coffret, ...).
 La cote d'ennoiment est de 351.45 mNGF d'après le DOE, la cote maximale estimée est de 351.35 mNGF pour disposer d'une marge de sécurité suffisante.
 Les fosses où se trouve les pompes ont une profondeur de 1.44m.
- Les conduites, leurs raccords et les réservations nécessaire dans les ouvrages existants :
 - Entre les pompes et les bacs :
 - 1 conduites de 150mm d'environ 21ml, pentée au niveau de la dalle à 1%, équipée de 8 coudes à 90° et un dispositif de perte de charge (type diffuseur) ;
 - 1 conduites de 150mm d'environ 22ml, pentée au niveau de la dalle à 1%, équipée de 7 coudes à 90° et un dispositif de perte de charge (type diffuseur) ;
 - Réservations (non exhaustif) :
 - Dans le dispositif de fermeture au droit du caillebotis existant ;
- Les dispositifs de mesure des débits :
 - 2 débitmètres électromagnétiques ;
 - 2 interfaces utilisateurs (avec écran et enregistreurs de données en continu avec une durée minimale de 15 jours) ;



- L'entreprise interviendra à minima 2 fois après installation pour contrôler le bon fonctionnement général de l'installation et procéder aux réglages éventuels. Ces interventions se feront à deux périodes distinctes de l'année :
 - Fin de période estivale lorsque le niveau dans la retenue est faible (débit dans la galerie aval minimal) ;
 - Fin de la période hivernale quand le niveau de la retenue est maximal (débit dans la galerie aval maximal).
- Les interventions de l'entreprise seront réalisées en présence de l'exploitant afin de profiter de son retour d'expérience sur l'utilisation pour optimiser les réglages.

Une attention particulière devra être portée à l'ensemble des raccords, pour assurer l'étanchéité d'une part et pour assurer la connexion/emboîtement pour toutes les pressions de service.

3.2.6. Remise en état

L'Entreprise a la charge de la remise en état du site après travaux.

L'Entreprise est tenue de procéder à ses frais au dégagement, au nettoyage et à la remise en état des emplacements mis à sa disposition (ornières, engazonnement, apport de terre végétale si nécessaire, ...) et des voiries et pistes empruntées par les engins de chantier et qui ont, du fait des travaux, subi des dégradations (à noter qu'une piste en pied de barrage a été récemment refaite).

Cette remise en état se fait sur la foi de l'état des lieux contradictoire dressé en début de chantier, par constat d'huissier, à la charge de l'Entreprise.

3.3. COORDINATION INTERNE

La réalisation des travaux au droit du regard R0-R1 implique une certaine coordination spatio-temporelle et fonctionnelle. L'entreprise doit tenir compte de ces éléments :

- L'exiguïté de la galerie aval, du regard de pompage et de la dalle en surface, implique un certain ordonnancement des tâches :
 - Mise en œuvre de dispositifs de batardage ;
 - Mise en œuvre d'échelle ;
 - Installation des pompes, conduites, leurs raccords, ... ;
 - Mise en place des bacs de décantation ;
 - Mise en service des installations (pompes, capteurs, ...) ;
 - Mise en place des abris ;
 - Mise en œuvre des dispositifs de fermeture et d'accès à la chambre de pompage ;
 - ...
- L'implantation des différents des conduites et raccordement électriques et les réservations nécessaires dans le génie civil et la métallerie implique une bonne coordination entre les tâches et ceci dès les phases de préparation :
 - Implantation de l'échelle d'accès dans le regard et, réservation dans les dispositifs de fermeture et d'accès à la chambre de pompage // Implantation des conduites dans le regard ;
 - Implantation de l'abri pour bac de décantation // Cheminement des conduites sur la dalle ;
 - Installation de l'abri pour coffret électrique et élargissement de la dalle en surface // Installation des coffrets et raccords électriques ;
 - ...

Des adaptations pourront s'avérer en phase de préparation et éventuellement en phase exécution. Ces adaptations sont incluses dans les prix de l'entreprise.

3.4. VARIANTES

Les variantes sont autorisées selon les modalités définies au Règlement de la Consultation.

Les principales spécifications nécessaires à la compréhension du besoin concernant les variantes sont les suivantes. Les spécifications techniques de la solution base fournissent les éléments complémentaires.

- Dispositif de mesure de MES :
 - Exigences techniques à respecter :
 - Débit de traitement supérieur ou égale au débit de dimensionnement des dispositifs de pompage :
 - Débit nominal : ~ 30 L/s ;
 - Débit capable : ≥ 60 L/s ;
 - Taille minimale des particules traitées inférieure ou égale à 80 µm
 - Pouvoir de coupure :
 - Rendement de ≥ 80% pour des particules de 80µm au débit nominal de 30 l/s ;
 - Rendement de ≥ 65% pour des particules de 80µm au débit capable de 60 l/s ;
 - Rejet gravitaire des eaux traitées vers l'exutoire défini (conduite DN800) ;
 - Objectifs recherchés :
 - Optimisation de l'emprise au sol ;
 - Optimisation de la dimension de l'abri ;
 - Fonctionnement possible par températures négatives prolongés ;
 - Facilités d'exploitation (volume capable, manipulation, collecte et pesée des sédiments, ...) ;

- Modularité / possibilité d'augmenter la capacité si nécessaire ;
- Dispositif de mesure de pompage :
 - Exigences techniques à respecter :
 - Plage de débit de fonctionnement (2 à 60 L/s) et HMT compatible avec le réseau d'exhaure ;
 - Pompe compatible avec des eaux faiblement chargés (type eaux pluviales) ;
 - Pompe compatible avec des démarrages fréquent ;
 - Asservissement pour éviter de dénoyer les pompes ou d'envoyer le regard R0-R1 :
 - Z_{min} à définir en fonction de la pompe et de son implantation ;
 - $Z_{max} \sim 351.35$ mNGF pour éviter l'envoie du regard et de la galerie aval.
 - Objectifs recherchés :
 - Réutilisation des pompes existantes ;
 - Optimisation de la consommation et de la durée de vie des pompes ;
 - Modularité / possibilité d'augmenter la capacité si nécessaire.

3.5. PLANNING ET SÉQUENCAGE DES TRAVAUX

Différentes options sont possibles en matière de phasage des travaux, ces options étant essentiellement dépendantes des délais d'approvisionnement des fournitures.

La planification et le séquençage des travaux sera établi au démarrage des travaux, sur la base des plannings à fournir par les entreprises et des délais fixés par ailleurs. Les entreprises doivent tenir compte dans leur offre des potentiels incidences technico-économiques liées aux aspects spatio-temporels.

4. CONDITIONS GÉNÉRALES D'EXÉCUTION

4.1. RÉFÉRENTIELS ET DONNÉES À DISPOSITION

4.1.1. Référentiels

Les présentes spécifications font référence à des normes, codes ou recommandations, préparés par différents organismes et notamment ceux dont la dénomination qui les désignent dans ces spécifications sont indiqués ci-après (liste non exhaustive) :

- Normes françaises : Association Française de Normalisation (AFNOR) ;
- Normes Internationales : Organisation Internationale de Normalisation (ISO) ;
- Organismes professionnels :
- Comité Français des Barrages Réservoir (CFBR) ;
- International Commission On Large Dams (ICOLD);
- Comité Français des Géosynthétiques (CFG) ;
- ...

Les études d'exécution et l'exécution des ouvrages doivent être conformes aux normes et référentiels techniques suivants :

- Ensemble des Eurocodes et des normes d'applications associées
- Cahier des Clauses Techniques Générales (CCTG ou fascicule) ;
- Document Techniques Unifiés (NF DTU) ;
- Guides, recommandations et publications édités par les organismes professionnels adaptés :
 - Recommandations du CFBR ;
 - Bulletin de l'ICOLD ;
 - Guide de recommandation du CFG.

Les documents émis par ces organismes pourront aussi servir de référence en l'absence de spécifications détaillées précise dans le Marché. Dans le cas d'absence de références normatives dans les présentes spécifications, le Maître d'œuvre choisira de plein droit les normes à observer, par exemple BS, API, AWWA, ASTM, CEI, FEM, ISO, DIN, ...

4.1.2. Système de coordonnées et de mesures

Les référentiels planimétrique et altimétrique considérés sont les suivants :

- Planimétrie : RGF93 CC 48 (EPSG 3948) ;
- Altitude : NGF / IGN69.

Le système métrique ou système international d'unités (SI) est le système de référence pour le projet.

4.1.3. Données à disposition

Pour des raisons pratiques, le dossier de consultation des entreprises ne contient pas forcément l'intégralité des pièces disponibles. Le cas échéant le candidat fera la demande pour la mise à disposition des pièces supplémentaires qu'il juge nécessaire à son offre.

Dans le cas contraire, il est considéré que le candidat dispose des éléments suffisants à la réalisation de son offre, il ne pourra en aucun cas se prévaloir d'un manquement dans la définition des prestations à réaliser (quantité, nature, modalité et consistance, aléa, travaux préalables nécessaires).

4.2. PROGRAMME D'EXÉCUTION DES TRAVAUX

Le programme d'exécution des travaux, établi et fourni par le titulaire en phase de préparation, comprend :

- Le planning des travaux ;
- La liste des documents d'organisation (PAQ, PRE, PPSPS, ...) et des documents d'exécution (études, procédures/méthodes, ...) ;
- Le projet des installations de chantier ;
- Le projet des ouvrages provisoires.

Le programme d'exécution est à soumettre au VISA du maître d'œuvre. Toutefois le maître d'œuvre se réserve le droit de demander ultérieurement la fourniture de documents complémentaires (plans de détails d'exécution, notes de calculs, ...) notamment pour une meilleure compréhension des fonctions des ouvrages, du comportement des ouvrages ou des méthodes de réalisation.

En phase d'exécution, les plannings généraux doivent être mis à jour à intervalle régulier (mise à jour mensuelle) et compléter par des plannings à 2-4 semaines transmis chaque semaine.

4.3. PLAN D'ASSURANCE QUALITÉ (PAQ)

Sauf dispositions contraires, le Plan d'Assurance Qualité sera conforme aux dispositions des Fascicules 64, 65, 67 III et 68.

4.3.1. Consistance générale du PAQ

Le Plan Qualité (PAQ) présente, de manière détaillée, les dispositions de moyens et d'organisation prévues par le titulaire, et qu'il s'engage de mettre en œuvre, pour garantir l'obtention des exigences spécifiées pour les travaux lui incombant.

Le PAQ est établi spécifiquement pour l'opération objet du marché. Il peut intégrer des dispositions préexistantes dans le système de management de la qualité du titulaire, tout en leur apportant les modifications et compléments nécessaires pour répondre aux spécificités de l'opération.

Le PAQ traite des points suivants :

- De l'affectation des tâches et moyens en personnel ;
- Des matériels et des fournitures ;

- Des méthodes et points sensibles de l'exécution (points critiques et points d'arrêt) ;
- Des contrôles internes/externes.

Le PAQ comprend :

- Des éléments d'organisation et notamment de l'articulation entre les PAQ des cotraitants et sous-traitants ;
- Les procédures d'exécution ;
- Les cadres de documents de suivi d'exécution (fiche de contrôle, fiche de non-conformité, ...).

Le PAQ établi par le titulaire en phase de préparation est soumis au visa du Maître d'œuvre. Les mises à jour du PAQ du titulaire au cours des travaux sont soumises à visa du Maître d'œuvre et portent notamment sur :

- Les adaptations des éléments du PAQ requises par les évolutions du chantier ;
- Les adaptations dues à des non-conformités constatées, afin d'éviter leur renouvellement.

4.3.2. Organisation

Les éléments d'organisation doivent notamment présenter :

- Les intervenants : titulaire, sous-traitants, fournisseurs principaux, et les prestataires en charge des opérations de contrôle intérieur s'il y a lieu, ainsi que les modalités de gestion de leurs interfaces ;
- L'organigramme de l'encadrement du chantier (responsable du chantier, responsable des études, ...) ;
- L'organisation et l'affectation des principales tâches ;
- Les principaux moyens, matériels et approvisionnements affectés aux différentes tâches ;
- La liste des études et procédures d'exécution, nécessaires à la réalisation des ouvrages provisoires et définitifs ;
- Les modalités d'organisation du contrôle.

4.3.3. Procédures d'exécution

Le titulaire fournit les procédures d'exécution dont :

- Les procédures d'études décrivant, pour chacune :
 - La partie des travaux objet de la procédure ;
 - Les modalités de validation des études ;
 - Les modalités de maîtrise des modifications des études.
- Les procédures de travaux, par partie d'ouvrage ou par nature de travaux, décrivant, pour chaque procédure :
 - La partie des travaux objet de la procédure ;
 - Les documents de référence ;
 - Les moyens humains et matériels affectés ;
 - Les matériaux, produits et composants dont :
 - Les conditions d'identifications des lots ;
 - Les conditions de stockages ;
 - Les méthodes et modes opératoires de mise en œuvre des travaux pour assurer le respect final des exigences ;

- Les modalités de contrôle ;
- Les interactions avec d'autres procédures et les conditions préalables requises pour l'exécution (PC, PA, ...).

4.3.4. Contrôles

4.3.4.1. Définitions

Contrôle intérieur : Les opérations de contrôle intérieur peuvent prendre l'une ou l'autre, ou les deux modalités suivantes, selon le contexte de l'opération :

- **Contrôle interne** (modalité de contrôle intérieur) : ensemble des opérations de surveillance, de vérification et d'essais exercés sous l'autorité du (ou des) responsable(s) de la fabrication ou de l'exécution, dans les conditions définies par le plan qualité ;
- **Contrôle externe** (modalité de contrôle intérieur) : ensemble des opérations de surveillance, de vérification et d'essais exercées sous l'autorité ou à la demande d'un responsable indépendant de la chaîne de production ou du chantier d'exécution, mandaté par le titulaire.

Contrôle extérieur : Ensemble des opérations de surveillance, de vérification et d'essais, que le maître d'œuvre exécute ou fait exécuter par un organisme indépendant du titulaire, pour le compte et à la charge du Maître d'ouvrage.

Fiche de contrôle : Document de suivi d'exécution qui constitue la trace de la réalité des contrôles effectués.

Fiche de non-conformité : Document de suivi d'exécution qui enregistre une non-conformité, ses causes, son traitement et les actions correctives ou corrections nécessaires.

Plan de contrôle : Document établi par le titulaire et validé par le maître d'œuvre, organisant, pour l'opération, la coordination et la complémentarité des opérations de contrôle intérieur des différents intervenants.

Point critique : Étape faisant l'objet d'une information préalable du maître d'œuvre, pour qu'il puisse, s'il le juge utile, y assister et en vérifier les conditions d'exécution.

Point d'arrêt : Étape au-delà de laquelle une activité ne peut se poursuivre sans un accord formel du maître d'œuvre, formalisé par un document d'enregistrement.

4.3.4.2. Plan de contrôle et Non-conformités

Le plan de contrôle est établi par le titulaire et soumis à validation du Maître d'œuvre. Le Maître d'œuvre peut ajouter les contrôles non prévus par l'entreprise qu'il juge nécessaire à la bonne réalisation des travaux sans que cela ne fasse l'objet d'une rémunération complémentaire de l'entreprise.

L'entreprise définit les différents contrôles et, pour chacun :

- La définition de la zone de contrôle ;
- La méthode de contrôle, de suivi ou d'essai ;
- Les exigences et critères d'acceptation ;
- La fréquence du contrôle, du suivi ou des essais.

Le traitement des non-conformités, et le suivi des actions curatives et correctives, selon le niveau de gravité de l'écart constaté est à préciser dans le PAQ du titulaire (Soumis à VISA du Maître d'œuvre).

4.3.4.3. Points d'arrêt – Points critiques

Les points critiques et d'arrêts des travaux prévus, dans le Plan d'Assurance de la Qualité relatif à l'exécution des ouvrages, donnent lieu à la production de documents attestant la réalisation des vérifications et des contrôles internes.

Ces points seront définis avec le Maître d'œuvre pendant la période de préparation du chantier.

Ils concerneront en particulier (listes non exhaustive) :

- Pour les travaux préparatoires :
 - La mise en place de la signalétique des accès ;
 - La mise en œuvre des installations de chantier dont la sécurisation des accès ;
 - Le piquetage des zones de travaux et des ouvrages/réseaux existants ;
 - La dépose et, le stockage, le transfert à VNF ou l'évacuation des équipements du site ;
- Travaux à l'aval de l'EVC :
 - Le décaissement et de la mise en stock provisoire des enrochements ;
 - La surface support ;
 - Les interfaces avec l'EVC et le chenal en maçonnerie (intermédiaire et aval) ;
 - La 1^{ère} couche d'enrochements avant bétonnage (sur lit de béton frais) ;
 - La 1^{ère} couche d'enrochements après bétonnage ;
 - La 2^{nde} couche d'enrochements avant bétonnage (sur lit de béton frais) ;
 - La 2^{nde} couche d'enrochements après bétonnage ;
 - L'altimétrie final ;
 - Le contrôle de l'étanchéité ;
- Travaux de génie civil autour de la galerie aval et divers :
 - Les opérations préalables (nettoyage, ...) aux installations d'équipement ;
 - La préparation des supports accueillant les dispositifs de batardage amovible avant installation des parties fixes ;
 - La mise en œuvre et l'étanchéité des dispositifs de batardage amovible ;
 - La mise en œuvre de l'abris pour les coffrets (fondation, construction/installation, ...) ;
 - La mise en œuvre des dispositifs de fermeture et d'accès à la chambre de pompage au droit de l'ancien caillebottis y compris prise en compte des réservations nécessaires ;
 - La mise en œuvre de l'échelle d'accès sécurisée pour descendre dans le regard de pompage ;
 - Les travaux de sécurisation de l'échelle d'accès au regard R0 ;
 - La mise en œuvre de la clôture rigide, y compris portail d'accès verrouillable autour des dispositifs ;
- Travaux concernant les dispositifs de mesure de MES et concernant les dispositifs de pompage :
 - Le coffrage de la dalle béton en surface ;
 - Le ferrailage de la dalle béton en surface ;
 - Les interfaces de l'élargissement de la dalle béton en surface avec la dalle existante ;
 - L'altimétrie finale de la dalle béton ;
 - Les opérations préalables (nettoyage, ...) à l'installation des équipements ;
 - Installation des équipements (pompes, capteurs, raccordements électriques, ...) ;
 - Raccordements des conduits ;
 - Mise en œuvre des bacs de décantation ;
 - Les opérations préalables (nettoyage, ...) à la mise en service des équipements ;
 - La mise en service des nouveaux dispositifs de pompage : Fonctionnement des équipements sous différentes configurations ;
 - La mise en œuvre de l'abri / des abris pour les bacs (fondation, construction/installation, ...) ;
- Pour la Remise en état :

- Le nettoyage et l'enlèvement de tout débit, déchet, ...
- Le repli de toute les IC.

Pour les points d'arrêts, la poursuite des travaux ne peut être engagée sans l'accord du Maître d'œuvre. Tout retard de réponse du Maître d'œuvre dans la levée d'un point d'arrêt provoque une prolongation équivalente du délai d'exécution, sous réserve du respect d'un délai de prévenance minimale de 48h.

Le plan de contrôle sera mis à jour par l'Entrepreneur pendant la période de préparation des travaux est soumis au visa du Maître d'œuvre. Ce document figurant dans le PAQ sera à mettre à jour sur toute la durée du chantier et permettra un suivi rapproché de l'évolution de l'état de l'ensemble des points critiques et d'arrêt.

4.4. PLAN DE RESPECT DE L'ENVIRONNEMENT (PRE)

Le titulaire a valeur d'établir une Plan de Respect de l'Environnement (PRE) conformément aux spécifications relatives à l'environnement fournies dans les documents du Contrat.

Ce PRE devra à minima être conformes aux dispositions des Fascicules 64, 65, 67 III et 68.

4.5. PLAN PARTICULIER DE SÉCURITÉ ET DE PROTECTION DE LA SANTÉ (PPSPS)

Le titulaire a valeur d'établir un Plan Particulier de Sécurité et de Protection de la Santé (PPSPS).

Le PPSPS tient compte des mesures et dispositions fixées par le code du travail en matière de sécurité et de protection de la santé font l'objet des plans qui y sont énoncés, notamment en application du chapitre II du titre III du livre V de la partie 4 de ce code, ainsi que des dispositions de prévention des risques dus à l'amiante.

Il est attiré l'attention des entreprises sur le fait qu'une partie des travaux est à réaliser en milieu confiné.

4.6. IMPLANTATION - PIQUETAGE – RÉSEAUX – SUIVI TOPOGRAPHIQUE

4.6.1. Implantation générale en début de chantier

Préalablement aux travaux, le titulaire aura à sa charge :

- La réalisation d'une campagne topographique complémentaire s'il le juge nécessaire ;
- La mise en place d'une polygonale de référence.

L'implantation générale des ouvrages est fournie au sein des plans DCE. Les plans sont orientés et précisent la position des ouvrages, en planimétrie et en altimétrie.

Le piquetage est intégralement à la charge du titulaire. Le titulaire est tenu de veiller à la conservation des piquets et de les rétablir ou de les remplacer en cas de besoin.

4.6.2. Implantation des réseaux et des ouvrages souterrains

Il n'est pas identifié de réseaux enterrés non visible dans l'emprise des travaux à l'exception des conduites enterrées partant de R0-R1.

4.6.3. Suivi topographique

L'entreprise assurera tout au long du chantier le suivi topographique des travaux :

- Contrôle altimétrique des fonds de fouilles ;
- Contrôle altimétrique des épaisseurs de couche ;
- Contrôle altimétrique des surfaces finies ;
- ...

Il fournira à l'issue des travaux, les plans de récolements des travaux réalisés.

Le suivi topographique et les implantations pourront être vérifiés par le Maître d'œuvre, assisté par le Géomètre de l'Entreprise. Le Maître d'œuvre est le seul juge de la fréquence de ces contrôles.

L'Entreprise prendra toutes les dispositions nécessaires pour dégager le champ de travail des instruments de mesure lors de ces contrôles. Elle supportera tous les frais qui seront les conséquences de ces opérations et notamment, s'il y a lieu, ceux qui résulteront de l'arrêt complet du chantier. Les résultats des contrôles effectués par le Maître d'œuvre sont portés à la connaissance de l'Entreprise. Ces résultats n'engagent en aucune façon la responsabilité du Maître d'œuvre, l'implantation restant de la responsabilité de l'Entreprise qui soumettra au visa du Maître d'œuvre le plan détaillé du piquetage pendant la période de préparation du chantier.

4.7. ETUDES D'EXÉCUTION (EXE)

Sauf dispositions contraires, les études d'EXE seront conformes aux dispositions des Fascicules 64, 65, 67 III et 68.

4.7.1. Avant-propos

La vérification de la conformité de l'ouvrage aux plans d'origine et autres plans joints au dossier de consultation des entreprises (DCE) relève de la responsabilité de l'Entreprise qui doit prendre en compte l'ouvrage tel qu'existant actuellement, pour l'établissement de ses plans d'exécution.

A cet effet s'il le juge nécessaire, le titulaire fait sur place tous les relevés complémentaires et demeure responsable des conséquences de toute erreur de mesure. Il doit, suivant le cas, établir, vérifier ou compléter les calculs de stabilité et de résistance.

S'il reconnaît une erreur dans les documents particuliers du marché fournis, il doit le signaler immédiatement au Maître d'œuvre.

4.7.2. Objectifs

Les études d'exécution ont pour but d'établir les documents nécessaires à la réalisation des ouvrages provisoires et définitifs, et qui sont fournis par le titulaire. Elles sont basées sur les plans joints au dossier, sans dénaturer l'architecture du projet. Le Titulaire devra notamment vérifier le prédimensionnement réalisé par le Maître d'œuvre de l'ensemble des ouvrages provisoires et, des ouvrages définitifs listés ci-dessous. Il pourra l'optimiser sous réserve de visa du Maître d'œuvre :

- Dalle béton en surface ;
- Les dispositifs de pompage (en considérant les débits de dimensionnement, à savoir pour chaque dispositif entre 2 L/s et 60 L/s) :
 - Pompes ;
 - Conduite et raccordements.

Dans ses choix de construction et d'équipements, l'Entreprise doit avoir en permanence la volonté de faciliter les opérations futures de contrôle et de maintenance de la partie d'ouvrage concernée et de les justifier dans ses notes ou propositions.

4.7.3. VISA du Maître d'œuvre

Avant d'exécuter les travaux, le titulaire du marché devra soumettre au visa du Maître d'œuvre l'ensemble des études d'exécution et mesures de détail qu'il compte adopter pour l'exécution des ouvrages. L'exécution des travaux ne pourra démarrer qu'après validation des documents par le Maître d'œuvre.

La délivrance ne dégage pas le titulaire de sa propre responsabilité.

4.7.4. Modalités diverses

Dans les pièces soumises au visa du Maître d'œuvre, le titulaire du marché mettra en évidence tout écart éventuel par rapport :

- Au marché et à ses pièces pour la première diffusion ;
- A la version précédente pour les révisions.

Toutes modifications approuvées par le Maître d'œuvre pendant la construction ou les essais sur des dispositions déjà approuvées devront être étendues à tous les travaux ou équipements du même type.

Les documents doivent être lisibles et comporter titre, numéro, indice, date, signature, nom du signataire, modifications, le tout en français dans le système international d'unité. Les plans d'exécution sont cotés et doivent nettement distinguer les diverses natures d'ouvrages et les qualités de matériaux à mettre en œuvre.

Le représentant du Bureau d'Etudes de l'Entreprise est tenu de participer aux réunions de chantier lorsque sa présence sera requise par le Maître d'œuvre ou le Maître d'ouvrage.

4.7.5. Liste des études d'exécution attendues

Les documents relatifs aux études d'exécution comprennent au minimum :

- Une note d'hypothèses générales définissant les données d'entrée des études d'exécution fournies par le Maître d'ouvrage (étude de sols, ...) ou proposées par le titulaire ;
- Des notes techniques justifiant le dimensionnement des ouvrages, ou parties d'ouvrages, tel que repris dans les plans d'exécution ;
- Des plans d'exécution d'ensemble et de détails, définissant de manière précise et complète, les formes et la constitution des ouvrages à réaliser.

Il est notamment attendu les éléments suivants (liste non exhaustive) :

- L'ensemble des fiches techniques des produits / matériels prévus ainsi que leur notice de fonctionnement/installations le cas échéant ;
- Les Plans d'Installations de Chantier (PIC) ;
- Procédure et plans de gestion des eaux (y compris celle de la galerie aval) ;
- Les plans de phasage ;
- Travaux à l'aval de l'EVC :
 - La procédure de réalisation des enrochements liaisonnés ;
 - La procédure de reprises des maçonneries ;
 - La procédure de contrôle de l'étanchéité ;
- Travaux autour de la galerie aval :
 - Les procédures de mise en œuvre des dispositifs de batardage amovible ;
 - Les notes de dimensionnement de l'abris pour coffret électrique ;
 - Les plans de l'abris ;
 - Les procédures de réalisation de l'abris ;
 - La procédure de réalisation des dispositifs de fermeture et d'accès à la chambre de pompage ;
 - La procédure de mise en œuvre de l'échelle d'accès sécurisée pour descendre dans le regard de pompage et du garde-corps ;
 - La procédure de sécurisation de l'échelle d'accès au regard R0 ;
- Travaux concernant les dispositifs de mesure de MES :
 - La note de dimensionnement de la dalle en surface ;
 - Les plans de la dalle (coffrage, ferrailage, détail des interfaces) ;
 - La procédure de réalisation de la dalle ;
 - Les notes de dimensionnement de l'abris pour bac de décantation ;
 - Les plans de l'abris ;
 - Les procédures de réalisation de l'abris ;
 - La note de dimensionnement des conduites de rejet des dispositifs de mesure de MES (gravitaire) ;
 - Les plans des dispositifs de mesure de MES, conduites de rejet et raccordements ;
 - Les procédures de mise en œuvre des équipements (bacs de décantation, conduites, ...) ;
 - Les procédures de mise en service des équipements (bacs de décantation, ...).
- Travaux concernant les dispositifs de pompage :
 - La note de dimensionnement des dispositifs de pompage ;
 - Les plans des dispositifs de pompes, conduites et raccordements ;
 - Les procédures de mise en œuvre des équipements (pompes, capteurs, automates, ...) ;
 - Le grafctet de fonctionnement de l'automate du dispositif de pompage ;
 - Les procédures de mise en service des équipements (pompes, capteurs, automates, ...).

4.8. PLAN D'INSTALLATIONS DE CHANTIER (PIC) ET MOYENS MATÉRIELS

4.8.1. Généralités

Sauf dispositions contraires, les études d'EXE seront conformes aux dispositions des Fascicules 64, 65, 67 III et 68.

Le projet des installations de chantier à réaliser par l'Entrepreneur doit comporter la description, avec leurs caractéristiques et leurs phasages, des moyens et matériels principaux nécessaires à la bonne exécution des travaux, qu'ils soient positionnés à l'extérieur ou à l'intérieur de l'ouvrage à réaliser.

Le PIC précise, en tant que de besoin :

- Les dispositions envisagées pour l'implantation, l'édification et l'aménagement des ateliers, magasins et aires de stockage des matériels et matériaux, laboratoires s'il y a lieu, et leurs raccordements aux différents réseaux ;
- Les chemins de service, voies d'accès et aires de circulation de toute nature à l'intérieur du chantier, ainsi que les aires d'évolution des engins de manutention et les aires couvertes par les grues fixes ou installées sur rails, et l'implantation des moyens de fabrication des éléments préfabriqués sur le chantier ;
- Les parcs de stationnement des véhicules et des livraisons ainsi que des engins, et les dispositifs envisagés pour protéger l'environnement lors des opérations d'entretien ou en cas de fuites accidentelles ;
- Les installations particulières (montage ou fabrication d'éléments, gestion des déchets, etc.) ;
- Les conditions d'accès au chantier et au sein du chantier, de stockage et de manutention des matériaux, composants, éléments préfabriqués et autres produits ;
- Les dispositions concernant la clôture, l'éclairage des installations ainsi que la signalisation du chantier.

Le PIC prend en compte les exigences en matière de respect de l'environnement, ainsi que celles en matière d'hygiène et sécurité.

Les installations de chantier doivent être décrites pour chacune des zones et en fonction du phasage envisagé par l'Entreprise.

Les prestations à la charge de l'entrepreneur comprennent notamment :

- Les travaux nécessaires à la libération des emprises de ses interventions (y compris stockage provisoire et remontage des équipements si besoin) ;
- L'aménagement et l'entretien d'aires de stockage nécessaires à l'exécution des travaux et pour les matériaux, engins, équipements et outillages approvisionnés sur site ;
- L'aménagement, l'entretien et le nettoyage de l'ensemble des pistes d'accès du chantier (y compris les voies publiques) et remise en état final après réalisation des travaux ;
- L'installation éventuelle de sanitaires au droit des zones d'intervention si jugées trop éloignées de la base vie ;
- La fourniture d'eau et d'énergie au droit des zones de travaux (soit à l'aide de branchements, soit à l'aide de dispositif autonome type citerne et groupe électrogène) ;
- L'amenée, l'installation, les déplacements et le repliement à la fin des travaux de tous les équipements, engins et moyens matériels (levages, manutention, ...) nécessaires à la bonne exécution des travaux ;
- La clôture et la sécurisation des zones de travaux.

4.8.2. Points d'attention des installations de chantier

Le chantier est situé sur un site en exploitation et dans une zone touristique.

L'entreprise prendra toutes les dispositions nécessaires pour se coordonner avec l'exploitant (VNF) et pour mettre en sécurité les zones de travaux tout en laissant les chemins touristiques libres (sauf opérations ponctuelles).

4.9. DOCUMENTS FOURNIS APRÈS EXÉCUTION

4.9.1. Dossier des Ouvrages Exécutés (DOE) – Plans de récolement

Sauf dispositions contraires, les études d'EXE seront conformes aux dispositions des Fascicules 64, 65, 67 III et 68.

L'Entrepreneur devra fournir, à la demande de réception des travaux, un dossier informatique complet des plans finaux (PDF et .DWG), fiches techniques, notes de calculs, procédures, contrôles, fiches de non-conformité, ... tels que réalisés.

Le dossier DOE sera composé, à minima, des pièces suivantes :

- Le programme et le calendrier réel d'exécution des travaux ;
- Résultats des campagnes topographiques (initiale, en cours de travaux, à l'issue des travaux), campagnes de sondage des réseaux existants et campagnes géotechniques complémentaires ;
- Vues en plan, coupes, profils en long des ouvrages exécutés ;
- Vues en plan, coupes, profils en long des réseaux déplacés ou modifiés ;
- Plans d'exécution et notes de calcul des ouvrages réalisés ;
- Plans des équipements électromécaniques et notes de calculs ou de dimensionnements visées ;
- Modifications mineures (visées par le Maître d'œuvre) qu'auraient imposées les mises au point effectuées pendant la construction ;
- Le dossier de fin d'exécution relatif au management de la qualité et notamment :
 - Les procédures d'exécution à jour ;
 - L'organigramme du prestataire pour la réalisation de la prestation avec mention des fonctions et responsabilités du personnel
 - Les fiches agrément des matériaux et équipements ;
 - Le plan de contrôle intérieur réalisé et les fiches de contrôle associées ;
 - Les comptes rendus d'essais (en laboratoires et in situ), d'épreuves de convenance et assimilés ;
 - Les fiches de non-conformité ;
- Le dossier de fin d'exécution relatif au respect de l'environnement et notamment :
 - Les procédures environnementales à jour ;
 - Le programme de contrôle réalisé en matière environnementale et les fiches de contrôles associées ;
 - Les fiches de non-conformité en matière environnementale ;
 - Toutes les informations sur la gestion des déchets (bordereaux de suivi des déchets, tableaux de suivi, ...) ;
- Constat d'huissier avant et après travaux ;
- Notices et fiches techniques des différents équipements installés ;
- Les instruments et leurs détails d'installation, les enregistrements et les relevés d'étalonnage ;
- Liste des pièces de rechange et coordonnées des fournisseurs.

4.9.2. Dossier d'Intervention Ulérieur sur Ouvrage (DIUO)

Le Titulaire devra intégrer dans ses études d'exécution la prise en compte des opérations ultérieures de maintenance sur l'ouvrage réalisé.

Dans le but de fournir au Coordinateur en matière de Sécurité et de Protection de la Santé les informations nécessaires à la réalisation du Dossier d'Intervention Ulérieur sur l'Ouvrage (DIUO), le Titulaire préparera un dossier de méthode pour la pose, la dépose et la maintenance des équipements installés dans le cadre des travaux.

Le dossier sera constitué notamment :

- Des croquis et épures de cinématique de déplacement des organes ;
- De la liste des matériels utilisés ;
- D'un reportage photographique.

4.10. NETTOYAGES DU CHANTIER ET REMISE EN ÉTAT

4.10.1. Nettoyage du chantier en cours d'exécution

Pendant toute la durée des travaux, le chantier devra être tenu en état de propreté correct, y compris les voiries d'accès.

Les matériaux non réutilisés ou non gérés directement sur le chantier et les déchets devront être enlevés du chantier au fur et à mesure et évacués (hors déblais de matériau du site potentiellement contaminés qui doivent être gérés sur place).

L'Entreprise devra prendre les dispositions qui s'imposent en fonction des conditions du chantier, pour éviter que les roues des engins et véhicules entraînent des résidus sur les voiries.

4.10.2. Nettoyage du chantier en fin d'exécution

En fin de chantier, le titulaire effectue le nettoyage de l'ensemble de l'ouvrage. Il assure en particulier le dégagement des espaces.

Il convient en particulier :

- D'éliminer les divers détritiques, salissures, aussi bien extérieurement qu'intérieurement ;
- De dégager le matériel, engins, ayant été utilisé au cours des travaux.

4.10.3. Remise en état

Après achèvement des travaux, l'Entreprise est tenue de procéder à ses frais au dégagement, au nettoyage et à la remise en état des emplacements mis à sa disposition et des voiries empruntées par les engins de chantier et qui ont, du fait des travaux, subi des dégradations.

Cette remise en état se fait sur la foi de l'état des lieux contradictoire dressé en début de chantier, par constat d'huissier, à la charge de l'Entreprise.

5. PRODUITS ET FOURNITURES

5.1. GÉNÉRALITÉS

5.1.1. Approbation des matériaux et équipements mis en œuvre

Avant toute acquisition, l'Entreprise soumet au Maître d'œuvre, pour approbation, les noms des firmes qui construiraient ou élaboreraient des fournitures qu'il se propose d'acquérir pour faire partie des Travaux ou y être incorporées. Il soumet aussi les informations sur les caractéristiques, capacités, propriétés, rendements, tailles de ces fournitures, et toute autre information que peut demander le Maître d'ouvrage.

5.1.2. Provenance

Le titulaire a le choix de la provenance des matériaux, produits ou composants de construction, sous réserve de pouvoir justifier que ceux-ci satisfont aux conditions fixées par le marché.

Le titulaire est tenu de mettre à la disposition du Maître d'œuvre les documents qui assurent la traçabilité des produits et matériaux mis en œuvre.

5.1.3. Qualité

Les matériaux, produits et composants de construction doivent être conformes aux stipulations du marché et présenter les caractéristiques spécifiées, notamment les catégories, classes et niveaux de performances spécifiés par référence aux normes.

Les normes visées par le marché sont celles dont la date de prise d'effet est antérieure de trois mois à la date de lancement de la consultation des entreprises, sauf pour celles dont l'application immédiate est rendue obligatoire par la réglementation française. En cas de modification des normes avant la date de commande des fournitures ou la date d'exécution des prestations, le titulaire en informera le Maître d'œuvre afin qu'ils statuent conjointement sur le besoin de prise en compte des modifications apportées par la norme.

Dans le cas où le marché se réfère à des normes françaises non issues de normes européennes, des matériaux ou produits dont les caractéristiques sont établies par référence à des normes en vigueur dans d'autres Etats parties à l'Accord sur les marchés publics de l'Organisation mondiale du commerce peuvent être admis si ces caractéristiques sont reconnues comme équivalentes à celles spécifiées. Toute demande formulée par le titulaire et demandant de faire reconnaître une telle équivalence doit être présentée au Maître d'œuvre avec tous les documents justificatifs rédigés en français ou être accompagnés de leur traduction en français s'il s'agit de documents originaux établis dans une autre langue.

Le titulaire ne peut utiliser des matériaux, produits ou composants de construction d'une qualité différente de celle qui est fixée par le marché que si le Maître d'œuvre l'y autorise.

Si le marché énumère les supports de données et autres fournitures qui sont nécessaires au bon fonctionnement de matériels, ces supports et fournitures sont conformes aux normes homologuées en vigueur ou à d'autres normes applicables en France en vertu d'accords internationaux.

A défaut de telles normes ou s'il a obtenu les dérogations nécessaires pour des motifs spécifiques aux équipements, le titulaire fournit, sur demande du Maître d'ouvrage ou du Maître d'œuvre, les spécifications techniques nécessaires à l'utilisation de ces fournitures.

5.1.4. Vérifications

La conformité des matériaux, produits et composants de construction aux spécifications du marché peut être établie :

- Par une attestation délivrée par un organisme établi dans l'Espace économique européen et accrédité selon les normes NF EN ISO/CEI 17025 et NF EN ISO/CEI 17065 par le Comité français d'accréditation (COFRAC) ou tout autre organisme d'accréditation signataire de l'accord européen multilatéral pertinent pris dans le cadre de European cooperation for Accreditation (EA), coordination européenne des organismes d'accréditation ;
- Par les essais et épreuves que définit le marché, notamment par référence aux normes, tant en ce qui concerne la nature des essais que leur fréquence et les résultats exigés.

Si le marché fait référence à des marques de qualité particulières comme valant preuve de conformité, des attestations délivrées par d'autres organismes peuvent également être admises comme preuve de conformité si elles sont reconnues équivalentes.

Le titulaire entrepose les matériaux, produits et composants de construction de manière à faciliter les vérifications prévues. Il prend toutes mesures utiles pour que les matériaux, produits et composants puissent être facilement distingués, selon qu'ils sont en attente de vérification ou acceptés ou refusés. Les matériaux, produits et composants refusés doivent être enlevés rapidement du chantier.

Les vérifications sont faites par défaut par le Maître d'œuvre sur chantier sauf indications stipulées dans les documents du marché (dans les usines, dans les magasins, dans les carrières du titulaire, ...).

Le titulaire met à la disposition du personnel préposé aux essais (Maître d'œuvre ou autre) le matériel nécessaire à leur réalisation.

Le titulaire adresse au Maître d'œuvre les certificats constatant les résultats des vérifications faites. Au vu de ces certificats, le Maître d'œuvre décide si les matériaux, produits ou composants de construction peuvent ou non être utilisés.

Le titulaire est tenu de fournir à ses frais tous les échantillons nécessaires pour les vérifications.

Si les résultats de vérifications prévues dans le marché ou par les normes pour une fourniture de matériaux, produits ou composants de construction ne permettent pas l'acceptation de cette fourniture, le Maître d'œuvre peut prescrire, en accord avec le titulaire, des vérifications supplémentaires pour permettre d'accepter éventuellement tout ou partie de la fourniture. Les dépenses correspondant à ces dernières vérifications sont à la charge du titulaire.

Les vérifications effectuées par un laboratoire ou organisme de contrôle sont faites à la diligence et à la charge du titulaire. Sont également à la charge du titulaire tous les essais et épreuves complémentaires et jugés nécessaires par le Maître d'œuvre, y compris s'ils ne sont pas précisés aux spécifications.

5.2. REMBLAI

5.2.1. Provenance des matériaux

Les matériaux de remblai proviendront :

- Soit de l'excavation du terrain naturel, si les spécifications techniques sont observées ;
- Soit d'apports extérieurs agréés par le Maître d'œuvre, pour les matériaux de la couche de forme drainante et les matériaux et de type grave.

Ces matériaux auront une granulométrie satisfaisante et conforme aux spécifications de la présente section.

Tous les matériaux mentionnés ci-après devront être soumis à l'approbation du Maître d'œuvre avant d'être utilisés.

5.2.2. Qualité des matériaux

Les matériaux rempliront les conditions suivantes :

5.2.2.1. Sols en place

L'Entreprise est entièrement responsable de l'usage fait des données existantes concernant les sols et devra par conséquent les vérifier ou les compléter le cas échéant avant tout commencement de travaux. Il réalisera le cas échéant une nouvelle campagne géotechnique ou des essais adaptés aux types de fondations définis en son Marché.

5.2.2.2. Couche de forme

Le matériau tout-venant proviendra des excavations réalisées sur le site ou d'apport extérieur. Il aura préalablement été mis en dépôt provisoires et sera réutilisé en remblai compacté.

L'Entrepreneur fournit la classification des matériaux mis en œuvre selon les dispositions de la norme NFP11-300. Les matériaux mis en œuvre sont du type D (sols et roches insensibles à l'eau).

Les mises en remblai non-revêtues d'ouvrage seront terminées par une couche de tout-venant d'apport agréé ou de terre végétale, d'épaisseur minimum 20 cm.

Les matériaux de couche de forme seront :

- Des matériaux élaborés à partir d'une roche massive ou alluvionnaire ; résistante et dense
 - Masse volumique apparente : $> 2.4 \text{ t/m}^3$;
 - Résistance à l'abrasion : $LA < 40$;
 - Résistance à la compression : $R_c > 60 \text{ MPa}$;
- Caractéristiques physiques :
 - Provenance : Matériaux de carrière élaborés, type 0/80 mm ;
 - Non sensible à l'eau : $VBS < 0.1$;
 - Classification GTR : R21 / R61 assimilé à un matériau granulaire D31 ;
 - Granulométrie ;
 - Continue ;
 - Tamisât à 80mm $< 12 \%$;
 - $D_{\text{max}} < 80 \text{ mm}$.

5.3. ENROCHEMENTS

5.3.1. Généralités

Le cas échéant (complément), les matériaux pourront provenir de :

- De carrières agréées par le Maître d'Œuvre. Dans ce cas, le Maître d'Œuvre se réserve la possibilité par une visite sur le site de la carrière d'exiger l'approvisionnement à partir de bancs offrant la meilleure garantie ;
- Du concassage et/ou criblage des enrochements décaissés. Dans ce cas, les enrochements devront satisfaire les mêmes exigences techniques que les enrochements de carrière. Les essais de contrôle qualité seront à la charge de l'Entrepreneur.

5.3.2. Caractéristiques générales des enrochements

Les enrochements devront avoir les caractéristiques suivantes :

- Les enrochements devront être de roche saine non fracturée, non gélive ; leur résistance mécanique doit permettre d'éviter la fragmentation lors du transport, des opérations de stockage et de reprise, de la mise en place et des déplacements sous l'effet des courants ;
- Les blocs seront propres sans inclusion de terre ou de matière organique ;
- Les blocs ne devront pas s'altérer à l'eau, à l'air ou au gel :
 - Absorption d'eau : < 0,5% ;
 - Gel/dégel (% de perte) : < 1% ;
- Le poids spécifique des blocs sera supérieur à 2.6 t/m³ ;
- La résistance à l'abrasion devra correspondre à un coefficient Micro Deval inférieur à 20 (norme EN 13383-1) ;
- La résistance aux chocs (essai Los Angeles) devra être inférieur à 25 ;
- L'élancement sera inférieur à $LT < 2.5$;
- Les enrochements seront à angle marqué.

5.3.3. Blocométrie

Tableau 2 – Blocométrie des types d'enrochements

Paramètres	Valeurs
Dmin	0.15 m
D50	0.2 m
Dmax	0.4 m
P10	5 kg
P50	10 kg
P90	90 kg

5.3.4. Contrôle qualité

Les essais de contrôle systématiques sont réalisés au frais de l'Entreprise dans un laboratoire proposé par lui et agréé par le Maître d'Œuvre. Ces contrôles peuvent être intégrés pour partie dans la démarche qualité et les contrôles internes du carrier, après avis du Maître d'Œuvre.

Tableau 3 – Contrôle qualité

	Type 1	Type 2	Type 3
Poids volumique des enrochements	1 contrôle minimum par 500 t		
Blocométrie des enrochements	1 contrôle minimum par 500 t		
Abrasion Los Angeles	1 contrôle minimum par 500 t		
Essai Micro Deval	1 contrôle minimum par 500 t		

Le contrôle de blocométrie sera à chaque fois réalisé sur un échantillon minimum de 20 fois le P50 pour les contrôles pondéraux, avec P50 calculé comme suit :

$$P_{50} = (D_{50})^3 * \gamma * \frac{\pi}{6}$$

Où D_{50} est le diamètre en maille circulaire du passant à 50% des spécifications granulométriques exprimé en décimètre, γ est le poids volumique en kg/m³.

5.4. MASTIC D'ÉTANCHÉITÉ

Le mastic d'étanchéité doit permettre la réalisation de l'étanchéité à l'interface EVC béton / enrochements percolés.

Il doit être durable et résistant :

- Etanche à l'eau et à l'air ;
- Résistant aux intempéries (température de service entre -25°C et +70 °C) ;
- Résistant au vieillissement et aux U.V.

Il pourra être associé à un fond de joint (type mousse de polyéthylène) si besoin.

5.5. MORTIER DE REJOINTOIEMENT

Dans la mesure du possible, il convient de privilégier l'utilisation de mortiers prêts à l'emploi tels que définis dans les normes NF P95-107, NF EN 998-2 et NF EN 1504-3.

Le mortier doit respecter les prescriptions du fabricant et doit être compatible avec l'environnement de l'ouvrage (extérieur, gel, sollicitation cyclique à l'eau douce, ...). Le mortier doit être compatible avec les épaisseurs de joints à regarnir.

Le mortier de rejointoiement sera un mortier à base de ciment Portland (CEM I ou CEM II), de sable siliceux lavé et d'eau propre et compatible avec son environnement. Le dosage minimal sera de 400 kg/m³ de ciment. Le mortier devra présenter une résistance à la compression ≥ 15 MPa à 28 jours, une faible absorption capillaire, et une bonne adhérence aux pierres naturelles.

Des adjuvants spécifiques (plastifiants, hydrofuges) pourront être ajoutés pour améliorer la maniabilité et la résistance à l'eau, sous réserve de compatibilité avec les matériaux en place.

5.6. BÉTON

5.6.1. Généralités

Le choix et le dosage des différents constituants doivent conférer aux bétons une compacité convenable pour leur mise en œuvre et pour leur permettre d'atteindre les performances requises.

Les constituants ne doivent pas contenir de substances nocives en quantités telles qu'elles puissent avoir un effet préjudiciable sur la durabilité du béton ou induire une corrosion des armatures, ils doivent être aptes à l'emploi pour l'utilisation envisagée du béton.

Seuls les constituants dont l'aptitude à l'emploi pour l'utilisation prescrite est établie doivent être utilisés dans les bétons conformes à l'EN 206-1.

Les bétons de la présente section devront être conformes aux textes normatifs qui leur sont applicables. Il sera préféré l'utilisation de béton prêt à l'emploi (BPE).

Dans tous les cas, les ciments ou les bétons fabriqués en usine pour un même ouvrage proviendront d'une même usine.

Dans le cas d'une fourniture ou d'une mise en œuvre de matériaux non conformes, le Maître d'Œuvre se réserve le droit d'imposer au Titulaire la réfection de tout ou partie d'ouvrage.

5.6.2. Performances requises des bétons

Deux types de béton seront employés :

- Un béton armé de classe C30/37 pour la dalle ;
- Un béton fibré pour les enrochements liaisonnés.

Les performances requises de ces bétons sont indiquées dans le tableau ci-dessous :

Tableau 4 - Performances requises des bétons

Classe d'exposition	Béton armé structurel	Béton de propreté	Béton Fibré
Classe d'exposition	XC4/XF3	XC1	XC4/XF3
Classe de résistance minimale	C30/37	C20/25	C30/37
Rapport e/c maximal	0.50	0.50	0.50
Dosage minimal en liant hydraulique	340 kg/m ³	250 kg/m ³	340 kg/m ³
Teneur minimale en air	4%	4%	4%
Autres exigences	Granulats selon l'EN 12620 présentant une résistance suffisante au gel/dégel		

5.6.3. Spécifications particulières relatives aux différents bétons

Le béton Fibré sera utilisé pour les enrochements liaisonnés.

Le béton armé sera utilisé pour la dalle.

Le béton de propreté sera systématiquement appliqué à l'interface de tout ouvrage en béton armé coulé sur une fouille. L'épaisseur moyenne finale du béton de propreté sera de 10 cm et ne sera jamais inférieure à 5 cm.

L'Entrepreneur pourvoira à la récupération et à l'élimination de toutes les venues d'eau, de manière que le béton de propreté ne risque pas d'être délavé.

5.6.4. Ciment

5.6.4.1. Qualité du ciment

Les ciments satisferont aux exigences des normes NF EN 206-1, NF EN 197-1 et NF P 15-317. Les ciments utilisés devront répondre aux classes définies par cette norme : CEM I, CEM II/A, CEM III/A, B et C, CEM V/A et B.

Pour tout autre type de ciment, l'Entreprise soumettra au visa du Maître d'Œuvre un dossier montrant qu'il n'y a aucun risque de dégradation du béton par l'environnement.

Des essais de conformité du ciment pourront être demandés par le Maître d'Œuvre, tels que :

- Temps de prise initial et final ;
- Surface spécifique ;
- Masse volumique ;
- Stabilité « Le Chatelier » ;
- Résistance à la compression et traction sur pâte de mortier pure.

Ces essais seront conduits dans un laboratoire agréé par le Maître d'Œuvre.

Dans tous les cas, l'Entreprise fournira une fiche technique précisant les caractéristiques du ciment (composition chimique en regardant notamment les quantités de $K_2O + Na_2O$ pour les problèmes d'alcali-réaction, et les essais classiques rappelés ci-dessus).

Le mélange de ciments de types différents n'est pas autorisé.

De manière générale, le ciment employé en superstructure est de teinte uniforme et constante ; la régularité de cette teinte est comparée avec un échantillon témoin, conservé au sec dans une éprouvette en verre.

5.6.4.2. Classe de résistance

La classe de résistance du ciment devra être conforme à la norme EN 197-1.

5.6.4.3. Livraison, emmagasinage et contrôle du ciment

Le ciment sera livré et stocké tel que défini dans les normes EN 197-1 et EN 206-1.

Le ciment approvisionné en sacs sera stocké dans un local sec, clos et couvert, les isolant du sol et des agents atmosphériques.

Tout ciment éventé ou ayant fait prise même partiellement ou ayant été rejeté en application des spécifications ne sera pas utilisé pour les ouvrages définitifs et sera enlevé des magasins, sans qu'il en résulte un retard pour l'alimentation du chantier.

5.6.5. Granulats

5.6.5.1. Qualité générale des granulats

Les granulats seront des matériaux alluvionnaires ou concassés, ou le mélange des deux provenant de roches insensibles au milieu environnant et non nocives pour les autres éléments du béton.

En particulier, la preuve devra être apportée que les granulats ne risquent pas de développer avec le ciment proposé par ailleurs de réaction du type alcali-silice ou alcali-carbonate communément connues sous le nom "Alcali-réaction". Les installations de concassage devront permettre la production de tous les granulats (graviers et sables) conformément aux spécifications y compris pour le sable fin. A cette fin, l'Entrepreneur devra joindre au dossier d'agrément :

- Soit le certificat d'agrément de la carrière justifiant que les granulats peuvent être considérés comme "potentiellement non réactifs" vis-à-vis des réactions alcali/silice et alcali/carbonate dolomitique,
- Soit un dossier complet permettant d'apporter la garantie au Maître d'Œuvre qu'il n'y a aucun risque pour les bétons mis en place sur l'aménagement.

Au minimum, ce dossier sera constitué, pour les sables et les graviers :

- Des résultats des essais sur les granulats effectués conformément aux normes :
 - P 18.557 "Analyse pétrographique au microscope polarisant"
 - P 18.584 « Réactivité potentielle de type alcali-silice »,
- Des résultats des essais de gonflement menés jusqu'à 1 an conformément aux normes :
 - P 18.585 « Stabilité dimensionnelle en milieu alcalin - Essai sur mortier ».
 - P 18.587 « Stabilité dimensionnelle en milieu alcalin - Essai sur béton ».

Si les résultats demandés au second point ne peuvent être disponibles avant le début des bétons, l'Entrepreneur devra fournir, dans l'attente de ces résultats, les résultats d'essais accélérés du type P 18.588 « Stabilité dimensionnelle en milieu alcalin - Essai accéléré sur mortier Microbar, ou tout autre essai effectué dans un laboratoire agréé par le Maître d'Œuvre et dont le caractère d'équivalence aura été accepté par celui-ci.

Les granulats satisferont aux exigences de la norme XP P 18-540.

La masse volumique des granulats sera supérieure à 2,4 t/m³.

5.6.5.2. Transport et emmagasinage des granulats

Les méthodes de transport et de stockage devront garantir une teneur en eau stable et uniforme et éviter la ségrégation.

Les différentes classes de granulats seront stockées, en lots séparés dans des silos ou sur une surface bétonnée, ou de toute autre manière garantissant un même niveau de propreté et la protection des granulats contre le rayonnement solaire. Le dispositif de stockage devra permettre un libre drainage des granulats.

Dans le cas où deux sables sont utilisés, le stockage des deux sables devra être réalisé séparément.

5.6.5.3. Essais à effectuer sur les granulats

Les essais effectués de façon périodique sur chaque classe de granulats et en fréquence correspondante sont :

- Analyse granulométrique ;
- Equivalent de sable.

Les autres essais spécifiés seront effectués par l'Entrepreneur au démarrage du chantier et, par la suite, toutes les fois que le Maître d'œuvre en reconnaît la nécessité et, en particulier, lors de changement éventuel de provenance des matériaux. En particulier, les essais relatifs au risque d'alcali-réaction seront obligatoirement effectués en cas de changement de provenance des granulats.

5.6.6. Eau de gâchage

L'eau de gâchage sera conforme à la norme NF P 18-303.

L'Entrepreneur fournira au minimum une fois, au démarrage du chantier, une analyse de l'eau utilisée et devra contrôler régulièrement la qualité de cette eau à la satisfaction du Maître d'œuvre.

Les réserves d'eau devront être protégées de l'insolation.

5.6.7. Adjuvants

L'Entrepreneur fournira pour approbation de tout adjuvant un dossier montrant la compatibilité de l'adjuvant avec les autres composants du béton, leur influence sur le dosage en eau à consistance égale, leur effet sur la consistance à dosage en eau égal, les temps de début et de fin de prise sur pâte pure, les résistances mécaniques du béton obtenu.

5.6.8. Produits de cure et de décoffrage

Les produits de cure et de décoffrage devront être conformes aux normes NF EN 14754-1. Ces produits seront soumis à l'approbation du Maître d'œuvre avant utilisation sur le chantier.

5.6.9. Bétons

5.6.9.1. Composition des bétons

Pour les différentes classes de béton, le dossier soumis au Maître d'Œuvre devra montrer que pour la consistance prévue, la composition proposée par l'Entrepreneur et les moyens du chantier produiront un béton satisfaisant les spécifications requises.

La composition des bétons proposés sera présentée sous forme pondérale.

Une étude particulière de bétons pompables sera réalisée, si l'Entrepreneur envisage une mise en œuvre à la pompe à béton sur des distances supérieures à 50 m.

5.6.9.2. Epreuve d'étude des bétons

L'épreuve d'étude des bétons a pour but de sélectionner la formulation optimale des bétons permettant de satisfaire tous les critères. Elles sont à la charge de l'entrepreneur.

5.6.9.3. Epreuve de convenance des bétons

L'épreuve de convenance des bétons a pour but de vérifier :

- Le béton fabriqué avec les matériaux et les matériels approvisionnés sur le chantier, en application de la formulation nominale définie lors des épreuves d'étude, satisfait l'ensemble des spécifications ;
- La composition du béton, compte tenu des moyens mis en œuvre envisagés, permet d'exécuter les ouvrages de manière satisfaisante ;
- Les caractéristiques du matériel sont conformes à celles soumises à l'approbation du Maître d'Œuvre.

Elles sont à la charge de l'entrepreneur.

5.6.9.4. Consistance du béton

La maniabilité du béton sera telle que le béton puisse être mis en place avec les moyens du chantier et serré de manière à envelopper les armatures et pièces noyées et remplir les coffrages sans vide ni ségrégation.

Pour chaque classe de béton, le contrôle de la maniabilité sera assuré par la mesure de la consistance à l'essai d'affaissement (NF P 18-451).

5.6.9.5. Fabrication des bétons

La fabrication du béton devra être permettre un contrôle minutieux de sa composition.

5.6.9.6. Température des bétons

L'Entrepreneur devra prendre toutes les précautions nécessaires pour la protection des composants du béton contre l'ensoleillement et prévoir toute solution pour respecter la limite maximale de température :

- Arrosage des granulats ;
- Refroidissement de l'eau de gâchage ;
- Adjonction de paillettes de glace dans les bétons au malaxage.

Ces moyens devront être opérationnels lors des essais de convenance.

5.6.9.7. Transport des bétons

Dans son mémoire d'exécution, l'Entrepreneur proposera au Maître d'Œuvre les moyens qu'il compte utiliser pour le transport du béton entre les lieux de fabrication et de mise en place, si ces lieux sont différents.

5.7. ARMATURES

5.7.1. Aciers

Les aciers pour armatures seront de classe aciers à haute adhérence $f_e = 500$ MPa.

Les aciers ronds lisses sont interdits.

5.7.2. Treillis soudés

Normes NF A 35-016 et 019-2.

Ces armatures doivent être homologuées. L'acceptation de celles-ci est subordonnée à la vérification de la conformité aux dessins d'exécution des ouvrages ayant été visés par le Maître d'Œuvre.

Ces treillis soudés sont approvisionnés en rouleaux standards de façon à réduire les recouvrements, si l'Entreprise dispose d'un atelier de redressage adéquat, conformément à l'article 61 du fascicule 65-A du CCTG.

Ces aciers ne sont utilisés uniquement que comme ferrailage d'ouvrages annexes et subordonnés à l'acceptation du Maître d'Œuvre.

5.7.3. Connecteurs

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

5.7.4. Cales d'armatures

Les cales pourront être métalliques, en béton ou mortier ou en matière plastique.

Les cales métalliques ne seront pas soumises au contact des coffrages.

Les cales en béton ou mortier seront de dimensions suffisantes pour assurer leur stabilité et être de qualité équivalente à celle du béton.

Les cales en matière plastique devront être telles qu'elles n'entraînent pas d'amoindrissement de la résistance mécanique et de la résistance au feu du béton armé.

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

5.7.5. Livraison des armatures

Lorsque les aciers pour béton armé seront livrés sur le chantier en barres, celles-ci devront être droites, sans polyures ni enroulements, sans souillures et autres blessures. Les barres accidentellement pliées seront refusées ; cependant, leurs parties demeurées droites après élimination des parties ployées pourront être acceptées si elles sont utilisables eu égard à leur longueur.

L'approvisionnement en couronnes des ronds d'un diamètre supérieur à 6 mm ne sera autorisé que si l'Entrepreneur dispose sur le chantier d'un outillage de redressement adéquat et que si le diamètre des couronnes est au moins égal à 200 fois le diamètre de ces ronds.

Lorsque les aciers seront livrés, façonnés et assemblés, ils seront transportés avec précaution sur les lieux d'utilisation de façon qu'aucun élément ne subisse de déformation permanente.

5.7.6. Stockage des armatures

Le stockage sera assuré de manière que les aciers de différentes nuances et de différents diamètres ne puissent être mélangés.

Si des aciers de même diamètre et de nuances différentes coexistent sur un même chantier, les lots correspondants seront stockés sur des parcs nettement séparés et leurs barres marquées à leurs deux extrémités à la peinture.

Les aires de stockage seront propres et telles que les armatures ne soient pas au contact du sol et de l'humidité.

5.7.7. Soudure des barres

Le Maître d'Œuvre pourra exceptionnellement autoriser le soudage bout à bout des armatures et les points de soudure des armatures en remplacement des ligatures en fonction des certificats de soudabilité des armatures. Dans ce cas seul le soudage à l'arc sera autorisé.

Le Maître d'Œuvre pourra prescrire des essais de traction et pliage sur soudure pour contrôler la qualité des soudures.

5.8. FIBRES

Les fibres utilisées seront de type macro-synthétiques, en polypropylène ou polymères équivalents, conformes à la norme NF EN 14889-2. Elles seront non corrosives, de forme monofilament ou torsadée, et de couleur neutre.

Elles répondront aux caractéristiques suivantes :

- Longueur : 30 à 54 mm ;
- Diamètre équivalent : $\sim 0,34$ mm ;
- Résistance à la traction : ≥ 689 MPa ;
- Module d'élasticité : $\geq 5,75$ GPa ;
- Densité : $\sim 0,92$.

Le dosage des fibres synthétiques sera compris entre 3 et 9 kg/m³ selon les recommandations du fabricant.

5.9. COFFRAGES

5.9.1. Matériaux de coffrage

Des panneaux déjà utilisés pourront être réutilisés dans la mesure où ils auront été nettoyés, réparés si nécessaire et où ils seront capables de donner des surfaces de béton conformes aux spécifications.

Dans le cas d'utilisation de panneaux de contreplaqué pour l'obtention de parements fins, la qualité choisie doit être du type à imprégnation spéciale pour béton. L'épaisseur minimale de ces panneaux est de 15 millimètres.

5.9.2. Entretoises et attaches de coffrage

Les entretoises et attaches utilisées dans les ouvrages pouvant être en contact avec l'eau incluront une plaque d'au moins 50 mm de diamètre soudée au milieu de la tige pour empêcher la circulation d'eau le long d'elles.

Les entretoises et attaches seront conçues de telle sorte qu'après décoffrage aucun élément métallique ne se trouve à une distance du parement inférieure à l'enrobage minimal des armatures.

5.9.3. Produits de démoulage

Les produits de démoulage devront faciliter le mouillage de la surface coffrante, réduire la formation de bulles, ne pas laisser de trace notable sur les parements du béton et préserver le coffrage de toute détérioration telle qu'oxydation.

Les produits de démoulage seront à effet physico-chimique.

Les produits de démoulage seront compatibles avec les traitements que pourraient recevoir les parements de béton (peinture, enduit, etc.).

5.9.4. Conception

Les panneaux et supports supporteront, sans déformation excessive, le poids du béton, des armatures et des pièces à sceller ainsi que les efforts dus à la chute du béton, à son serrage, aux chocs des appareils de manutention, au personnel, aux variations de température et aux éléments climatiques.

Les joints entre panneaux seront étanches à la laitance et assureront une continuité satisfaisante des surfaces de béton.

5.10. GÉOSYNTHÉTIQUES

5.10.1. Généralités

Suivant leur destination, les géotextiles et géosynthétiques utilisés sont proposés au visa du maître d'œuvre par l'Entreprise et doivent répondre aux spécifications définies par les recommandations établies par le Comité Français des Géosynthétiques (C.F.G).

Les géotextiles et géosynthétiques doivent aussi satisfaire aux normes actuellement en vigueur et être certifiés dans le cadre de la certification ASQUAL.

Les géotextiles et géosynthétiques prévus dans le cadre de l'opération sont les suivants :

- Un géotextile filtrant (séparation entre matériaux de granulométrie différente).

Le Maître d'œuvre se réserve la possibilité de demander au titulaire du marché des essais de contrôle (essai de poinçonnement, ...) de la qualité des matériaux s'il juge que les caractéristiques des matériaux ne sont pas conformes aux fiches fourniture ou que les conditions d'exploitation conduisent à un changement de cette qualité. Ces essais sont à la charge du titulaire.

5.10.2. Géotextile de protection

Le géotextile de protection sera de type non tissé en fibre polypropylène.

Lors de leur stockage, les rouleaux devront être protégés de la pluie et de la lumière. Ils ne seront déroulés qu'immédiatement avant leur utilisation. Il aura pour caractéristiques minimales exigées celles indiquées au Tableau 5.

Tableau 5 – Caractéristiques des géotextiles de protection

Paramètre	Norme	Unité	Sens production (SP)	Sens travers (ST)
Résistance en traction	NF EN ISO 10319	kN/m	≥ 25	≥ 25
Déformation à l'effort maximum	NF EN ISO 10319	%	≥ 50	≥ 50
Résistance au poinçonnement	NF G 38-019	kN	$P_s \geq 2.0$	
Poinçonnement statique CBR	NF EN ISO 12236	kN	≥ 4.5	
Perforation dynamique	NF EN ISO 13433	mm	≤ 12	
Efficacité de protection	NF EN ISO 13719	%	≤ 2.0	
Perméabilité normale au plan	NF ISO EN 11058	m/s	$V_{H50} \geq 0,05$	
Ouverture de filtration	NF ISO EN 12956	μm	$80 \leq O_{90,w} < 100$	
Masse surfacique	NF EN ISO 9864	g/m ²	≥ 400	
Epaisseur sous 2 kPa	NF EN ISO 9863	Mm	$\geq 3,0$	

EQUIPEMENTS

5.10.3. Dispositif de batardage

Les dispositifs de batardage amovible sont destinés à assurer l'étanchéité temporaire (y compris sur de longue durée) de zones de travaux en milieu humide ou immergé.

Les batardeaux amovibles seront constitués de modules préfabriqués en aluminium, acier galvanisé ou matériaux composites, assemblables manuellement. Ils devront permettre une mise en œuvre rapide et une parfaite étanchéité.

Les caractéristiques techniques minimales des dispositifs de batardage sont les suivantes :

- Hauteur maximale d'eau retenue : ≥ 2.0 m ;
- Largeur de module : ~ 1 à 2 m ;
- Étanchéité assurée par joints néoprène ou EPDM ;
- Résistante à la corrosion.

Un plan de calepinage et une note de calcul de stabilité devront être fournis.

5.10.4. Abris pour coffrets électriques

L'abri sera installé sur un site technique extérieur, munie d'une fenêtre et devra assurer la protection des équipements contre les intempéries, les chocs mécaniques et les intrusions.

Il aura pour caractéristiques techniques type :

- Dimensions extérieures : $\sim 2,5$ m (largeur) x ~ 3 m (longueur) x $\sim 2,4$ m (hauteur minimale intérieure) ;
- Structure (au choix) :
 - Ossature métallique galvanisée ;
 - Ossature Aluminium ;
 - Ossature Bois :
 - Essence : bois de classe 2 ou 3 (Douglas, Mélèze, ou équivalent), traité autoclave ou naturellement durable ;
 - Sections minimales : montants verticaux 90x90 mm, traverses 60x90 mm ;
 - Assemblages : tenons-mortaises, équerres galvanisées ou inox selon exposition ;
 - Protection : lasure ou peinture microporeuse, teinte à valider par la maîtrise d'œuvre ;
- Couverture (au choix) :
 - Bac acier ;
 - Panneau sandwich isolé ;
- Parois : panneaux sandwich isolants (épaisseur ≥ 40 mm) ;
- Plancher (au choix) :
 - Bois sur lambourdes, avec traitement anti-humidité ;
 - Caillebotis métallique sur châssis ;
- Porte : porte battante verrouillable, largeur ≥ 90 cm ;
- Ventilation : Grilles de ventilation haute et basse ;
- Système de chauffage intégré ;
- Éclairage : Luminaire LED intérieur avec interrupteur ;
- Résistance mécanique : Conforme aux charges climatiques locales (neige, vent).

Tous les matériaux utilisés devront être résistants à la corrosion, aux UV et conformes aux normes en vigueur. Les éléments métalliques seront galvanisés ou thermolaqués. Les panneaux seront classés M1 ou équivalent pour la réaction au feu.

5.10.5. Abris démontables de protection contre les intempéries

L'abri sera installé sur site technique extérieur, avec possibilité de démontage et de réutilisation.

Il aura pour caractéristiques techniques type :

- Dimensions hors tout : ~17,00 m (longueur) x ~4,50 m (largeur) x ~2,2 m (hauteur minimale intérieure) ;
- Structure (au choix) :
 - Ossature métallique galvanisée à chaud ;
 - Ossature aluminium thermolaqué ;
- Couverture (au choix):
 - Plaques nervurées en polycarbonate traité anti-UV ;
 - Tôle acier laqué anti-corrosion ;
- Quincaillerie : inox ou acier zingué ;
- Joints et accessoires : compatibles avec les matériaux utilisés ;
- Pente minimale de toiture : 5 % pour évacuation des eaux ;
- Résistance mécanique : Conforme aux charges climatiques locales (neige, vent) ;
- Fixation au sol : platines d'ancrage mécaniques ;
- Évacuation des eaux : gouttières et descentes intégrées si nécessaire.

5.10.6. Dispositifs de fermeture de fermeture et d'accès à la chambre de pompage

Les dispositifs de fermeture sont prévus pour une installation en extérieur sur un ouvrages hydrauliques en béton (chambre de pompage) pour assurer une fermeture sécurisée et résistante aux charges d'exploitation.

Les dispositifs devront répondre aux caractéristiques suivantes :

- Couvercle en tôle métallique galvanisée ou inoxydable ;
- Béquille de maintien de la trappe en position ouverte ;
- Poignée de levage ergonomique et résistante à la corrosion ;
- Dispositif de verrouillage intégré (verrou mécanique ou serrure) ;
- Résistance à une surcharge admissible de 250 kg/m² minimum.

Le dispositif devra être compatible avec les conduites d'exhaure des pompes (réservation, ...). Aucune découpe ne sera tolérée sur site.

5.10.7. Echelle sécurisée

5.10.7.1. Chambre de pompage

L'échelle sécurisée antichute est de type Tractel FABA A12 ou équivalent (voir DOE), destinée à permettre l'accès sécurisé à des équipements techniques en hauteur dans le cadre de travaux de génie civil.

Le dispositif devra répondre aux caractéristiques suivantes :

- Type : Échelle fixe avec système antichute intégré ;
- Matériau (au choix) :
 - Aluminium anodisé ;
 - Acier inoxydable ;
- Largeur : Environ 400 mm ;
- Système antichute : Rail vertical intégré avec chariot mobile (à fournir) ;

L'échelle et les fixations doivent être dimensionnées pour reprendre les efforts liés à l'utilisation et aux charges de sécurité.

Le système doit permettre une protection individuelle contre les chutes de hauteur. Le chariot antichute doit être compatible avec les harnais de sécurité standards (1 chariot / 1 harnais à fournir). Des dispositifs de sortie sécurisée doivent être prévus en partie haute ainsi qu'en partie basse.

Le matériel doit être certifié CE et accompagné de sa notice d'utilisation.

5.10.7.2. Regard R0

L'équipement existant est une échelle métallique verticale fixée sur la paroi du puits, avec dispositif de sortie sécurisée et crinoline en partie haute.

Le dispositif devra répondre aux caractéristiques suivantes :

- Échelle : en acier inoxydable, conforme à la norme NF EN ISO 14122-4
- Largeur utile : 400 mm minimum ;
- Distance entre échelons : 280 mm ;
- Diamètre des barreaux : 25 mm minimum ;
- Garde-corps de sortie en acier galvanisé, hauteur 1,10 m
- Fixation murale par scellement ou chevillage inox ;
- Résistance mécanique conforme à une charge de 150 kg par barreau.

5.10.8. Garde-corps

Le garde-corps est en acier inoxydable et démontable.

Il est conforme aux normes NF E85-015 et/ou EN ISO 14122-3.

5.10.9. Clôture

La clôture métallique avec portail d'accès verrouillable est destinée à sécuriser la zone technique extérieure autour des dispositifs d'auscultation.

L'ouvrage devra être conforme à la configuration visible sur la photo fournie :

- Clôture en panneaux rigides en treillis soudé, finition vert RAL à préciser en période de préparation :
 - Hauteur : 2,00 m ;
 - Maille 200x50 mm, fil Ø 5 mm ;
 - Traitement galvanisé et thermolaqué ;
 - Fixation sur poteaux par colliers ou agrafes anti-vandales ;
- Poteaux métalliques adaptés :
 - Profil carré ou rectangulaire, galvanisé et thermolaqué ;
 - Fixation par scellement béton ou platines selon le support ;
- Portail battant métallique assorti, avec poignée, serrure et système de verrouillage :
 - Portail battant 1 vantail, largeur totale 1,20 à 1,50 m.
 - Remplissage identique à la clôture ;
 - Serrure à clé, poignée de manœuvre, butée d'arrêt et verrouillage ;

5.10.10. Dispositif de pompage

5.10.10.1. Généralités

Le dispositif de pompage devra présenter une durée de vie minimale de 15 ans en fonctionnement nominal, sous réserve d'un entretien régulier.

Le choix du matériel est laissé à l'initiative de l'Entrepreneur, sous réserve de conformité aux normes en vigueur (CE, ISO, EN) et d'un avis technique ou équivalent.

Le matériel proposé sera soumis à l'agrément du Maître d'Œuvre, accompagné de fiches techniques, certificats de conformité et références d'installations similaires.

5.10.10.2. Caractéristiques techniques

Les caractéristiques techniques des dispositifs sont les suivantes :

- Pompe :
 - Hauteur Manométrique Totale (HMT) : à définir par le titulaire
 - Plage nominale de fonctionnement en débit : 2 l/s – 60 l/s ;
 - Profondeur d'installation de la pompe par rapport au TN : ~ 6 m ;
 - Perte de charge estimée : ~ 11 mCe
 - Fonctionnement nominal continu à débit variable et capable de supporter un fonctionnement cyclique (arrêt/redémarrage régulier) ;
 - Le moteur devra être IP68 ou équivalent, avec indice de protection adapté à l'immersion prolongée ;
 - Le corps de pompe, roue et garnitures devront être résistants à l'abrasion (sables, graviers, matières solides) ;
 - La pompe devra être auto-amorçante ou équipée d'un système d'amorçage si hors d'eau ;
 - La pompe sera résistante au gel, elle sera à ce titre équipée de modules de chauffage intégrés ou de dispositifs équivalents ;

- Commande et démarrage
 - Le démarrage des pompes sera asservi au niveau d'eau dans les fosses, à l'aide de capteurs adaptés (ultrasons, hydrostatiques ou flotteurs) ;
 - Les pompes devront être équipées d'un module de démarrage progressif permettant de limiter le courant d'appel et de préserver le moteur ;
 - Une protection thermique et contre les surcharges est requise ;
 - Un diagnostic de défauts (alarme, défaut moteur, niveau anormal) devra être intégré ;
- Un variateur de vitesse (VSD/VSF) et un module de démarrage progressif sont requis pour :
 - Adapter la vitesse de rotation de la pompe au débit réel ;
 - Réduire les cycles de démarrage/arrêt ;
 - Permettre un démarrage progressif et limiter le courant d'appel ;
 - Optimiser la consommation énergétique.

Le variateur devra être compatible avec le moteur, intégré au coffret de commande, et paramétrable localement ou à distance.
- Coffret de commande et affichage :
 - Un coffret de commande individuel pour chaque pompe, installé dans un abri dédié (y compris support éventuel) ;
 - Afficheur digital avec niveau d'eau, état pompe, défauts ;
 - Enregistreur de données (niveau, cycles, défauts) avec export possible ;
 - Alimentation secourue (batterie ou onduleur) pour les fonctions critiques ;
- Un dispositif d'asservissement pour éviter le dénoyage ou l'ennoiment :
 - Z_{min} à définir selon la pompe ;
 - $Z_{max} \sim 351.35$ mNGF pour éviter l'ennoiment du regard et de la galerie aval ;
- Débitmètres :
 - Principe de mesure : Débitmètre électromagnétique à insertion ou en ligne ;
 - Liquide : Eau brute et eau chargées ;
 - Plage de mesure : 0.5 à 120 l/s ;
 - Diamètre nominal : compatible avec les installations (conduites) ;
 - Précision : ± 0.5 % de la valeur mesurée ;
 - Pression de service : compatible avec l'installation (au moins 2x la pression max) ;
 - Température liquide: 0°C à +60°C ;
 - Température ambiante : -20°C à +50°C ;
 - Matériau de la gaine interne : Compatible eaux usées/chargées ;
 - Indice de protection : IP67 ;
 - Longueur droite amont/aval : Respect des recommandations fabricant en fonction du DN ;
 - Protection parafoudre ;
 - Interface utilisateurs / Enregistreurs de données :
 - L'interface doit permettre la consultation des données, en temps réels et de l'historique, sur écran (LCD et LED) dont notamment les débits instantanés, le volume cumulé et le débit moyen journalier (calculs automatique) ;
 - La lisibilité doit être adaptée aux conditions environnantes (haute visibilité) ;
 - La collecte et la sauvegarde des données de mesure en continu, sans interruption, sur une période minimale de 15 jours ;
 - Exportation des données : L'exportation des données doit à minima pouvoir être faites aisément de façon manuelle et, ne nécessitent pas d'abonnement complémentaire (carte SD, ...). Le cas échéant, les accessoires nécessaires à l'extraction des données sont à fournir (lecteur portable, câbles de connexion, ...)

- Format des données : Fichiers exportés dans un format courant (CSV, TXT ou équivalent), accompagnés de l'horodatage, pour une exploitation aisée sur ordinateur ;
- Les raccordements nécessaires au fonctionnement :
 - Tous les câbles devront être adaptés à l'environnement humide, posés en fourreaux étanches, avec chambres de tirage accessibles ;
 - Les câbles devront être identifiés et repérés selon les normes NF C 15-100.

5.10.11. Dispositif de mesure des MES - Bac de décantation

La dalle en surface permettra de loger les équipements de restitution des débits pompés jusqu'aux bassins de tranquillisation équipés de capteurs de matières en suspension.

Ce dispositif permettra d'évaluer l'évolution du transport solide par un suivi :

- Automatique et en continu du taux de MES par l'intermédiaire de la turbidité dans les eaux de fuite ;
- Manuel par la collecte et l'estimation massique régulière des particules décantées.

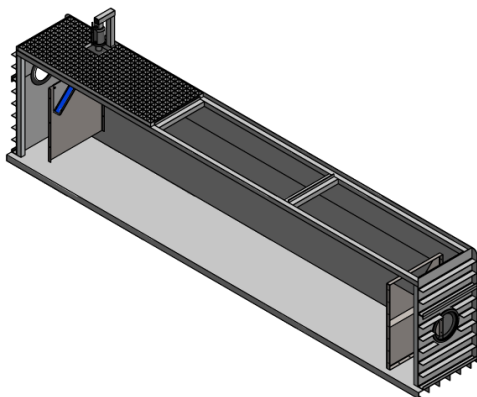


Figure 57 – Exemple de bassin de tranquillisation

- Dimensions intérieures d'un bassin :
 - 2 plaques amovibles sur toute la largeur de chaque bac séparent ce dernier en 3 sections :
 - Présence d'une lame de tranquillisation à l'issue de section de tranquillisation permettant un écoulement en sousverse avec une ouverture de 0.2m de hauteur ;
 - Présence d'une lame déversante à l'issue de la section courante, permettant un écoulement en surverse au-delà de 0.9m de hauteur depuis le fond ;
 - Dimensions globales :
 - Longueur totale : ~16,5m ;
 - Largeur totale : ~1,5m ;
 - Hauteur : variable ;
 - Section amont (réhausse) : pour la tranquillisation
 - Longueur : ~1.0m ;
 - Largeur : ~1,5m ;
 - Hauteur : ~2.0m
 - Section courante : pour la décantation
 - Longueur : ~15m ;
 - Largeur : ~1,5m ;
 - Hauteur : ~1.2m ;

- Section aval : pour la vidange
 - Longueur : ~0.5m ;
 - Largeur : ~1,5m ;
 - Hauteur : ~1.2m ;
- L'arrivée d'eau dans chacun des bassins devra pouvoir être déviée afin de faciliter la vidange des bacs (mesure de particules décantées, nettoyage) lors des opérations d'exploitation / maintenance ;
- Les bassins seront équipés d'un orifice placé dans la partie basse du bac afin de permettre la vidange rapide du bac.

Des dispositions seront mises en place pour assurer la résistance au gel du dispositif (traçage électrique, isolation, ...).

Des supports des bacs seront mise en œuvre pour assurer une hauteur suffisante pour la mise en œuvre des conduites de vidanges. La hauteur de ces supports restera limitée pour des contraintes de faciliter l'exploitation.

5.10.12. Conduites et raccords

Les conduites seront en PVC rigide, conformes aux normes NF EN 1401-1 et/ou NF EN ISO 1452 pour les réseaux sous pression. Elles répondent aux critères suivants :

- Conduite :
 - Diamètre nominal : DN 100 à DN 400 selon notes de calculs à fournir par l'entreprise ;
 - Pression nominale : PN 10 minimum pour les sections sous pression ;
 - Matériaux : PVC rigide non plastifié (U-PVC) ;
- Raccords :
 - A emboîtement avec joint élastomère ou manchons à coller selon configuration ;
 - PVC compatibles, joints EPDM conformes aux normes en vigueur ;
- Fixations hors sol : colliers métalliques galvanisés ou inoxydables, supports adaptés à la dilatation thermique ;
- Résistance aux UV exigée pour les parties hors sol ;
- Résistance au gel :

Concernant ce point, les conduites et raccordement seront équipés de :

- Dispositif d'isolation thermique continue (Gaines isolantes sur les canalisations apparentes avec faible coefficient de conductivité thermique ($\lambda \leq 0,04 \text{ W/m}\cdot\text{K}$) ;
- Traçage électrique antigel par câbles chauffants auto-régulants ;
- Dispositif de purge/vidange.

5.11. DIVERS

5.11.1. Rebouchage de forage

Le matériau de rebouchage de forage est conforme à l'article 5.5 de la norme ISO 22475-1.

6. EXÉCUTION

6.1. GÉNÉRALITÉS

L'Entreprise est réputée avoir une parfaite connaissance de l'état des lieux, des conditions climatiques et hydrographiques, des voies et moyens d'accès au chantier et aux différents ouvrages, des possibilités d'alimentation en eau et en énergie électrique ; en résumé de toutes les conditions matérielles dans lesquelles elle est amenée à exercer son activité.

L'Entreprise tient compte du fait qu'elle a à sa charge tous les moyens de levage et de manutention des matériels/matériaux nécessaires à leur amenée à pied d'œuvre ainsi que pendant toutes les opérations de démontage, de travaux de modification, de montage, de réglage et d'essais.

Elle doit également prévoir tous les accès et leurs aménagements (y compris échafaudages, engin de levage, ...) nécessaires à la bonne réalisation des travaux. Tous ces accès doivent être adaptés pour des travaux réalisés dans des conditions de sécurités conformes aux spécifications.

De plus, concernant le transport, la manutention et le stockage des pièces et des matériaux nécessaires à la réalisation des ouvrages, l'Entreprise prend toutes les précautions nécessaires afin d'éviter toute dégradation des pièces et de leur protection au cours de la manutention.

6.1.1. Dispositions liées aux constructions avoisinantes

L'Entreprise est entièrement responsable, jusqu'au transfert de garde, de la préservation en leur état à l'origine du chantier des ouvrages existants, ainsi que des voies, réseaux, clôtures, mobilier et installations de toute nature, publiques ou privés affectés par ses propres travaux.

Un état des lieux sera établi contradictoirement à l'ouverture du chantier, par constat d'huissier à la charge de l'Entreprise.

L'Entreprise prendra toute mesure et mettra en œuvre toute disposition pour assurer la protection des ouvrages existants et des instruments de mesures dans l'emprise des travaux.

Les dispositions de protection seront soumises au Maître d'ouvrage et au Maître d'œuvre pour approbation.

En cas de détérioration de son fait, le Titulaire devra faire procéder à tous travaux de réparation, de réfection ou de nettoyage jugés nécessaires.

Le Titulaire restera responsable vis-à-vis de l'Administration et des tiers des conséquences des dégradations qu'il aura causées aux aménagements existants pendant ses travaux.

Il ne saurait se prévaloir à l'encontre de la responsabilité résultant du présent article, de renseignements qui pourraient être portés aux diverses pièces du dossier, lesquelles sont réputées n'être fournies qu'à titre indicatif. Il sera tenu de les vérifier et de les compléter par tous sondages nécessaires.

6.1.2. Dispositions liées aux ouvrages provisoires

(Fascicule 65 et 68)

Le titulaire précise dans les procédures d'exécution les dispositifs et ouvrage provisoires envisagés en explicitant la méthode de mise en œuvre, le phasage d'exécution et les conditions d'enlèvement.

Le titulaire soumet à l'acceptation du Maître d'œuvre la désignation d'un ou plusieurs Chargés des Ouvrages Provisoires (COP) dans son PAQ, chargé de vérifier la conformité des études de exécutions des ouvrages provisoires.

Le projet des ouvrages provisoires comprend tous les documents nécessaires à leur définition, sous forme de dessins d'exécution, notices et consignes assortis de justifications correspondantes.

Le projet tient compte des données imposées par l'ouvrage définitif et son environnement immédiat. En particulier les déformations des ouvrages provisoires ne doivent causer aucun dommage aux ouvrages définitifs ainsi que sur les avoisinants.

Le projet donne la succession détaillée de toutes les phases opératoires, avec les chargements et les réglages correspondants. La stricte observation de l'ordre des opérations peut être fondamentale à la fois pour respecter les charges prévues sur les ouvrages provisoires ou définitifs et pour assurer la sécurité du personnel et des tiers.

Les spécifications des matériels utilisés, qu'il s'agisse de matériels spéciaux ou de tout matériel en provenance d'un tiers fabricant ainsi que les justifications correspondant à ces matériels, sous forme de notes de calcul, procès-verbaux d'essai, certificats de conformité, font partie des documents constituant le projet.

6.1.3. Dispositions liées à la gestion des eaux pendant les travaux

L'Entrepreneur devra, sous sa responsabilité, assurer la protection de son chantier contre les eaux de toute nature et de toute origine. Il sera responsable des conséquences des perturbations qu'il apporterait dans le régime des eaux de surface ou des eaux profondes.

En cas de pluie, le titulaire devra prendre toutes les dispositions pour protéger le fond de fouille pour éviter toutes dégradations de la portance du terrain naturel ou du terrain apporté. Au cas où ces dispositions n'auraient pas été prises, le titulaire mettra en œuvre à ses frais toutes solutions permettant d'assurer la portance requise pour les phases ultérieures dans le respect des délais.

Il assurera également sous sa responsabilité l'évacuation des eaux de toute origine, depuis le chantier jusqu'aux exutoires où elles pourront être reçues. Ces obligations comprennent la construction et l'entretien des ouvrages d'évacuation des eaux, la surveillance et la remise en état des lieux.

Il devra plus particulièrement :

- Maintenir la collecte et l'évacuation des eaux de la galerie aval, de la chambre de pompage ou des eaux météoriques de chaque zone et de chaque nature (terrassement, installations d'équipements, ...). A ce titre, il réalisera les différents ouvrages (bourrelets, saignées, descentes d'eau, fossés, pompage d'épuisement, etc.) nécessaires à l'atteinte de l'objectif ;
- Respecter les contraintes environnementales qui s'imposeront à lui ;
- Nivelier et fermer la plate-forme des terrassements en cas d'arrêt de chantier de courte durée et au minimum à la fin de chaque journée.

Tous les frais engagés par l'Entreprise pour assurer l'épuisement et l'écoulement de l'eau sont réputés compris dans les prix du marché.

6.1.4. Dispositions liées aux contrôles et essais

Les contrôles et essais (laboratoire ou in situ) sont intégralement à la charge du titulaire.

Il pourra les réaliser en propre dans la mesure où il justifie des compétences nécessaires ou par l'intermédiaire d'un prestataire externe.

Les contrôles et essais sont listés dans les différentes sections des CCTP. En l'absence de spécification en matière de modalités de réalisation ou de fréquence / nombre des essais, il se référera aux normes et document de références dans un premier temps et soumettra à validation du maître d'œuvre les modalités et fréquences envisagées.

6.2. TRAVAUX PRÉPARATOIRES

6.2.1. Implantation – Piquetage - Suivi topographique

Voir § 4.6.

6.2.2. Démontage, mise en stock et repose des équipements divers et réseaux

Dans le cadre des travaux préparatoires, le titulaire aura en charge la libération des emprises nécessaires à ces travaux y compris les zones d'accès, de cheminements ou de stockage.

La libération de ces emprises passe par :

- Le démontage/dépose (provisoire ou définitive) d'un certain nombre d'équipement et réseaux ;
- Le stockage provisoire, la réinstallation et la remise en service des équipements conservés ;
- L'enlèvement et l'évacuation en centre agréé des équipements non conservés.

Les équipements existants démontés provisoirement pour les besoins du chantier seront stockés sur site sous la responsabilité de l'Entreprise. Ils seront remis en place et en service. Ces opérations font partie intégrante des prix des ouvrages à réaliser et sont à la charge du Titulaire (y compris travaux de finition).

6.3. DÉBROUSSAILLAGE, DÉCAPAGE DE TERRE VÉGÉTALE, ABATTAGE ET DESSOUCHAGE D'ARBRES

6.3.1. Débroussaillage et abattage

Les travaux de débroussaillage et d'abattage d'arbres comprendront l'enlèvement de toutes les souches, y compris l'extraction des racines principales.

Ces travaux seront réalisés sur les zones définies au Plan d'Installations de Chantier à remettre par l'entrepreneur et soumises à l'approbation du maître d'œuvre.

Le débroussaillage se fera à la main ou à l'engin, et sans utilisation de produits chimiques.

6.3.2. Décapage de terre végétale

Les opérations de décapage seront réalisées sur l'épaisseur adéquate telle que toute trace de produits végétaux, matières organiques ou autres débris soient éliminés.

En terrain meuble et lorsque possible, les zones décapées seront surfacées par le passage d'engins type niveleuse.

Le cas échéant, le décapage par engins à chenilles sera préféré à celui par engins à pneus, ce dans un souci de conservation de la structure de la terre.

6.3.3. Stockage - élimination des matériaux végétaux – finition

Le Titulaire procédera à l'enlèvement des déchets et au transport vers une installation agréée.

6.4. DÉMOLITION

Les travaux de démolition d'ouvrages doivent tenir compte des contraintes de réalisation du site.

6.4.1. Démolition et Prédécoupage

Les démolitions sont faites par engins mécaniques usuels sauf exception.

En cas de démolition soignée nécessaire du fait des avoisinants, les moyens préconisés pour la démolition sont de type démolition par sciage ou à l'eau sous haute pression, ou tout autre moyen ne provoquant pas de fissures dans les parties restantes de l'ouvrage.

L'emploi d'explosifs est interdit pour les travaux de démolition.

6.4.2. Mise en dépôt des produits de démolition

Les produits de démolition seront enlevés et transportés vers une installation agréée.

6.5. EXCAVATIONS

6.5.1. Généralités

L'Entrepreneur organisera les opérations d'excavation avec toute l'attention due à la sécurité des travaux et du personnel sur le chantier.

Toutes les précautions nécessaires seront prises pour maintenir les matériaux en-dessous et au-delà des lignes d'excavation définies dans les meilleures conditions possibles.

Les excavations requises par les installations de l'Entrepreneur seront soumises à l'approbation du Maître d'œuvre.

6.5.2. Excavations des terrains rippables

Les excavations en terrain rippable (terrain meuble, rocher altéré plus ou moins altéré) seront réalisées à la pelle mécanique, éventuellement équipée d'un ripper.

Les excavations nécessaires à stabiliser les éventuelles pentes associées sont comprises dans les prix.

Si le matériau naturel de fondation est rendu instable ou est désagréé au moment des opérations d'excavation ou autres, il sera compacté sur place ou, selon les instructions du Maître d'œuvre, sera retiré et remplacé par le matériau approprié et compacté pour être utilisé comme matériau de fondation ou de remblai selon le cas, à la charge de l'Entrepreneur.

6.5.3. Décaissement des enrochements libres

Les décaissements des enrochements seront sensiblement identiques aux excavations en terrains rippables.

6.5.4. Maintien à sec des fouilles pendant les travaux

Sauf dérogation exceptionnelle qui peut être accordée par le Maître d'œuvre, l'Entrepreneur maintiendra les fouilles à l'abri de toute pénétration d'eau, et ceci à ses frais, de manière telle que les travaux puissent être réalisés à sec.

La méthode d'évacuation des eaux de la fouille est à la charge de l'Entrepreneur et devra être soumise à l'avis du Maître d'œuvre.

La crête de la fouille sera ceinturée par des rigoles recueillant les eaux de ruissellement extérieures et les évacuants à une distance convenable des fouilles.

Les sources caractérisées ou même les simples filets d'eau seront captés ou détournés dès leur débouché. Les dispositions prises à cet effet ne devront entraîner ni érosion, ni affaissement du sol.

6.5.5. Contrôle

6.5.5.1. Contrôle de la topographie

L'Entrepreneur tiendra à disposition du Maître d'œuvre et à tout moment les carnets de levés topographiques et calculs associés.

Pendant l'exécution des travaux, l'Entrepreneur veillera à la bonne conservation des bornes repères et des piquets déportés, et si nécessaire les rétablira à ses frais.

6.5.5.2. Contrôle des vibrations engendrées par les engins

Les vibrations engendrées par les engins mécaniques utilisés pour les excavations ne devront en aucun cas provoquer des désordres sur les ouvrages existants.

6.5.6. Evacuation des matériaux

Les matériaux déblayés impropres à être réutilisés dans le cadre du présent Marché seront évacués en filière adaptée, soumise à l'agrément du Maître d'œuvre.

Dans tous les cas, le coût de l'évacuation, du stockage et/ou de la mise en décharge est compris dans le prix du terrassement de l'Entrepreneur.

Dans la mesure où ils sont convenables et conformes aux spécifications, les matériaux provenant des excavations pourront être réutilisée dans les travaux, notamment pour le remblaiement latéral des nouveaux ouvrages en béton armé.

Les dépôts provisoires seront bien drainés et conservés dans un bon état de propreté, de sécurité et de stabilité. Les dépôts seront nivelés afin d'obtenir une apparence nette et des pentes extérieures ne dépassant pas 1V/3H. Les pentes appropriées seront adoptées afin de garantir le drainage des dépôts. La hauteur maximale des dépôts sera déterminée par le Maître d'œuvre. Toutes les mesures nécessaires seront mises en œuvre pour que les dépôts n'obstruent pas les voies naturelles de drainage.

Au cours des travaux, l'Entrepreneur devra veiller à ce que le dépôt de déblais et la circulation des engins ne puissent provoquer d'éboulement.

6.5.7. Préparation des surfaces de fondation

La préparation du fonds de fouille pour mise en œuvre des nouveaux ouvrages en béton armé est réalisée après assèchement.

Les couches de sol de mauvaise qualité devront être purgées afin d'assurer une bonne assise des structures en béton. Le niveau de fondation défini sur les plans du DCE pourra ainsi être ajusté durant les travaux en fonction des observations du Maître d'œuvre.

Les parois et le fond de fouille seront minutieusement nettoyés de tous éléments non adhérents (déblais, blocs, etc.). Ces opérations se feront mécaniquement à l'air comprimé avec ou sans eau, selon la nature du matériau. Le procédé de nettoyage sera soumis à l'agrément du Maître d'œuvre.

Les éventuelles fissures rencontrées dans le rocher au contact du béton seront nettoyées des matériaux de remplissage jusqu'à une profondeur égale à 3 fois la largeur de la fissure et il y sera substitué un mortier de ciment ou micro-béton soumis à l'agrément du Maître d'œuvre.

L'ensemble des fouilles devront être inspectées et réceptionnées par le Maître d'œuvre avant une quelconque mise en œuvre.

Les fouilles nettoyées et réceptionnées seront recouvertes dans les 24 heures.

6.6. REMBLAI

6.6.1. Généralités

6.6.1.1. Tolérances

Tous les remblais seront effectués selon les lignes et dimensions indiquées sur les plans ou selon les instructions du Maître d'œuvre.

Pour les remblais compactés, les tolérances suivantes devront être respectées, sauf indication contraire sur les plans ou instruction contraire du Maître d'œuvre :

- Pour les niveaux : +25 / -25 mm ;
- Pour les dimensions horizontales : +15 / -15 mm ;

6.6.2. Exécution

6.6.2.1. Généralités

Les travaux de remblaiement seront préférentiellement effectués par temps sec.

Avant le début de la mise en place des matériaux de remblaiement adjacents aux ouvrages, les zones de remblaiement seront nettoyées de tous les restes de béton, d'autres ouvrages provisoires et de matériaux inadéquats et feront l'objet d'un point d'arrêt avec le Maître d'œuvre.

Les matériaux de remblaiement seront mis en place de manière qu'ils puissent être convenablement compactés sans endommager l'ouvrage adjacent.

L'Entrepreneur organisera le calendrier et la cadence des travaux de remblaiement de manière à ne pas surcharger, affaiblir, endommager ou mettre en danger aucune partie des ouvrages.

La mise en place des couches de matériau sera étudiée de manière à maintenir un drainage adéquat et empêcher l'accumulation de l'eau. La mise en place de matériau autour des murs/écrans en sous-sol, réservoirs et cuves ne débutera pas avant que les murs et planchers soient achevés et aient atteint la valeur totale de la résistance spécifiée.

Les matériaux ne seront pas mis en place derrière les murs/écrans qui sont solidaires d'une toiture en partie haute, avant l'achèvement de la toiture et, dans le cas d'une toiture en béton, avant que celle-ci n'ait atteint la valeur totale de la résistance spécifiée et que les supports temporaires n'aient été enlevés. La mise en place des matériaux sera effectuée de manière qu'elle exerce une pression uniforme autour des murs/écrans des structures.

L'Entrepreneur précisera les dispositifs provisoires de butonnage éventuels qu'il juge nécessaire lors du compactage autour des ouvrages.

Dans le cas où les essais Proctor nécessaires au compactage n'auront pas été réalisés préalablement aux travaux, l'Entrepreneur aura la responsabilité de mener à bien ces essais.

6.6.2.2. Mise en œuvre et compactage

La mise en œuvre des remblais s'effectuera de la manière suivante :

- La teneur en eau du matériau au moment de sa mise en place sera comprise entre -2 et +2 % de l'optimum du Proctor normal ;
- Chaque couche sera compactée afin d'obtenir un degré de compactage au moins égal à 95 % de la densité maxi du Proctor normal ;
- Deux contrôles seront effectués sur la première couche mise en place afin de déterminer si le matériel utilisé est adapté, ainsi que le nombre de passages ;
- La mise en place sera effectuée afin d'obtenir un remblaiement homogène sans séparation des matériaux ;
- Le matériau pour le remblai sera déversé sur la couche en place, en retrait du bord d'attaque, puis poussé au bulldozer (lorsque la distance à l'ouvrage le permettra) sur la couche inférieure ;
- Tous les éléments surdimensionnés et saillants seront retirés avant le compactage ;

- Si des changements interviennent dans la nature ou l'origine du matériau de remblaiement utilisé pendant les travaux ou à la demande du Maître d'œuvre, de nouveaux essais seront effectués ;
- Lorsque la distance aux ouvrages (chambre, ...) le permettra, le compactage s'effectuera de préférence avec un rouleau vibrant (type V3 ou plus) ;
- Les modalités de compactage devront être conformes au Guide des Terrassements Routiers (LCPC/SETRA, Juillet 2000) et l'annexe 4 du fascicule 2.

6.6.2.3. Contrôles - Essais

6.6.2.3.1. Généralités

L'approbation définitive des matériaux ne sera donnée qu'une fois que ceux-ci auront été déversés, étalés et compactés.

Les contrôles porteront sur l'implantation, la mise en œuvre et le compactage. Ils sont à la charge du Titulaire du Marché.

Les contrôles de réglage en nivellement et de portance constituent un point d'arrêt dans le déroulement des opérations.

Le Titulaire s'assurera par tous les moyens appropriés du nivellement des différents remblais réalisés par ses soins.

Pour les remblais courants, un contrôle du compactage (essai de plaque) et des tassements (mesure topographique) sera réalisé à l'issue du remblaiement.

Tableau 6 – Fréquence et typologie des contrôles de compactage des remblais courants

Désignation de l'ouvrage	Type de contrôle	Objectif de résultat	Fréquence
Fond de forme	Contrôle visuel et réception avec MOE	Absence de couche molle	Ensemble des ouvrages
Remblai courant	Essais à la plaque (chaque couche)	EV2 > 50 MPa	1 unité/50 à 100 m ² maximum

En cas de litige sur la réalisation des résultats et méthodes d'essais employées, le Maître d'œuvre se réserve le droit de demander des essais complémentaires de natures variées (pénétrömètre, gammadensimètre etc.), les essais complémentaires étant à la charge de l'Entreprise.

L'Entreprise tiendra à la disposition du Maître d'œuvre les données suivantes relevées chaque jour :

- Le résultat des essais de portance ;
- Les types de compacteurs utilisés et leur catégorie ;
- Les conditions météorologiques ;
- La surface concernée par le compactage ;
- Les vitesses de marche des compacteurs ;
- Le (ou les) incident(s) survenu(s) au cours de la journée ;
- Une appréciation sur la régularité du compactage et du balayage.

6.6.2.3.2. Non-conformité

En cas de non-conformité avec les objectifs des remblais (insuffisance de compactage, perméabilité trop faible, ...) ou plus généralement si des réserves ont été émises par le Maître d'œuvre, l'Entreprise doit procéder à ses frais à :

- Une reprise de la mise en œuvre si le défaut constaté porte sur la partie supérieure du terrassement ;
- L'enlèvement des matériaux sous-compactés et leur mise en œuvre correcte si le défaut constaté ne porte pas uniquement sur la partie supérieure ;
- L'arrosage, l'aération, la mise en cordon ou toute autre mesure de son choix pour obtenir une teneur en eau compatible avec la mise en œuvre si l'état des matériaux au moment de la reprise de compactage ou de leur mise en œuvre ne permet pas leur réemploi.

A défaut, le Titulaire doit évacuer les matériaux et les remplacer par d'autres en satisfaisant aux prescriptions des présentes spécifications. Les frais entraînés par ces opérations sont entièrement à la charge de l'Entreprise.

6.7. ENROCHEMENTS LIAISONNÉS

La mise en œuvre des enrochements libres se fera à l'aide de pelles hydrauliques ou de grues munies de grappins ou d'élingues. Il convient de respecter les points suivants :

- La mise en œuvre des enrochements après reprise sur stock :
 - La mise en œuvre par déversement à partir de la crête de talus ou par poussage aux engins est prohibée ;
 - La pose se fait en bicouche ;
 - Les blocs de type aiguille ou écaille sont prohibés ;
 - Les nids de petits blocs sont également prohibés ;
 - Les blocs sont disposés de manière qu'il ne subsiste que le minimum de vide et ne doit pas excéder 25-30 % du volume de pose ;
 - Les saillies ou creux ne doivent pas dépasser le diamètre d'un demi-bloc ;
 - Les blocs sont disposés de manière à maximiser le nombre de contacts entre blocs. Le remplissage de vide à l'aide de blocs de petites tailles est interdit ;
 - Les blocs sont arrangés de façon à obtenir une rugosité maximum. Ceci revient à mettre leur grand axe perpendiculairement au sens d'écoulement ;
 - Les blocs de plus petites dimensions seront mis en place au niveau des interfaces amont et aval ;
 - Les blocs qui seront liés au béton doivent être nettoyés au jet avant mise en place ;
- La mise en œuvre de béton fibré :
 - Les fibres seront incorporées directement dans le malaxeur ou dans la toupie, selon les recommandations du fabricant ;
 - La répartition homogène des fibres dans le béton devra être assurée. Aucun agglomérat ne sera toléré ;
 - Le béton est mis à la pompe où à l'aide d'un skip ;
 - Les bétons sont pré-vibrés pour assurer le bon remplissage entre les blocs et suffisamment plastique pour ne pas s'écouler à l'extérieur ;
 - Les joints sont réalisés en creux, avec si nécessaire, un curage à la main après la pose ;
 - La surface finie présente une rugosité marquée ;
 - Un nettoyage au jet est effectué pour terminer l'ouvrage et enlever toute trace de laitance de béton sur les enrochements.

Le séquençage de réalisation suivra les étapes suivantes :

- Mise en place d'une rangée de blocs encastrés sur un lit de béton frais ;
- Comblement des vides par le béton ;
- Constitution d'un nouveau lit de béton pour que le cycle recommence ;

L'agencement sera réalisé par couches de blocs croisés et imbriqués, la superposition de blocs est à éviter autant que possible. Le choix des blocs à placer fait par le pelleteur doit tenir compte de cette contrainte. Le Maître d'œuvre pourra faire démonter tout agencement jugé non conforme au présent CCTP.

6.8. MASTIC D'ÉTANCHÉITÉ

Le mastic d'étanchéité devra être mis en place selon les prescriptions du fournisseur.

6.9. JOINTS DE MAÇONNERIE

Les joints existants seront purgés mécaniquement sur une profondeur et 2,5 fois l'épaisseur du joint avec un minimum de 5 cm (à adapter en fonction de la méthode d'exécution), en évitant d'endommager les arêtes des pierres.

Le support sera nettoyé, dépoussiéré (le dégarnissage se termine par un soufflage à l'air) et humidifié légèrement avant l'application du mortier.

Le rejointoiement sera réalisé par une méthode laisser à l'initiative de l'entreprise (à la main, matage, projection, ...) à en veillant au bon remplissage du joint.

La finition doit conduire à des joints plats en léger creux. Les « éclaboussures » de projection sur les pierres seront nettoyées par brossage ou grattage avant prise. Aucune fissuration de retrait ne devra apparaître dans le joint ou à l'interface joint / pierre.

Une protection contre la pluie, le gel et le dessèchement rapide sera assurée pendant la prise du mortier (minimum 48 h), notamment par bâchage ou application de produits de cure adaptés.

6.10. BÉTON

6.10.1. Mise en place du béton

6.10.1.1. Préparation de la surface de la levée précédente

Avant mise en place d'une levée de béton, la surface de la levée précédemment mise en place recevra les traitements successifs suivants :

- Traitement des reprises, la laitance sera enlevée de la surface pour laisser apparaître la mosaïque du béton sans desceller les gros granulats, ni les armatures et autres éléments noyés dans le béton. Le traitement se fera après la prise du béton mais avant durcissement, soit au jet d'eau sous pression, soit au mélange eau et air sous pression, soit par brossage à la brosse métallique. En cas de repiquage, les éléments fissurés ou décollés seront enlevés ;
- Humidification avant bétonnage de la couche suivante ;
- Elimination de l'eau en excès et nettoyage final.

La superposition d'une couche de béton frais à une autre couche n'est pas considérée comme une reprise si cette dernière couche peut être vibrée à nouveau.

6.10.1.2. Bétonnage

Avant mise en place d'une levée de béton, et après traitement de la levée précédente comme indiqué au paragraphe précédent, une couche de béton surdosé d'une épaisseur comprise entre 5 et 10 cm sera étalée à la pelle avant bétonnage. Ce béton pourra être le béton de même classe dont les plus gros granulats auront été éliminés (béton coupé).

Le béton sera mis en place et serré de manière à éviter tout déplacement de coffrage, ferrailage et pièces scellées ou à sceller. La hauteur de chute du béton ne devra pas être supérieure à 2,0 m.

Le béton sera déposé aussi près que possible de sa position finale. Le déplacement du béton dans le coffrage se fera à la pelle et non par écoulement provoqué par vibration. Toute accumulation de graviers sera dispersée dans la masse du béton. L'eau de ressuage sera enlevée au fur et à mesure de son apparition.

A l'intérieur d'une coulée, le bétonnage sera conduit par rouleaux horizontaux successifs d'une hauteur n'excédant pas 50 cm sur toute la surface de la coulée, sauf stipulation contraire du Maître d'Œuvre.

6.10.1.3. Vibration

Tous les bétons seront compactés avec des pervibrateurs. Le nombre, la fréquence et la puissance des pervibrateurs seront en tout temps adéquats pour obtenir un compactage approprié et rapide de la totalité du volume du béton à mettre en œuvre.

Les pervibrateurs seront introduits verticalement à intervalles réguliers dans le béton à compacter. Si la couche en cours de mise en œuvre recouvre une couche fraîchement compacte, les pervibrateurs seront descendus de 10 cm environ dans la couche précédente. Les pervibrateurs seront retirés lentement pour ne pas laisser de vide.

La vibration se poursuivra jusqu'à ce que la remontée des bulles d'air soit pratiquement terminée et cessera à l'apparition de la laitance ou d'eau en excès.

Les pervibrateurs ne seront pas insérés dans le béton au hasard ou de manière irrégulière ni utilisés pour déplacer le béton d'un point à un autre à l'intérieur des coffrages. Les pervibrateurs ne devront pas entrer en contact avec les armatures et les coffrages. Les moyens de pervibration seront indiqués dans les programmes de bétonnage.

Lorsque la présence de bulles d'air est préjudiciable à l'ouvrage, l'épaisseur des couches sera réduite et un serrage supplémentaire sera fait le long des coffrages après le serrage régulier de l'ensemble de la surface mise en œuvre.

6.10.1.4. Reprise de bétonnage

L'emplacement des joints de reprise du béton autres que les joints indiqués sur les dessins ou spécifiés devra recueillir l'avis du Maître d'œuvre et de son représentant. Le béton entre les joints sera un béton de coulée continue.

Tous les joints de reprise devront aboutir contre un coffrage solide. Toutes les mesures nécessaires devront être prises (pose d'angles en bois, etc.) pour faire en sorte de conférer, aux rives et bords des joints exposés à la vue, la netteté de finition qui s'impose.

Avant de couler un béton contre un béton qui est déjà pris au niveau d'un joint de reprise, la surface du béton déjà en place doit être préparée à l'aide des méthodes décrites ci-après. Si la préparation est effectuée avant que le béton déjà en place ne soit durci, la surface sera nettoyée par jets d'eau et d'air sous une pression de 0,5 MPa de manière à exposer les gros agrégats.

Si le durcissement du béton est déjà chose faite, la surface du béton devra être écroûtée sur une profondeur d'au moins 2 cm puis nettoyée de telle façon qu'il ne subsiste pas à la surface de particules d'agrégats ou d'écailles de béton prêtes à se décoller. Dans tous les cas, la surface devra être soigneusement nettoyée par un jet d'air et d'eau sous une pression de 0,5 MPa pour éliminer de celle-ci toute la laitance, les résidus et autres matières étrangères. La surface sera humidifiée avant de couler du béton frais contre elle.

La disposition des joints de reprise et les alternances de coulage sont telles que le retrait et les incidences de la température soient réduits.

6.10.1.5. Bétonnage par temps chaud

Lorsque la température extérieure maximale dépassera 35°C, les bétonnages auront lieu de nuit sauf si des dispositions particulières sont prises pour la fabrication, le malaxage, le transport et la mise en place du béton.

Ces dispositions particulières pourront consister en :

- Arrosage et protection contre le rayonnement solaire des graviers et cailloux ;
- Arrosage des coffrages, armatures, reprises, ... ;
- Protection du béton pendant le transport et la mise en place contre le rayonnement solaire.

6.10.1.6. Bétonnage par temps froid

Dans le cadre de l'application de l'article 74.7 du fascicule 65.A du CCTG, la température en dessous de laquelle la mise en œuvre du béton n'est autorisée que sous réserve de l'emploi de moyens et de procédés préalablement agréés par le Maître d'Œuvre, est fixée à +5°C.

En l'absence d'étuvage, tout bétonnage est interdit lorsque la température mesurée sur le chantier est inférieure ou égale à 0°C.

En cas d'étuvage l'Entreprise doit satisfaire aux recommandations L.C.P.C-SETRA concernant l'étuvage par vapeur à basse pression. Le cycle et le matériel sont soumis au visa du Maître d'Œuvre.

6.10.2. Cure des bétons

La cure du béton est réalisée conformément à l'article 74.6 du fascicule 65.A du CCTG et sa durée est donnée par cet article.

On rappelle cependant que les surfaces exposées de tout béton fraîchement coulé seront traitées pendant le durcissement durant les périodes minimales suivantes :

- 7 jours pour l'époque allant d'octobre à avril inclus,
- 14 jours pour l'époque allant de juin à septembre inclus.

On rappelle également que les méthodes de cure suivantes seront acceptables sous réserve de l'accord du Maître d'Œuvre pour chaque cas particulier :

- Aspersions d'eau constante sur la surface ;
- Après un mouillage complet, recouvrement au moyen d'une membrane étanche agréée ;
- Recouvrement des surfaces horizontales à l'aide d'eau stagnante, profondeur minimale 5 mm.

6.10.3. Epreuve de contrôle et acceptation des bétons

Des épreuves de contrôle et d'acceptation des bétons seront réalisées à intervalles réguliers. Les essais seront à la charge de l'Entreprise, ils seront réalisés par un laboratoire agréé par le Maître d'œuvre.

Les résultats des essais seront la moyenne des mesures faites sur chaque série d'éprouvettes formant un prélèvement. Des essais complémentaires pourront être demandés par le Maître d'Œuvre lorsque la consistance du béton varie notablement.

Tableau 7 – Epreuves de contrôle et d'acceptation des bétons

Fréquence	Essai		Critère d'acceptation
2 fois par mois Prélèvement de trois séries de trois éprouvettes	Résistance à la compression	7 jours	Selon le critère défini par le Maître d'œuvre à l'issue des épreuves d'études
		28 jours	
	Consistance et mesure de teneur en air occlus		La consistance est identique au béton sélectionné à l'issue des épreuves d'étude La teneur en air occlus est comprise entre 4 et 6%
	Composition du béton		Selon spécifications
	Température de l'air extérieur lors du bétonnage		inférieure à 30°C (sauf exception)

6.11. ARMATURES

6.11.1. Préparation

Les armatures seront exemptes de rouille et de calamine non adhérente, c'est-à-dire qui ne peuvent pas être enlevées par friction d'un chiffon en toile de jute.

6.11.2. Mise en place

Les armatures seront arrimées par ligatures et cales de façon à ne pas se déplacer lors de la mise en œuvre du béton.

Les armatures seront parfaitement propres, sans mortier, béton, terre, graisse ou autre matière étrangère.

Les coupleurs seront serrés avec une clé dynamométrique spéciale livrée par le fabricant. Le filetage conique des barres sera réalisé conformément aux directives du fabricant (machine à fileter).

6.11.3. Protection

Lors de la prise du béton, après qu'il ait perdu sa plasticité, les armatures ne devront pas être soumises au choc et ne pas subir d'effort (pliage ou utilisation des barres pour le déplacement du personnel) pendant 48 h.

6.11.4. Tolérances

Tableau 8 – Tolérances relatives aux aciers de béton armé

Type	Tolérance
------	-----------

Distance (d) entre les nappes de murs, de dalles ou de poutres	0,5 cm pour d inférieur à 15 cm 1,0 cm pour d compris entre 15 et 80 cm
Longueur des barres	+/- 4 cm +/- 1.5 cm dans les zones de discontinuité (appui...)
Enrobage	Moins : 15% Plus : 30%

6.11.5. Inspection

Les niveaux et axes de références des armatures ainsi que la position des armatures précédemment mises en place seront vérifiés avant bétonnage.

Avant chaque bétonnage, l'Entrepreneur soumettra ces contrôles au Maître d'Œuvre qui donnera l'autorisation de bétonner.

6.12. COFFRAGES

6.12.1. Inspection

Les niveaux et axes de références, les niveaux et positions des levées précédentes de béton ainsi que la position des armatures précédemment mises en place seront vérifiés avant la mise en place des coffrages.

Avant chaque bétonnage, l'Entrepreneur soumettra ces contrôles au Maître d'Œuvre qui donnera l'autorisation de bétonner.

6.12.2. Préparation

Les coffrages, après nettoyage, seront enduits suivant les instructions du fabricant, d'un produit de démoulage.

Les coffrages seront protégés contre les poussières et salissures.

6.12.3. Mise en place

Les coffrages seront mis en place de manière que les surfaces de béton satisfassent les tolérances définies ci-après :

- Les surfaces délimitées par les joints entre panneaux de coffrages devront être régulières ;
- Sauf stipulations contraires, les joints devront être verticaux ou horizontaux ;
- La position des éventuelles reprises de bétonnage devra être soumise à l'approbation du Maître d'Œuvre ;
- Les dispositifs de liaison des coffrages, s'ils sont acceptés, devront être placés de manière uniforme avec l'alignement des joints.

Les arrêtes verticales et horizontales seront pourvues de chanfreins. Les niveaux des reprises de bétonnage seront pourvus de tasseaux définissant les limites entre deux levées de bétonnage.

La tolérance sur toute dimension mesurée entre parements opposés ou entre arêtes ou entre intersection d'arêtes est donnée en fonction de cette dimension par le tableau suivant entre les valeurs duquel il est loisible d'interpoler.

Tableau 9 – Défaut d'aplomb maximal tolérable sur un élément de direction voisine de l'horizontale

Dimension	Tolérance
Dimension ≤ 1 m	± 1 cm
1 m < dimension ≤ 5 m	± 2 cm
5 m < dimension ≤ 25 m	± 3 cm

Tableau 10 – Défaut d'aplomb maximal tolérable sur un élément de direction voisine de la verticale

Hauteur	Tolérance
0 à 1 m	± 2.0 cm
1 à 5 m	± 2.5 cm

La tolérance d'implantation par rapport aux axes définis sur les plans ne dépassera pas 2 cm.

Les tolérances sont indiquées dans les tableaux ci-dessous (classe 2) :

- Irrégularité singulière : Toute irrégularité sera dite localisée si elle résulte d'un mauvais alignement, d'un déplacement relatif ou du mauvais état des coffrages ou de toute autre cause. Les irrégularités seront mesurées directement ou grâce à une règle ou gabarit de 20 cm de longueur.
- Irrégularité graduelle : Toutes les autres irrégularités seront mesurées grâce à une règle pour les surfaces planes et un gabarit équivalent pour les surfaces courbes. La longueur de la règle du gabarit sera de 1,50 m.
- Défauts : Les nids de cailloux, perte de laitance et arrachage de la peau du béton ne seront pas considérés comme des irrégularités mais comme des défauts.

Tableau 11 – Tolérances d'état de surface des parements

Irrégularité	Tolérance			
	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4
Singulière	2 mm	4 mm	8 mm	-
Graduelle	6 mm	8 mm	15 mm	40 mm

Tableau 12 – Tolérances d'état maximal dans les joints d'éléments de coffrage

	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4
Tolérance	1 mm	2 mm	4 mm	-

6.12.4. Décoffrage

Les coffrages ne seront pas déplacés ou enlevés avant que le béton n'ait atteint une résistance suffisante pour supporter son poids propre ainsi que les charges de construction ou de projet qui pourraient les solliciter.

Le décoffrage sera effectué sans choc et de manière à ne pas endommager les surfaces du béton.

Le décoffrage pourra être décidé en fonction de la résistance à la compression d'éprouvettes conservées dans des conditions similaires à celles de la structure considérée. Ces éprouvettes seront en supplément des éprouvettes spécifiées dans la section béton.

D'une manière générale, les coffrages et supports des structures suspendues ne seront pas enlevés avant que le rapport de la résistance à la compression des éprouvettes conservées dans des conditions similaires à celles de la structure considérée à la résistance spécifiée soit supérieur au rapport du poids propre plus les charges de construction à la charge de projet avec un minimum de 0,50.

6.12.5. Ragréage et finition

Si les parements présentent au décoffrage certains défauts localisés (nid de cailloux, armatures accidentellement apparentes) ou irrégularités, l'Entreprise avisera le Maître d'Œuvre avant tout ragréage afin que ces défauts et irrégularités fassent l'objet d'un constat contradictoire et d'un examen.

Si, de l'avis du Maître d'Œuvre, les défauts ne mettent pas en cause la conservation de la qualité de la structure, l'Entreprise proposera les travaux de réfection nécessaires préalablement à tout ragréage.

Les reprises qui peuvent être imposées à l'Entreprise pour obtenir une qualité de parement de classe 1 sont entièrement à la charge de l'Entreprise.

Le ragréage des défauts localisés et des trous laissés par les attaches et entretoises des coffrages s'effectuera au mortier de ciment avec un additif destiné à éviter tout retrait.

Les épaufrures, bavures et irrégularités incompatibles avec la qualité de parement spécifiée seront réparées par ragréage, comme spécifié pour les défauts ou par meulage.

6.13. GÉOSYNTHÉTIQUES

(NF G38-060, Fascicule 67-III, Recommandations du CFG)

L'ensemble des géosynthétiques doivent être mis en œuvre conformément aux règles de l'art (Fascicule et recommandations du CFG notamment) ainsi qu'aux spécifications des fabricants.

Les travaux de pose des géosynthétiques seront exécutés par du personnel spécialisé, certifié (notamment ASQUAL Service - Soudage pour les soudeurs et ASQUAL Service – Responsabilité en chantier pour chaque individu), et pouvant faire état de nombreuses références en la matière.

6.13.1. Transport – Manutention – Stockage – Etiquetage

Toutes précautions doivent être prises pour ne pas endommager les géosynthétiques lors des différentes opérations de transport, manutention, stockage, mise en œuvre,

Lors du stockage sur chantier, il convient de prendre toutes les dispositions destinées à limiter l'endommagement des géosynthétiques à savoir :

- Disposer d'une aire plane, propre, sèche, de portance suffisante et maintenue hors d'eau pour permettre la circulation des engins, débarrassée de tous matériaux et outils ;
- Ne pas superposer les rouleaux de géosynthétiques :

- Sur plus de 3 niveaux ;
- En porte à faux ou en couches croisées ;
- Protéger les géosynthétiques et plus particulièrement les géotextiles et produits apparentés contre l'ensoleillement et les intempéries lors d'un stockage prolongé (15 jours) ;
- Les informations concernant les géosynthétiques doivent être complètes et visibles (Marquage CE, appellation du produit, traçabilité, dimensions, certificats, plan de calepinage le cas échéant, ...) ;
- L'organisation du stockage doit permettre une identification immédiate du type de géosynthétique de façon à éviter tout risque de d'échange lors de la mise en œuvre.

Il convient de limiter au strict minimum les opérations de manutention sur chantier, pour éviter la détérioration de l'état de surface de la structure support. Ces opérations doivent permettre d'optimiser le positionnement des rouleaux ou ballots en vue de l'opération de déroulage ou de dépliage.

6.13.2. Support des géosynthétiques

La préparation de la surface de pose des géosynthétiques comprend/nécessite a minima :

- La mise à sec par tout moyen approprié (drainage temporaire, pompage, évacuation gravitaire, ...) et le curage préalable éventuelle ;
- Sauf spécifications contraire, le support (fond de forme et couche de forme éventuelle) devra respecter les exigences suivantes :
 - Enlèvement de toute végétation et tout élément susceptible d'endommager les géosynthétiques (racine, souches, ...) ;
 - Purge de la terre végétale et d'éventuels dépôts superficiels de matière organique dans la mesure où ces derniers sont d'épaisseur limitée (de l'ordre de 0,5m au plus sur toute la surface) ;
 - Homogénéité de la couche de forme le cas échéant ;
 - Eviter les aspérités.

6.13.3. Géotextile

Lors de la mise en œuvre des géotextiles, une attention particulière devra être portée :

- Pour éviter tout pli des nappes de géotextiles ;
- Pour assurer le recouvrement (minimum $\geq 50\text{cm}$) et à la liaison des nappes de géotextiles, pratiquer "en tuile" ;
- Au lestage / ancrages des nappes de géotextiles ;
- Au raccordement des ouvrages ;
- A la mise en œuvre des différentes couches à l'avancement afin d'éviter une exposition prolonger dans le temps des couches inférieures susceptibles d'être à l'origine de désordres notamment liées aux intempéries ou à l'exposition ;
- A la préservation des couches sous-jacentes, notamment l'étanchéité pour les géotextiles de protection supérieurs.

6.13.4. Contrôles

Les contrôles à réaliser portent et comprennent notamment sur :

- L'organisation générale du chantier de mise en œuvre des géosynthétiques (PAQ, ...) ;
- Les bonnes conditions de réception, stockage et manutention sur chantier ;
- La réception de la structure support : avant chaque début de pose et après chaque épisode d'intempérie
 - Etat général de la structure support (homogénéité, absence d'éléments saillants, propreté, ...) ;
 - Planéité et géométrie (respect des pentes, du traitement des angles, ...) ;
 - Ancrage (dimensions des tranchées, lestage temporaire, ...) ;
 - Gestion des venues d'eau ;
- Le contrôle du calepinage et des recouvrements (largeur conforme) ;
- Pour la mise en œuvre des géosynthétiques de façon globale :
 - Vérification visuelle en continue de l'intégrité des couches sous-jacentes ;
 - Vérification visuelle en continue (calepinage, assemblage, ...) : contrôle interne à chaque lé posé ;
- Remise du DOE complet avec notamment :
 - Un journal de chantier avec les conditions climatiques de mise en œuvre et les cadences de mise en œuvre ;
 - Toutes les fiches de contrôles internes ;
 - Toutes les fiches de non-conformité et leur traitement.

6.14. EQUIPEMENTS

6.14.1. Dispositif de batardage

L'entreprise devra assurer la mise en place des dispositifs selon les prescriptions du fabricant. La pose devra être réversible sans détérioration des ouvrages existants.

Les travaux comprennent à la fois :

- Les tâches préparatoires à leur installation :
 - Nettoyage ;
 - Préparation des supports en génie civil (saignée, ragréage/nivellement, ...) ;
 - ...
- L'installation des parties fixes des dispositifs ;
- La mise en place des parties mobiles.

Des essais d'étanchéité seront mis en œuvre site. L'entreprise devra fournir les certificats de conformité des matériaux et un rapport de mise en œuvre.

6.14.2. Abris pour coffrets électriques

L'abri sera livré monté ou prémonté. Il sera mis en place sur la dalle béton existante.

Le raccordement électrique sera réalisé par un électricien qualifié.

L'installation devra respecter les règles de sécurité en vigueur.

6.14.3. Abris démontables de protection contre les intempéries

Le montage sera réalisé par une équipe qualifiée, conformément aux prescriptions du fabricant. Les éléments seront assemblés mécaniquement sans soudure sur site.

L'abri devra être entièrement démontable sans détérioration des composants. Les éléments devront être réutilisables et stockables. Les fixations devront permettre un démontage rapide.

6.14.4. Dispositifs de fermeture de fermeture et d'accès à la chambre de pompage

La pose devra être réalisée conformément aux prescriptions du fabricant et aux règles de l'art.

Les dispositifs seront fixés de manière stable et durable sur leur support, avec vérification de l'horizontalité et de l'étanchéité éventuelle.

6.14.5. Echelle sécurisée

6.14.5.1. Chambre de pompage

L'échelle sera fixée sur structure béton selon les prescriptions du fabricant.

La pose sera réalisée par du personnel qualifié disposant des habilitations nécessaires. Un contrôle de verticalité et de bon fonctionnement du système antichute sera effectué après installation.

6.14.5.2. Regard R0

L'entreprise procédera à la dépose complète de l'échelle existante, y compris les fixations, sans détérioration de l'ouvrage. Les éléments déposés seront évacués vers une filière de traitement agréée.

L'échelle neuve sera fournie et posée à l'identique, avec adaptation des fixations si nécessaire. La pose comprendra l'ancrage, le scellement, les protections anticorrosion et les essais de stabilité.

Dans le cas où l'échelle existante présente un état structurel globalement satisfaisant, une réparation peut être envisagée en alternative au remplacement complet. Cette option inclut notamment :

- Le contrôle visuel et mécanique des fixations existantes (chevilles, scellements, ancrages) ;
- Le remplacement, le renforcement des fixations défectueuses ou l'ajout de fixations complémentaires ;
- Le traitement anticorrosion localisé des zones oxydées ;
- Le resserrage ou le remplacement des éléments de liaison (boulons, rivets) ;

Les conditions de réparation sont soumises aux critères suivants :

- L'échelle doit présenter une géométrie conforme (alignement, entraxe des barreaux, ancrage) ;

- L'absence de déformation majeure ou de rupture de barreaux ;
- L'accord du maître d'œuvre après inspection contradictoire et description des réparations proposées.

Le cas échéant, les exigences techniques demandées sont les suivantes :

- Les fixations réparées doivent garantir une tenue équivalente à l'état neuf ;
- Les produits de scellement ou de fixation doivent être certifiés CE et adaptés au support ;
- Le traitement anticorrosion doit être conforme à la norme ISO 12944.

6.14.6. Garde-corps

Il est démontable facilement (gouille, ...) pour permettre son retrait dans le cadre des opérations de maintenance.

La mise en œuvre est conforme aux prescriptions du fabricant et aux normes NF E85-015 et/ou EN ISO 14122-3.

6.14.7. Clôture

La pose devra être réalisée conformément aux règles de l'art (fascicule 35) et aux prescriptions du fabricant.

Les alignements et niveaux devront être rigoureusement respectés.

6.14.8. Dispositif de pompage

Les travaux seront réalisés conformément aux recommandations des fournisseurs. L'Entrepreneur procédera à la mise en service complète des dispositifs, incluant :

- Les essais de fonctionnement à vide et en charge ;
- La vérification des niveaux de déclenchement et d'arrêt ;
- La validation du fonctionnement du variateur et du démarrage progressif ;
- La vérification, la validation et l'étalonnage si nécessaire des dispositifs de mesure de débits ;
- La remise d'un rapport de mise en service.

6.14.9. Bac de décantation

Les travaux seront réalisés conformément aux recommandations des fournisseurs. L'Entrepreneur procédera à la mise en service complète des dispositifs, incluant :

- Les essais de fonctionnement en charge ;
- La vérification des niveaux et de l'étanchéité.

6.14.10. Conduites et raccordements

La pose des conduites de refoulement sera réalisée conformément aux CCTG n°70 et 71 et aux prescriptions du fabricant, de façon notamment :

- A assurer une parfaite étanchéité des conduites (notamment lors de l'assemblage) ;
- A éviter tout endommagement des conduites et des regards (notamment au droit de la traversée du regard dont l'étanchéité doit être assurée par ailleurs) ;
- A éviter tout endommagement des conduites et autres du fait du gel ;
- Fixation :
 - Tous les 1,5 m maximum avec colliers adaptés ;
 - Prévoir des points fixes et coulissants pour gérer la dilatation ;
 - Protection mécanique si exposition aux chocs ou aux UV.

6.14.11. Travaux de remise en place et remise des équipements existants

L'Entrepreneur procédera à la remise en état complète, à la remise en place et à la remise en service des équipements suivants, actuellement déposés, en veillant à leur bon fonctionnement et à leur conformité aux prescriptions initiales, y compris tout ajustement nécessaire :

- Débitmètres à seuil en V (x2) :

Chaque débitmètre est composé :

 - D'un seuil en V calibré (à repositionner ou à remplacer si endommagé),
 - D'une sonde de niveau à réinstaller et raccorder ;

Les dispositifs devront être nettoyés, vérifiés, repositionnés et fixés comme à l'origine. Des adaptations sont possibles si nécessaire, elles restent toutefois soumises à l'agrément du Maître d'œuvre ;

Un étalonnage complet devra être réalisé après remise en service, avec remise d'un rapport de calibration ;
- Capteurs de turbidité (x2) :

Les capteurs seront nettoyés, contrôlés, rebranchés et étalonnés selon les recommandations du fabricant. L'étalonnage devra être documenté et validé par un rapport de vérification conformément aux prescriptions du fabricant ;

Toute pièce défectueuse devra être remplacée par un élément strictement équivalent ;
- Coffrets électriques :
 - Les coffrets existants seront révisés, nettoyés, vérifiés électriquement ;
 - Les connexions, borniers, protections et organes de commande seront contrôlés et remis en état si nécessaire ;
 - Les raccordements aux capteurs et équipements seront rétablis comme à l'origine ;
 - Un essai fonctionnel complet sera réalisé à l'issue de la remise en service.

6.15. DIVERS

6.15.1. Rebouchage de forage

Le rebouchage du forage est réalisé conformément à l'article 5.5 de la norme ISO 22475-1.