



Restauration de la continuité écologique sur le secteur aval du Dessoubre au droit des seuils de « Fleurey », « Neuf Gouffre » et la « Voyèze »

Mission de maîtrise d'œuvre

RAPPORT DE PROJET – SITE DE LA VOYEZE

**Restauration de la continuité écologique sur le secteur aval du Dessoubre au droit des seuils de
« Fleurey »,
« Neuf Gouffre » et la « Voyèze »**
Mission de maîtrise d'œuvre
EPAGE Doubs Dessoubre
Rapport de Projet – Site de la Voyeze

Indice :	Etabli par :	Vérifié par :
D	 Quentin ROUQUIER 24/03/2022	 Mathieu MARECHAL 31/03/2022

ARTELIA
Agence Bourgogne / Franche-Comté
21, Avenue Albert Camus
21 000 DIJON

Rapport de Projet – Site de la Voyeze
RESTAURATION DE LA CONTINUITE ECOLOGIQUE SUR LE SECTEUR AVAL DU DESSOUBRE AU DROIT DES SEUILS DE « FLEUREY »,
« NEUF GOUFFRE » ET LA « VOYEZE »

SOMMAIRE

PRÉAMBULE	10
A. RAPPEL DU CONTEXTE	11
1. LOCALISATION DU SECTEUR D'ÉTUDE	12
2. PRÉSENTATION DE L'OUVRAGE	13
2.1. Présentation du complexe hydraulique	13
2.2. Description de l'ouvrage et de ses abords	14
2.2.1. Déversoir	14
2.2.2. Vanne de décharge.....	14
2.2.3. Canal usinier	15
2.2.4. Pont communal de la Voyèze.....	15
2.2.5. Passe à poissons de la Vauclusotte	17
3. CONTEXTE FONCIER	18
4. CONTEXTE HYDROLOGIQUE.....	20
4.1. Débits caractéristiques	20
4.2. Débits classés	20
5. CONTEXTE HYDRAULIQUE	21
5.1. Méthode	21
5.2. Modélisation hydraulique	21
5.3. Résultats	22
5.3.1. Hauteur de chute	22
5.3.2. Remous liquide	22
5.3.3. Vitesses au droit du complexe hydraulique.....	23
B. DESCRIPTION DES AMENAGEMENTS.....	24
1. PRINCIPE D'INTERVENTION	25
2. GESTION DES ACCÈS	25

3. MÉTHODE D'INTERVENTION.....	26
4. RÉSUMÉ DES AMÉNAGEMENTS	27
5. PRINCIPALES CARACTÉRISTIQUES	27
5.1. Démantèlement de l'ouvrage	27
5.2. Reprofilage des fonds et remodelage du lit mineur	28
5.2.1. Contraintes et objectifs	28
5.2.2. Remodelage du cours d'eau entre le seuil et le pont communal en amont	28
5.2.3. Remodelage du cours d'eau en aval du seuil et en amont du pont communal	29
5.2.4. Création de radiers	29
5.2.5. Aménagements ponctuels	30
5.3. Fermeture de l'entrée du canal usinier et accompagnement du bâti.....	30
5.4. Comblement du canal usinier	31
5.5. Mesures d'accompagnement	31
5.5.1. Confortement des fondations du pont	31
5.5.2. Prolongement de la passe à poissons sur la Vauclusotte	32
5.5.3. Remodelage de la berge rive gauche en amont du seuil et aménagement d'une protection de berge en enrochements	34
5.5.4. Traitement de la végétation	35
6. PLANNING PRÉVISIONNEL DE RÉALISATION	35
7. ESTIMATION FINANCIÈRE	35
8. PLANS DES AMÉNAGEMENTS	37
9. EVALUATION DES INCIDENCES.....	37
9.1. Composante hydraulique	37
9.1.1. Hauteurs d'eau.....	37
9.1.2. Vitesses d'écoulements et forces tractrices.....	39
9.2. Composante géomorphologique	41
9.3. Composante hydro-écologique.....	41
9.4. Composante sociale et paysagère.....	41

C.	DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES ET MODALITES D'EXECUTION.....	43
1.	DÉFINITION DES CONTRAINTES.....	44
1.1.	Contraintes hydrauliques	44
1.1.1.	Station de référence	44
1.1.2.	Contrôle des niveaux d'eau au droit du site	44
1.1.3.	Travaux en rivière.....	44
1.1.4.	Rappels des débits de crue	44
1.1.5.	Mise à sec du chantier et gestion des eaux	44
1.2.	Contraintes environnementales	45
1.2.1.	Consignes générales	45
1.3.	Contraintes des ouvrages existants	46
1.3.1.	Gestion des espèces envahissantes.....	46
1.3.2.	Respect de la faune et de la flore	47
1.4.	Contraintes d'accès au site	47
1.4.1.1.	Installation de chantier	47
1.4.1.2.	Livraison.....	47
1.4.1.3.	Accès au chantier.....	48
1.5.	Contraintes réglementaires	48
2.	DISPOSITIONS GÉNÉRALES	48
2.1.	Plan d'assurance qualité et respect de l'environnement.....	48
2.2.	Réseaux concessionnaires	48
2.3.	Préparation du chantier	50
2.4.	Etudes d'exécution	50
2.4.1.	Opération à la charge du Maître d'Ouvrage	50
2.4.2.	Opération à la charge de l'entreprise	50
2.4.2.1.	Opérations à exécuter pendant la période de préparation	50
2.4.2.2.	Opérations à exécuter pendant le déroulement des travaux	51
2.4.2.3.	Opérations à exécuter après le déroulement des travaux	52
3.	PROVENANCE, QUALITÉ ET MISE EN ŒUVRE DES MATÉRIAUX	52

3.1. Prescriptions générales	52
3.1.1. Matériaux et produits normalisés	52
3.1.2. Matériaux et produits non normalisés	53
3.1.3. Lieu de stockage provisoire des matériaux.....	53
3.1.4. Chargement – Transport – Stockage	53
3.1.4.1. Chargement.....	53
3.1.4.2. Transport	53
3.1.4.3. Stockage.....	53
3.1.5. Essais de contrôle des livraisons	53
3.2. Terrassement	53
3.2.1. Déblais	54
3.2.1.1. Généralités.....	54
3.2.1.2. Dérasement de l’ouvrage de la Voyèze et ouvrages associés	55
3.2.1.3. Remodelage du lit mineur au droit des ouvrages	55
3.2.1.4. Prolongement de la passe à poissons sur la Voyèze	55
3.2.1.5. Arasement du merlon du canal usinier	56
3.2.1.6. Reprofilage des berges.....	56
3.2.2. Remblais	57
3.2.2.1. Généralités.....	57
3.2.2.2. Matériaux granulaires d’apport pour la recharge sédimentaire.....	58
3.2.2.3. Remodelage du lit mineur du Dessoubre	58
3.2.2.4. Terre végétale d’apport	59
3.2.2.5. Matériaux calcaire-terreux d’apport et comblement partiel du canal.....	59
3.3. Béton et mortier.....	60
3.3.1. Utilisation	60
3.3.2. Mise en œuvre des bétons.....	60
3.3.3. Qualité du béton et du mortier	61
3.3.3.1. Béton de structure.....	61
3.3.3.2. Béton de lestage.....	62
3.3.3.3. Béton de liaisonnement des enrochements	62
3.3.3.4. Mortier	63
3.3.4. Contrôle de la qualité des livraisons	63
3.3.5. Granulats	64
3.3.6. Adjuvants.....	64

3.3.7. Armatures pour béton armé	65
3.3.7.1. Normes et règlements	65
3.3.7.2. Qualité des aciers	65
3.3.7.3. Enrobages	65
3.3.8. Coffrages pour béton armé.....	66
3.3.8.1. Normes et règlements	66
3.3.8.2. Coffrages.....	66
3.3.9. Eléments préfabriqués	66
3.4. Enrochements	66
3.4.1. Mise en œuvre	66
3.4.1.1. Confortement de berges	66
3.4.1.2. Enrochements de diversification	67
3.4.2. Blocométrie	67
3.4.2.1. Description.....	67
3.4.2.2. Confortement des berges du Dessoubre	68
3.4.2.3. Blocs de diversification du lit mineur du Dessoubre	68
3.4.3. Qualité	68
3.4.4. Morphologie : définition des tolérances.....	69
3.4.4.1. Morphologie	69
3.4.5. Mise en dépôt d'agrément	69
3.4.6. Essais de contrôle des livraisons	69
3.5. Travaux de défrichement et d'entretien de la végétation	70
3.5.1. Déboisement et défrichement	70
3.5.2. Exploitation des arbres et élimination des rémanents végétaux	70
3.5.3. Rétention des déchets végétaux	71
3.6. Géotextiles	71
3.6.1. Treillis coco biodégradable	71
3.6.1.1. Description.....	71
3.6.1.2. Mise en œuvre	71
3.6.2. Géotextile anticontaminant.....	72
3.7. Plantations et génie végétal	72
3.7.1. Qualité des végétaux.....	72
3.7.1.1. Généralités.....	73
3.7.1.2. Boutures de saules	73

3.7.1.3. Plants d'arbres et arbustes (NF V12-051 / NF V12-057)	73
3.7.2. Plantations d'arbres, d'arbustes et de boutures	74
3.7.2.1. Principes généraux	74
3.7.2.2. MISE EN OEUVRE DES BOUTURES	74
3.7.2.3. Arbres et arbustes	75
3.7.3. Exécution des semis - Enherbement	75
3.7.3.1. Généralités	75
3.7.3.2. Prescriptions	75
3.7.3.3. TRAVAUX APRES SEMI	76
3.8. Micropieux	76
4. RECEPTION DES TRAVAUX	77
4.1. Constat de fin de travaux de construction	77
4.2. Documents à remettre au Maitre d'OEuvre	77
4.3. Opérations préalables à la réception	78
4.4. Réception	78
ANNEXES	80
1- Plans des aménagements projetés	80
2- Rapport géotechnique G2-PRO	80
TABLEAUX	
Tableau 1. Débits caractéristiques du Dessoubre au droit de la station la plus proche à Saint-Hippolyte	20
Tableau 2. Débits classés caractéristiques du Dessoubre à Saint-Hippolyte	21
Tableau 3. Hauteurs de chute au droit du seuil	22
Tableau 4. Remous hydraulique du seuil	22
Tableau 5. Incidences sur la ligne d'eau au droit de l'entrée de la passe à poissons sur la Vaclusotte	33
Tableau 6. Géométrie de la passe à poissons	34
Tableau 7. Incidences des aménagements sur les hauteurs d'eau	37
Tableau 8. Incidences des aménagements sur les contraintes érosives (crue décennale)	40
Tableau 9. Rappels des débits de crue du Dessoubre (m3/s)	44
Tableau 10. Opérations à la charge du Maître d'ouvrage	50
Tableau 11. Opérations à exécuter pendant la période de préparation	50
Tableau 12. Opérations à exécuter pendant le déroulement des travaux	51
Tableau 13. Opérations à exécuter à la fin des travaux	52
Tableau 14. Caractéristiques des bétons de structure	61
Tableau 15. Niveau de prévention de l'alcali-réaction	62
Tableau 16. Caractéristiques des bétons de propreté	62
Tableau 17. Caractéristiques des bétons de liaisonnement	63

Tableau 18. Caractéristiques du mortier	63
Tableau 19. Blocométrie des enrochements de confortement de berge du Dessoubre	68
Tableau 20. Blocométrie des enrochements de diversification du Dessoubre.....	68

FIGURES

Figure 1. Carte de localisation générale du secteur d'étude	12
Figure 2. Configuration générale du complexe hydraulique de la Voyèze	13
Figure 3. Seuil de la Voyèze et vue aval.....	14
Figure 4. Vanne de décharge du seuil de la Voyèze.....	14
Figure 5. Canal usinier du site de la Voyèze.....	15
Figure 6. Pont de la Voyèze - Vue amont (à gauche) et vue aval (à droite).....	16
Figure 7. Principe de coffrage lors de l'opération de confortement du pont (source : ARTEIS Ingénierie)	16
Figure 8. Elévation du pont de la Voyèze.....	17
Figure 9. Désordres du pont de la Voyèze	17
Figure 10. Passe à poissons de type "pré-barrages" de la Vauclusotte	18
Figure 11. Courbes des débits classés du Dessoubre à Saint-Hippolyte.....	20
Figure 12. Remous hydraulique induit par l'ouvrage de la Voyèze	22
Figure 13. Evolution des vitesses d'écoulement au droit du complexe hydraulique	23
Figure 14. Evolution des vitesses d'écoulement au droit du complexe hydraulique	24
Figure 15. Détail des accès à la zone de travaux	26
Figure 16. Solution de confortement des fondations du pont communal (source : GEOLITHE) ..	32
Figure 17. Plan de masse de l'extension de la passe à poissons existante.....	34
Figure 18. Localisation des profils utilisés pour l'analyse des incidences du projet sur les hauteurs d'eau	38
Figure 19. Evolution des vitesses d'écoulement au droit du complexe hydraulique	43

PREAMBULE

Le Dessoubre est une rivière comtoise coulant dans les plateaux calcaires du Jurassique. Cet affluent du Doubs, long de 34 km, est une rivière classée en première catégorie piscicole. Il prend sa source au pied du cirque de Consolation pour s'écouler vers Saint Hippolyte, où il conflue avec le Doubs.

Situé dans le département du Doubs, le Dessoubre est une rivière qui, grâce à sa pente importante, est propice à l'installation de moulins, de nombreux ouvrages ont ainsi été construit (retenue d'eau et canal de dérivation vers des moulins à eau).

Les barrages présents sur le Dessoubre génèrent des impacts importants sur le cours d'eau. Ils modifient les flux liquides, solides et biologiques : absence de courant et d'auto-épuration, accumulation de sédiments dans les seuils, perturbation des processus naturels d'équilibre et de distribution des sédiments par l'effet de point dur. Ce cloisonnement est à double effet pour les biocénoses aquatiques par la dégradation des qualités physiques du milieu (réchauffement climatique, appauvrissement en teneur d'oxygène, eutrophisation au sein de la retenue d'eau) et l'immobilisation des populations piscicoles (entrave des accès aux frayères, isolement génétique des populations, etc.).

L'**EPAGE Doubs Dessoubre** est chargé de la mise en œuvre d'un programme d'aménagements issu d'un travail collectif entre élus, acteurs locaux, partenaires financiers, propriétaires et services de l'Etat.

A l'initiative des représentants de l'EPAGE, le bureau d'études ARTELIA a été mandaté afin de déterminer les conditions de faisabilité et les modalités techniques d'aménagement dans l'optique de restaurer la continuité écologique sur un tronçon du Dessoubre.

Pour rappel, l'objectif de rétablissement de la continuité écologique sur les cours d'eau constitue un enjeu prégnant de la Directive Cadre sur l'Eau et du SDAGE Rhône Méditerranée Corse. Selon l'article L214-17 du Code de l'Environnement et l'arrêté préfectoral n°13-252 du 13 septembre 2013, le tronçon aval du Dessoubre est classé en « Liste 2 » (L2_55). Des actions de restauration de la continuité écologique y sont donc obligatoires, en particulier sur les ouvrages de Fleurey, de Neuf-Gouffre et de la Voyèze, inscrits dans le référentiel des obstacles à l'écoulement (ROE).

La présente mission relative à la **restauration de la continuité écologique sur le secteur aval du Dessoubre au droit des seuils de Fleurey, Neuf-Gouffre et la Voyèze** se décompose en deux tranches d'études :

- Une **tranche ferme** relative aux études de maîtrise d'œuvre portant sur les seuils de Fleurey et Neuf-Gouffre ;
- Une **tranche optionnelle** relative aux études de maîtrise d'œuvre portant sur le seuil de la Voyèze.

Le présent document formalise les études de Projet (PRO) relatives au seuil de la Voyèze. Cette phase consiste en la définition détaillée de la solution technique retenue, correspondant à un effacement total de l'ouvrage et intégrant le confortement du pont communal localisé en amont.



A. RAPPEL DU CONTEXTE

1. LOCALISATION DU SECTEUR D'ETUDE

Le secteur d'étude global se compose de deux périmètres distincts :

- Un **périmètre élargi**, correspondant à un tronçon de cours d'eau suffisamment grand pour caractériser le type morphologique, ainsi que les capacités morpho-dynamiques générales de la rivière. Dans le cas présent, ce tronçon d'étude dit « élargi » s'étend sur près de 8 km, depuis environ 600 m en amont du pont de la RD273 (limite amont) jusqu'à l'aval du barrage de Neuf-Gouffre (limite aval).
- Un **second périmètre**, correspondant aux remous liquides induits par les trois barrages à l'étude, soit :
 - 600 m pour le barrage de la Voyèze ;
 - 900m pour le barrage de Fleurey ;
 - 300m pour le barrage de Neuf-Gouffre.

Le présent rapport concerne le seuil de la Voyèze uniquement.

Restauration de la continuité écologique sur le secteur aval du Dessoubre au droit des seuils de « Fleurey », « Neuf Gouffre » et la « Voyèze »

Carte des ouvrages et des remous liquides associés

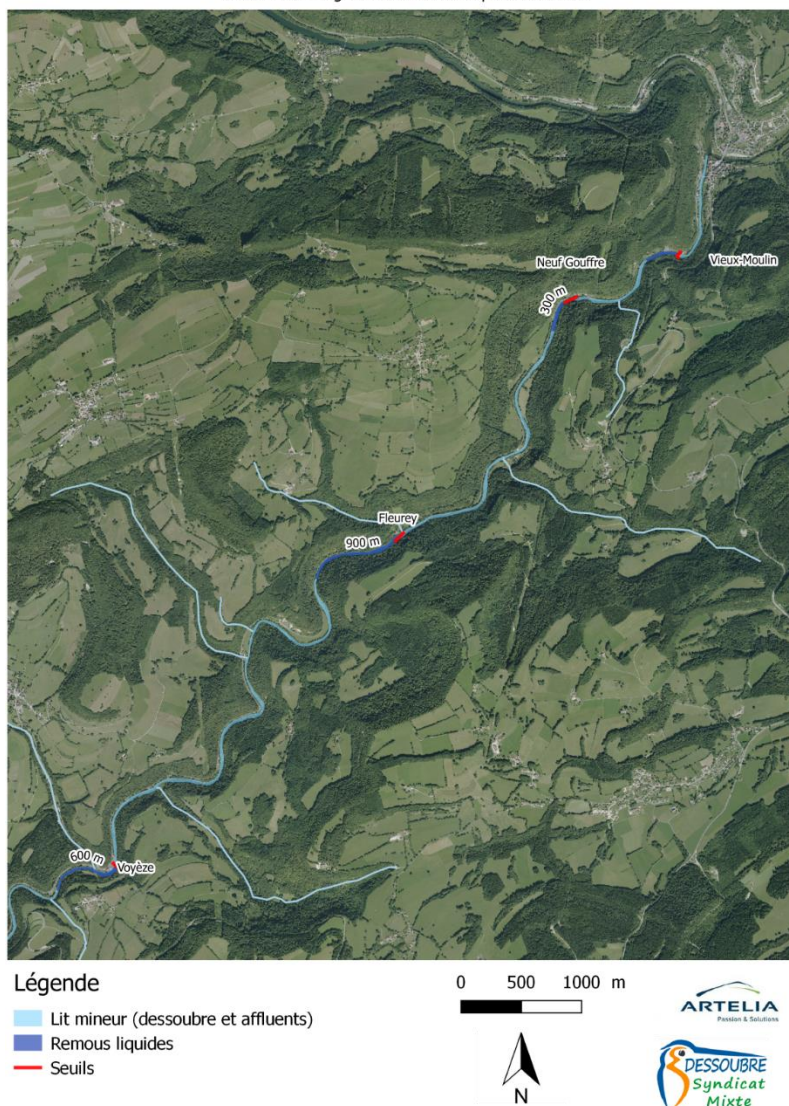


Figure 1. Carte de localisation générale du secteur d'étude

2. PRESENTATION DE L'OUVRAGE

2.1. PRESENTATION DU COMPLEXE HYDRAULIQUE

Le seuil de la Voyèze est l'un des ouvrages transversaux du Dessoubre. Il se situe sur les communes de Vaclusotte (25) en rive gauche et de Orgeans-Blanchefontaine (25) en rive droite, à environ 200 m à l'aval de la confluence avec le bief de Vau.

Cet ouvrage est référencé dans le Référentiel des Obstacles à l'Ecoulement (ROE) développé par l'OFB, sous l'identifiant ROE7854.

Le site de la Voyèze témoigne de ses activités passées à travers la présence du bâtiment surmontant l'ancien bief, ainsi que le seuil transversal permettant aujourd'hui encore l'alimentation de ce dernier. Désormais transformé en atelier de fabrication de meubles en bois, le moulin arbore un complexe hydraulique composé d'un bief en rive gauche, prolongé par une vanne décharge de type « métallique sur glissières » qui s'intègre dans le seuil maçonné.

Deux infrastructures proches ont également été identifiées en amont, à proximité de l'ouvrage à l'étude. Il s'agit :

- D'un pont communal franchissant le Dessoubre, permettant de relier les deux communes de Vaclusotte et Orgeans-Blanchefontaine ;
- D'une passe à poissons de type « bassins successifs », constituant la confluence entre le bief de Vau et le Dessoubre.

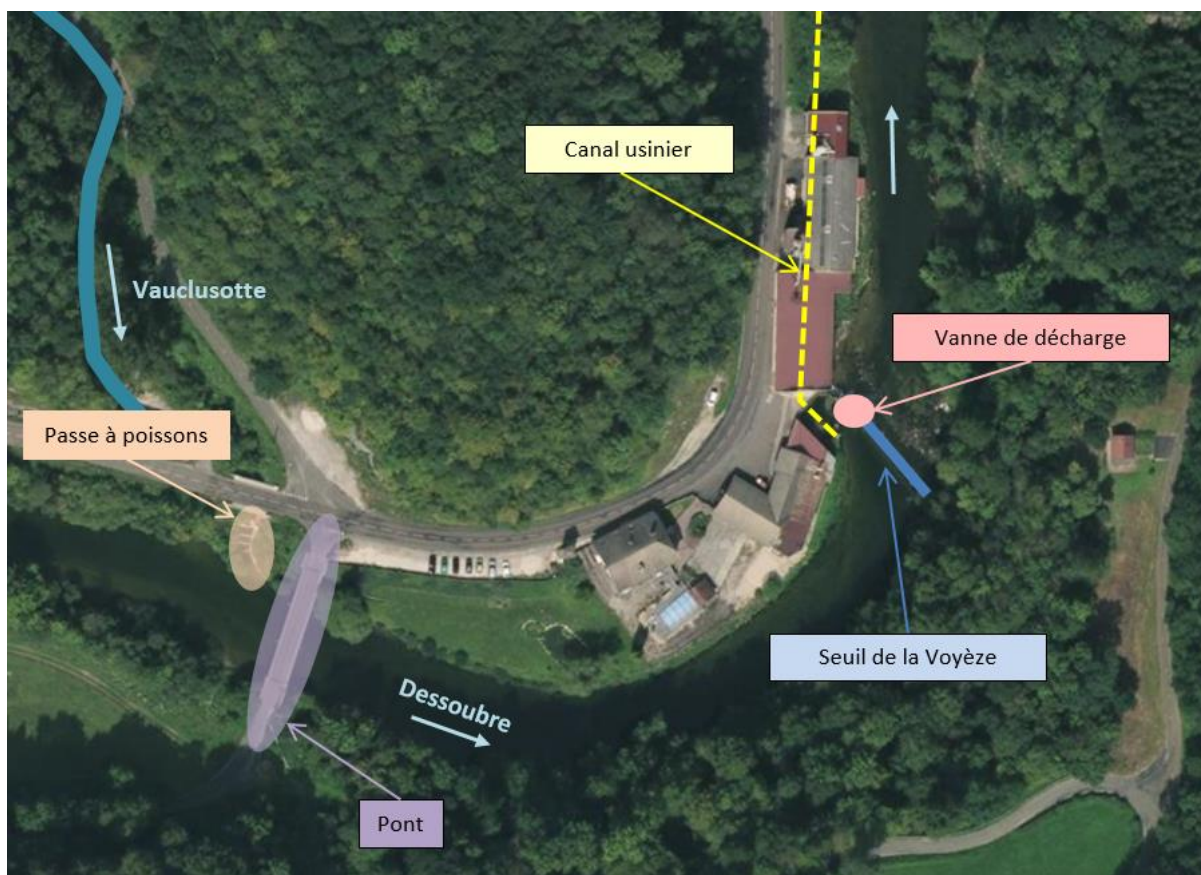


Figure 2. Configuration générale du complexe hydraulique de la Voyèze

2.2. DESCRIPTION DE L'OUVRAGE ET DE SES ABORDS

2.2.1. Déversoir

Le seuil de la Voyèze est constitué d'un déversoir de longueur déversante de l'ordre de 43 m. Il est constitué de parements amont et aval en moellons (blocs de calcaire) soigneusement maçonnés en surface. L'état général de l'ouvrage est bon. Sa crête est arasée à une cote comprise entre 403.23 et 403.31 m NGF.

La longueur totale de l'ouvrage dans le sens de l'écoulement est d'environ 5.00 à 7.00 m.



Figure 3. Seuil de la Voyèze et vue aval

2.2.2. Vanne de décharge

Il s'agit d'une vanne levante à crémaillère et vantellerie en bois. Elle se situe en rive gauche du Dessoubre, à côté du déversoir latéral, et présente les caractéristiques techniques suivantes :

- Largeur : 3.23 m ;
- Hauteur : 2.38 m ;
- Cote d'arase du radier : 401.66 m NGF.

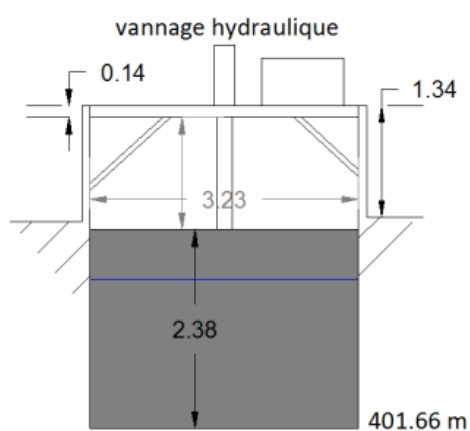


Figure 4. Vanne de décharge du seuil de la Voyèze

2.2.3. Canal usinier

En rive gauche, l'ancien canal usinier pour acheminer l'eau afin d'utiliser sa force motrice est toujours présent. A l'entrée, une grille fine a été mise en place pour limiter la venue d'embâcle, celle-ci est en mauvais état. Aujourd'hui, un comblement de sédiment fin est visible en amont du dégrilleur ce qui limite fortement les entrées d'eaux dans le canal usinier.



Figure 5. Canal usinier du site de la Voyèze

2.2.4. Pont communal de la Voyèze

Le pont de la Voyèze est constitué de pierres maçonnées et de béton projeté mis en œuvre lors du confortement des piles. Ne connaissant pas la date de construction de l'édifice, le pont est visible sur les cartes d'Etat-major (années 1820 – 1866). Long de près de 45m, le pont possède les caractéristiques géométriques suivantes :

- Section utile pour les écoulements : 28.53 m ;
- 3 passes dont 2 piles maçonnées de 1.31 m de long :
 - Rive gauche : 8.35 m de long ;
 - Milieu : 8.87 m de long ;
 - Rive droite : 8.67 m de long ;

- Tablier inférieur allant de 406.83 mNGF à 408.15 mNGF ;
- Présence du canal d'alimentation du bassin de M. Bernardot, en rive gauche.



Figure 6. Pont de la Voyèze - Vue amont (à gauche) et vue aval (à droite)

Après échanges avec les communes d'Orgeans-Blanchefontaine et de la Vaclusotte, gestionnaires de l'ouvrage, aucun document relatif à cet ouvrage n'a été transmis. En revanche, le bureau d'études ARTEIS Ingénierie et l'entreprise de travaux CLIVO ont transmis les plans de renforcement des piles, réalisés en 2009. La recherche n'a pas permis de connaître la structure et les fondations du pont avec précision.

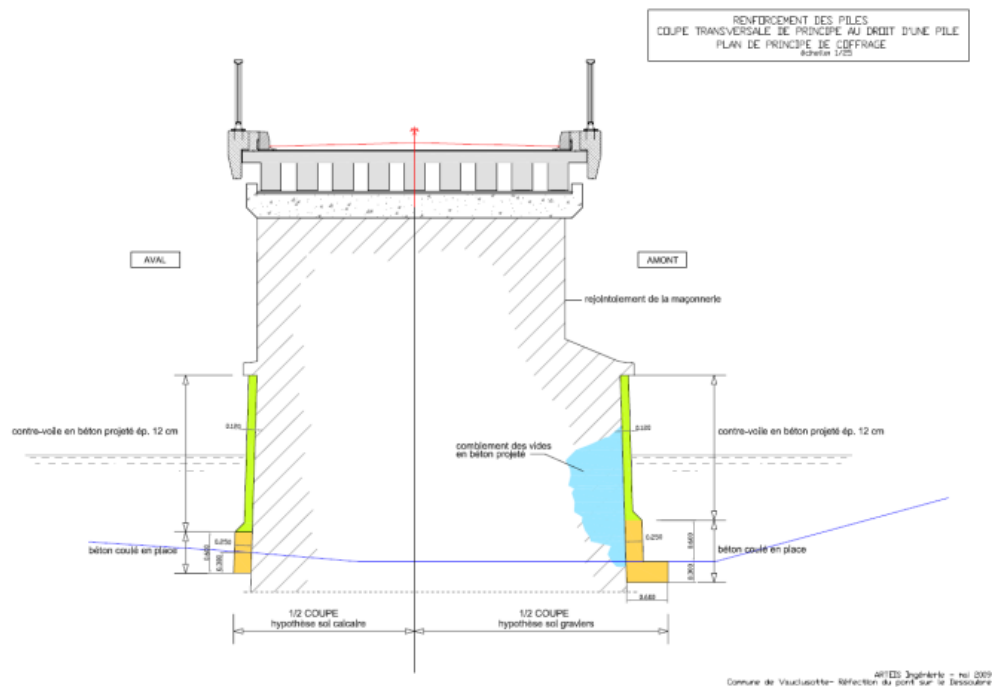


Figure 7. Principe de coffrage lors de l'opération de confortement du pont (source : ARTEIS Ingénierie)

Aussi, une élévation du pont a été réalisée par VEODIS 3D lors des relevés topographiques en 2018. Sur cette coupe, quelques signes d'affouillement sont perceptibles, allant de 60 cm à 1,00 m.

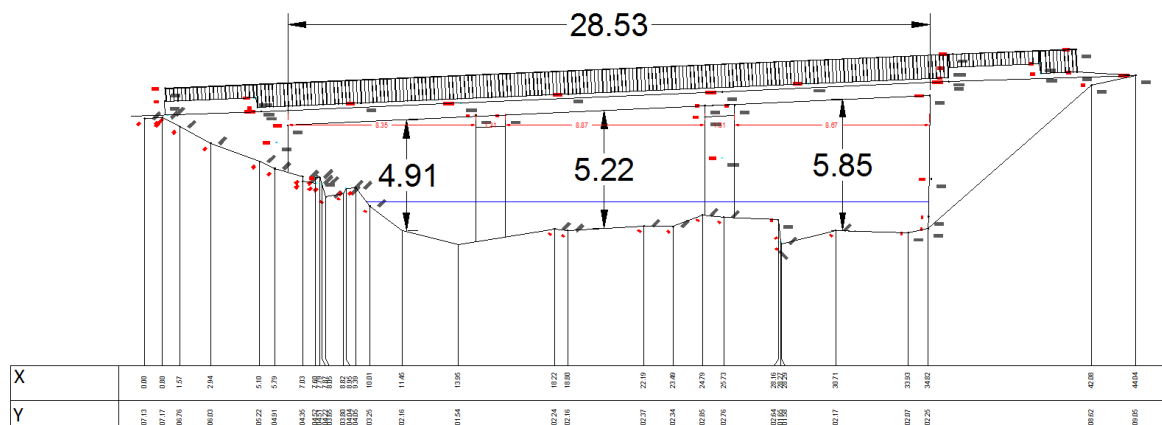


Figure 8. Elévation du pont de la Voyèze

Le confortement des maçonneries des piles en 2009 est visible sur le terrain. Egalement, une reconnaissance visuelle a aussi mis en évidence un risque de basculement du muret du canal d'alimentation du bassin chez M. Bernardot.



Figure 9. Désordres du pont de la Voyèze

2.2.5. Passe à poissons de la Vaclusotte

Permettant la restauration de la continuité écologique du ruisseau de la Vaclusotte, une passe à poissons, type pré-barrage a été réalisée.

Cette passe à poissons a été dimensionnée par le bureau d'études NALDEO, en 2013.

Les données d'entrée de dimensionnement de la passe à poissons actuelle proviennent du rapport d'étude du bureau d'études NALDEO et s'appuient sur le relevé topographique de 2018 par VEODIS 3D.

Les caractéristiques de la passe à poissons sont les suivantes :

- 3 bassins de 2.00 m de longueur et de 3.20 m de largeur ;
- Echancrure de 50 cm pour chaque pré-barrage ;
- Espèce cible : Truite fario.

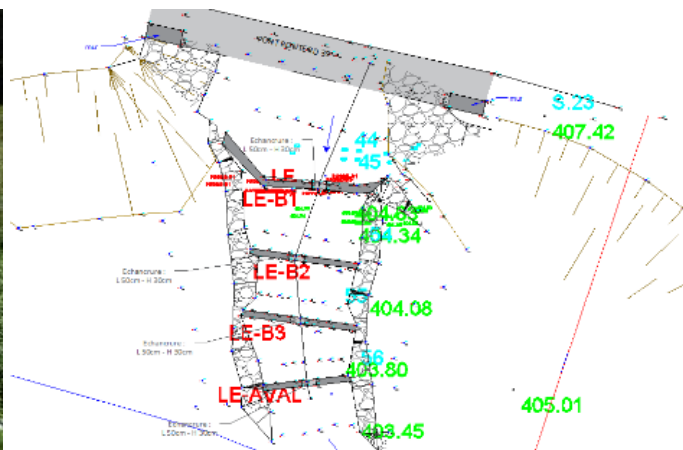


Figure 10. Passe à poissons de type "pré-barrages" de la Vaclusotte

3. CONTEXTE FONCIER

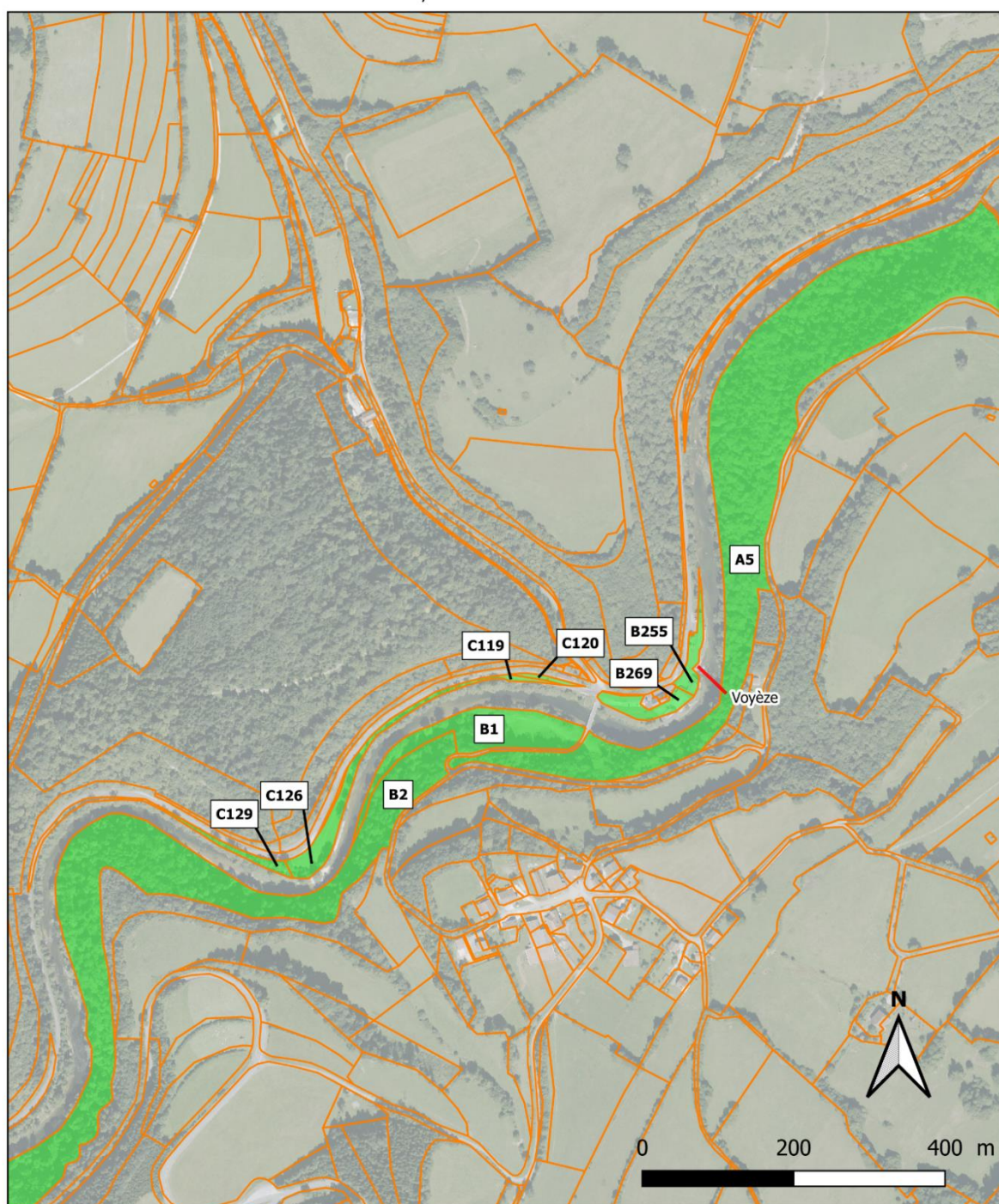
La localisation des parcelles concernées par le projet est visible sur la carte page suivante.

Le tableau suivant présente la synthèse de l'organisation du foncier :

Commune	Section	Numéro	Propriétaire
25433 - Orgeans-Blanchefontaine	A	5	Commune d'Orgeans-Blanchefontaine
25433 - Orgeans-Blanchefontaine	B	2	Commune d'Orgeans-Blanchefontaine
25433 - Orgeans-Blanchefontaine	B	1	Commune d'Orgeans-Blanchefontaine
25589 - Vaclusotte	B	269	Michel Bernardot
25589 - Vaclusotte	B	255	Michel Bernardot
25589 - Vaclusotte	C	129	Commune de Vaclusotte
25589 - Vaclusotte	C	126	Gilles Bernardot
25589 - Vaclusotte	C	119	Commune de Vaclusotte
25589 - Vaclusotte	C	120	Département du Doubs

Restauration de la continuité écologique sur le secteur aval du Dessoubre au droit des seuils de « Fleurey », « Neuf Gouffre » et la « Voyèze »

Site de la Voyèze - Carte du contexte foncier



- Seuil de la Voyèze
- Parcelles cadastrales
- Parcelles concernées par le projet
- Autres parcelles

ARTELIA
Passion & Solutions

**EPAGE Doubs
Dessoubre**

Rapport de Projet – Site de la Voyèze

RESTAURATION DE LA CONTINUITE ECOLOGIQUE SUR LE SECTEUR AVAL DU DESSOUBRE AU DROIT DES SEUILS DE « FLEUREY »,
« NEUF GOUFFRE » ET LA « VOYEZE »

4. CONTEXTE HYDROLOGIQUE

4.1. DEBITS CARACTERISTIQUES

Les débits caractéristiques retenus pour l'étude sont donnés ci-dessous.

La station considérée est exploitée depuis plus de 60 ans. Cela est suffisant pour justifier son intérêt statistique et l'exploiter afin de déterminer un régime hydrologique relatif au secteur géographique étudié.

Les débits caractéristiques du Dessoubre au droit de la station hydrométrique de Saint-Hippolyte sont synthétisés dans le tableau suivant :

Tableau 1. Débits caractéristiques du Dessoubre au droit de la station la plus proche à Saint-Hippolyte

Cours d'eau	Surface BV (km ²)	Débits caractéristiques (m ³ /s)			Débits caractéristiques (m ³ /s) - Crues					Maximum Instantané (QIX)	Source
		Module	Etiage QMNA5	Etiage VCN10 2 ans	2 ans	5 ans	10 ans	20 ans	50 ans		
Le Dessoubre à Saint-Hippolyte	615	13.70	1.30	1.20	130	150	170	180	200	179 m ³ /s (Le 22/01/2018)	Banque HYDRO

4.2. DEBITS CLASSES

La courbe des débits classés du Dessoubre est réalisée à partir des données hydrologiques obtenues au droit de la station de Saint-Hippolyte.

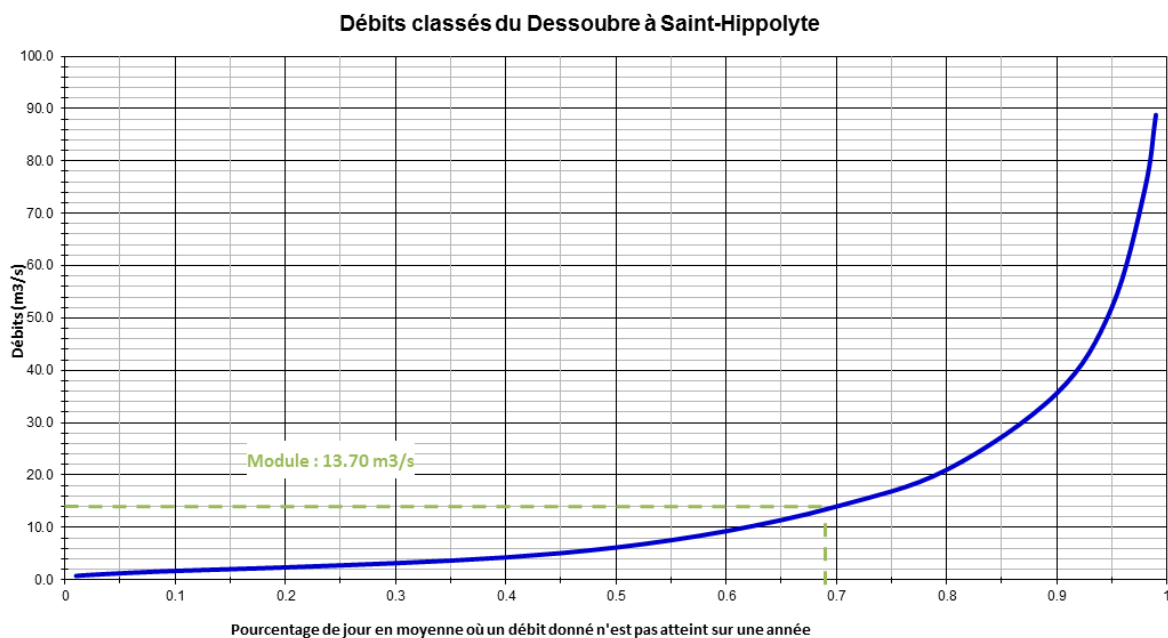


Figure 11. Courbes des débits classés du Dessoubre à Saint-Hippolyte

Il est intéressant de relever quelques valeurs de débits caractéristiques qui pourront s'avérer utiles dans la suite de l'étude : le débit médian Q50, ainsi que les Q10 et Q90 (débits dont les fréquences de non dépassement sont respectivement 0.50, 0.10 et 0.90) :

Tableau 2. Débits classés caractéristiques du Dessoubre à Saint-Hippolyte

Cours d'eau	Surface BV (km ²)	Débits classés caractéristiques (m ³ /s)			Source
		Q10 %	Q50 %	Q90 %	
Le Dessoubre à Saint-Hippolyte	615	1.70	6.18	35.60	Banque HYDRO

5. CONTEXTE HYDRAULIQUE

5.1. METHODE

Dans le cadre de la restauration de la continuité écologique du Dessoubre au droit des trois ouvrages (seuils de la Voyèze, de Fleurey et de Neuf-Gouffre), une étude hydraulique a été réalisée afin d'observer l'impact des aménagements prévus sur le comportement hydraulique de ces masses d'eau.

Les objectifs de cette étude hydraulique sont les suivants :

- Définir les mesures envisageables sans accentuer les débordements en l'état actuel ;
- Evaluation de l'impact hydraulique après effacement des seuils et des aménagements (c'est-à-dire sur les écoulements de surface principalement en crue) de la modification du lit et des berges.

Nous avons suivi la méthodologie suivante :

- Reconnaissances de terrain ;
- Traitement des relevés topographiques (TELEOS et VEODIS 3D) ;
- Analyse hydrologique à partir de la station hydrologique de Saint-Hippolyte ;
- Analyse hydrologique pour l'estimation des débits caractéristiques de crue au droit du secteur d'étude ;

Evaluation des impacts hydrauliques par comparaison entre les lignes d'eau calculés dans l'état initial et dans l'état aménagé.

5.2. MODELISATION HYDRAULIQUE

L'outil de modélisation employé est le logiciel HEC-RAS (version 4.1.0). Ce logiciel intégré pour l'analyse hydraulique, conçu par le Hydrologic Engineering Center de l'U.S Army Corps of Engineers, permet de simuler les écoulements à surface libre.

Le modèle réalisé représente la configuration du Dessoubre au droit des ouvrages hydrauliques, sur la base des différents relevés topographiques de TELEOS et VEODIS 3D. Le lit mineur du Dessoubre est représenté par ces différents profils en travers, en respectant la côte du fond relevé par Veodis 3D lors du relevé du profil en long.

5.3. RESULTATS

5.3.1. Hauteur de chute

La hauteur de chute au droit du seuil de la Voyèze varie entre 2.15 et 1.30 m, selon les débits.

Tableau 3. Hauteurs de chute au droit du seuil

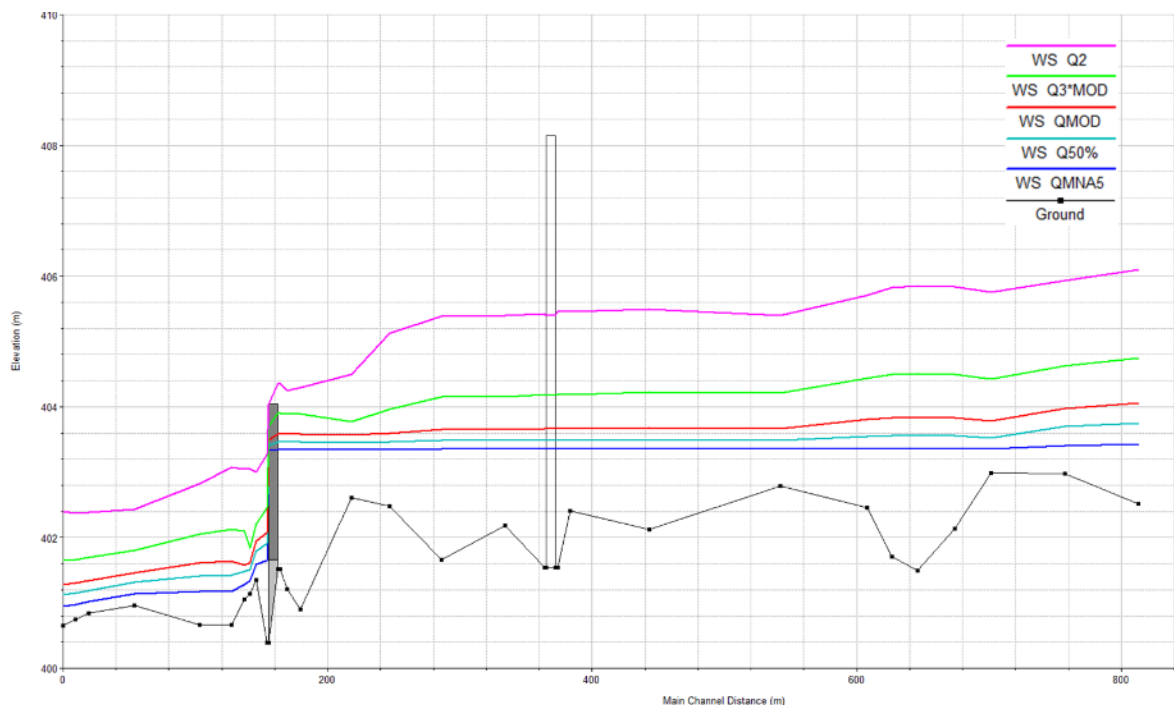
	Débit total (m3/s)	Niveau amont (mNGF)	Niveau aval (mNGF)	Chute (m)
QMNA5	1.30	403.35	401.17	2.18
Q50%	6.18	403.46	401.42	2.04
Module	13.70	403.59	401.64	1.95
3*Module	41.10	403.90	402.12	1.78
Q2	130.00	404.35	403.07	1.28

5.3.2. Remous liquide

Le remous liquide induit par l'ouvrage de la Voyèze est compris entre 550 à 380 m, selon les débits.

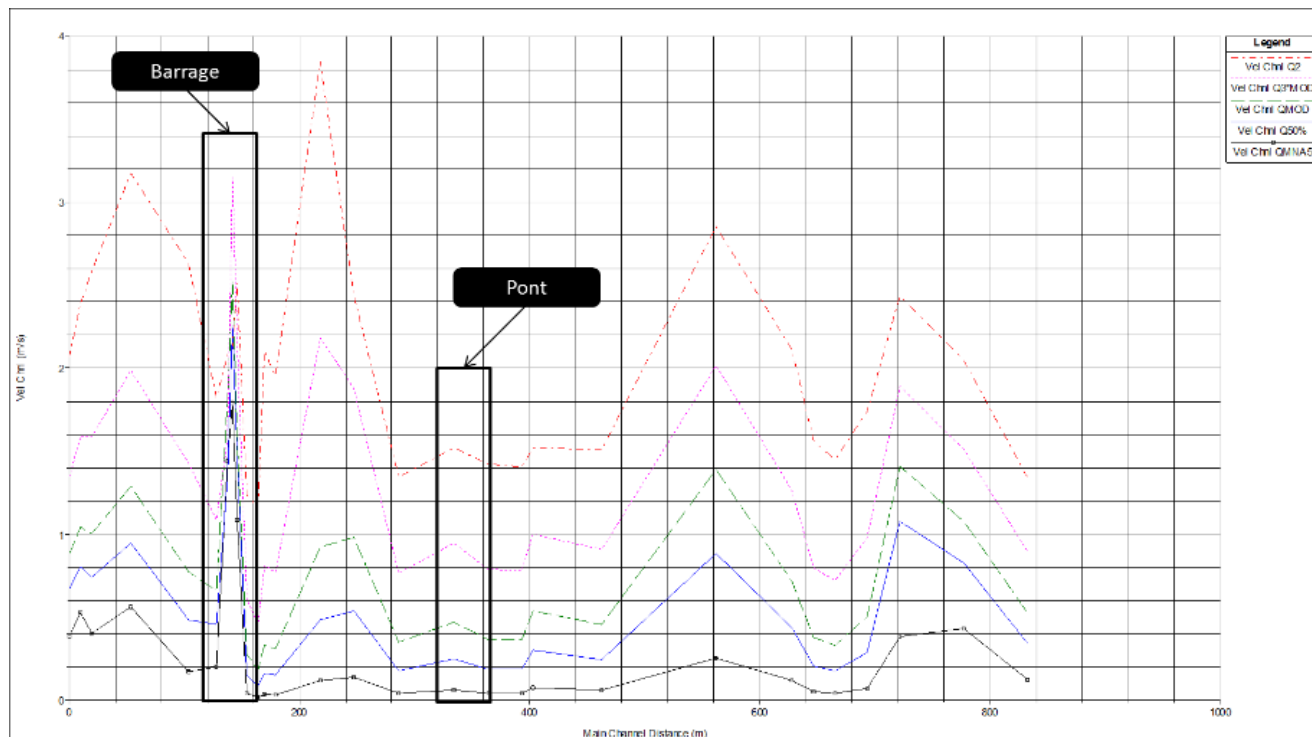
Tableau 4. Remous hydraulique du seuil

	Débit total (m3/s)	Niveau amont (mNGF)	Remous hydraulique (m)
QMNA5	1.30	403.35	550.00
Q50%	6.18	403.46	450.00
Module	13.70	403.59	380.00
3*Module	41.10	403.90	380.00



5.3.3. Vitesses au droit du complexe hydraulique

Les vitesses d'écoulement ont été analysées à l'échelle du secteur d'étude. Celles-ci sont très variables selon les débits variant en moyenne de 0.30 m/s à l'étiage, jusqu'à 2.00 m/s en crue biennale, avec un maximum évalué à 3.85 m/s.





B. DESCRIPTION DES AMENAGEMENTS

1. PRINCIPE D'INTERVENTION

Les modalités d'effacement de l'obstacle créé par les ouvrages hydrauliques ont été définies avec l'appui de l'analyse géomorphologique du tronçon de cours d'eau ainsi que l'outil de modélisation hydraulique mis en œuvre.

La philosophie d'intervention proposée est la suivante :

- Une approche simple, favorisant le bon sens et la maîtrise des coûts de travaux ;
- Une certaine « liberté d'ajustement » maîtrisée laissée à la rivière : Ce principe est important puisqu'il induit une absence de fixation du lit mineur tant longitudinalement que latéralement. Néanmoins, afin d'aider la rivière et éviter un étalement de lame d'eau, un remodelage du lit mineur sera essentiel pour resserrer le lit.

La mise en œuvre de ce principe est favorisée par les incertitudes inhérentes aux limites des connaissances actuelles et des outils d'analyse qui ne nous permettent pas aujourd'hui d'estimer avec précision les ajustements morphologiques d'un cours d'eau suite à des modifications morphologiques significatives, telles que la suppression d'un ouvrage hydraulique.

La démarche est donc la suivante :

- Une première phase de travaux relative au réaménagement du site : effacement de l'ouvrage, remodelage du lit mineur en déblais/ remblais, confortement des piles du pont communal et prolongement de la passe à poissons ;
- Une phase de suivi des évolutions du lit mineur au gré des crues ;
- Dans le cas d'une apparition de dysfonctionnements morphologiques à l'origine d'une déstabilisation profonde du lit mineur (fond et berges) et/ou d'une altération significative de la qualité des habitats aquatiques, une phase de ré-intervention. Cette ré-intervention éventuelle pourra comprendre des ajustements morphologiques locaux.

2. GESTION DES ACCES

Les accès se feront par la rive gauche.

Les engins de chantier emprunteront la route départementale RD 39. Pour accéder au barrage, une piste d'approche sera mise en place au niveau de l'entrée de la chambre d'eau.

Pour accéder au pont, une autre piste sera aménagée en aval de la confluence entre la Vauclusotte et la Voyèze, avec un busage temporaire de la dérivation qui alimente la petite retenue d'eau du propriétaire riverain.

Enfin, une piste pourra être mise en place à partir du parking en amont de la zone de remous.

D'autres pistes pourront être mises en place pour accéder aux autres secteurs, ou bien les engins circuleront directement au sein du lit mineur en longeant les berges.

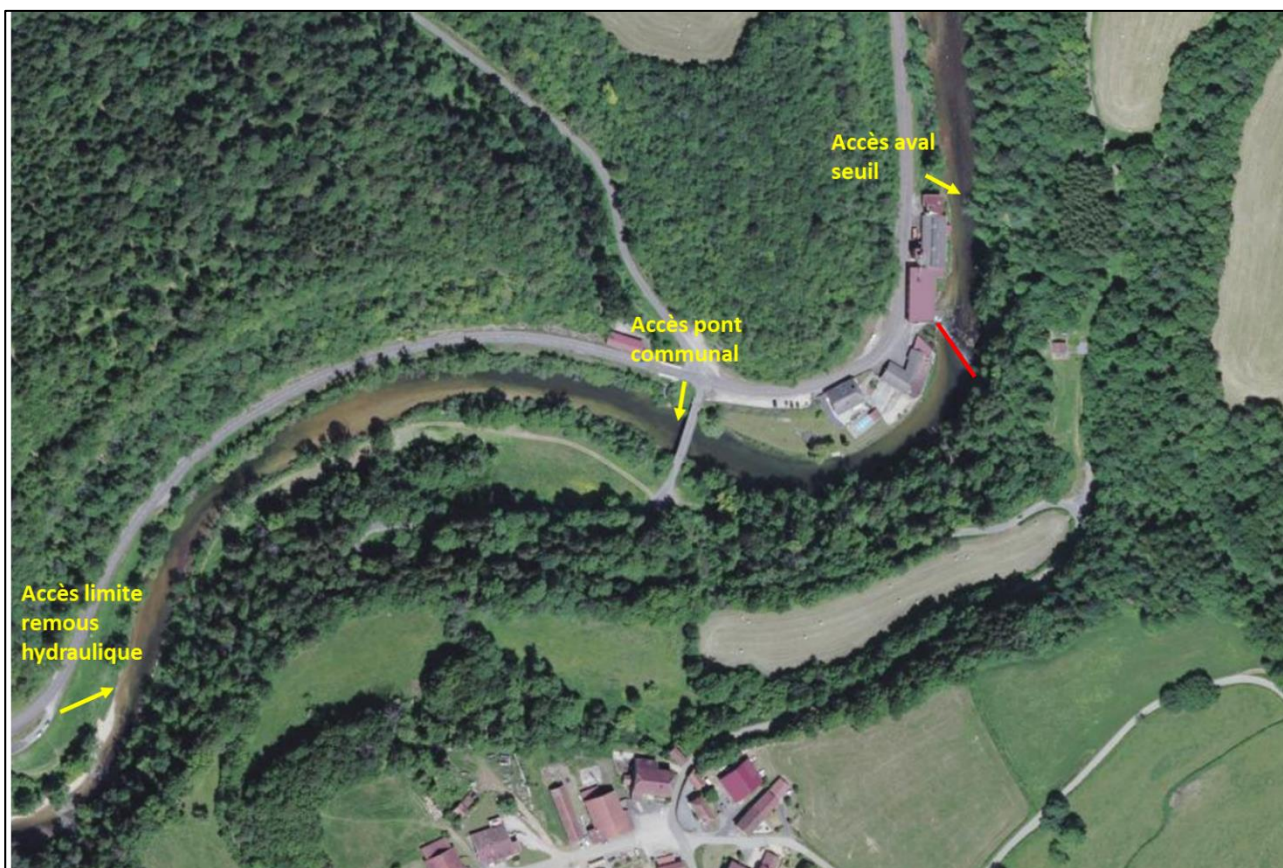


Figure 15. Détail des accès à la zone de travaux

3. METHODE D'INTERVENTION

Plusieurs opérations sont liées à l'effacement du seuil de la Voyèze. Outre le dérasement complet de l'ouvrage, il sera nécessaire d'y ajouter des mesures d'accompagnement en lien notamment avec la baisse des niveaux d'eau. De plus, afin de favoriser l'écoulement à bas débits et de diversifier les profils en travers, une injection de matériaux grossiers est prévue suite à l'effacement.

L'intervention se déroulera selon les étapes suivantes :

- Suppression du seuil, tri des matériaux et évacuation ;
- Recharge sédimentaire dans l'ancienne retenue ;
- Mise en place d'enrochements de protection en rive gauche et remodelage de la berge ;
- Terrassement en remblai pour combler partiellement le canal usinier ;
- Terrassement en remblai pour le remodelage et la diversification du lit mineur ;
- Renforcement des piles du pont communal ;
- Prolongement de la passe à poissons sur la Vauclusotte.

4. RESUME DES AMENAGEMENTS

L'intervention se déroulera au droit du seuil de la Voyèze, sur les berges attenantes et sur le Dessoubre en amont et en aval immédiat de l'ouvrage.

Le lit réaménagé s'étendra sur un linéaire de 820 ml au total. Les opérations de terrassement constituent le cœur du projet avec la suppression de l'ouvrage, le remodelage du lit mineur et la protection de berge. Les phases de travaux et les volumes de terrassement en jeu s'étendront de la manière suivante :

- Suppression de l'ouvrage : extraction des matériaux, tri, valorisation puis évacuation en décharge agréée via une plateforme de tri ;
- Les matériaux exogènes (béton, acier et bois) seront évacués dans un site agréé ;
- Remodelage du lit mineur, et revalorisation des matériaux issus des déblais sous la forme d'une recharge sédimentaire en amont et en aval de la zone excédentaire en matériaux ;
- Mise en place de blocs abri (200/800 kg) ;
- Mise en place d'arbres morts et/ou souches pour la diversification du lit mineur ;
- Epaulement et confortement de la berge rive gauche sur environ 60 ml : berge à redessiner avec des enrochements appareillés sur la partie inférieure et des apports de terre végétale sur la partie supérieure ;
- Remodelage de la berge rive gauche au droit de la parcelle B269, mise en place d'un treillis coco et plantations de végétation sur le talus ;
- Comblement du canal d'amenée sur 5.00m avec des matériaux calcaire-terreux et des matériaux issus des déblais du seuil, et création d'une connexion pour son alimentation amont ;
- Prolongement de la passe à poissons sur la Vauclusotte ;
- Confortement des piles du pont communal en amont du seuil par mise en place de micropieux.

5. PRINCIPALES CARACTERISTIQUES

5.1. DEMANTELEMENT DE L'OUVRAGE

Le seuil sera totalement démantelé (retrait du radier, des bajoyers et des fondations) afin que le Dessoubre ne soit plus contraint par aucun ouvrage anthropique.

Après préparation des accès, le barrage sera démantelé depuis le haut vers le bas, en commençant préférentiellement par la rive droite de l'ouvrage, correspondant au point bas du lit mineur. Ceci permettra d'autoriser les écoulements, d'amorcer la vidange de la retenue d'eau amont et de limiter la mise en charge de l'ouvrage durant les travaux.

Les matériaux constitutifs de l'ouvrage, ne seront pas évacués du site si leurs caractéristiques sont compatibles avec une revalorisation en tant que remblais. Les remblais seront mis en dépôt dans le canal usinier lors de son comblement. Cette opération permettra de limiter le coût global des travaux. Le canal usinier, d'origine anthropique et n'ayant aucune vocation, ne sera plus utilisé puisque la totalité des écoulements transitera désormais en lieu et place du barrage.

Les berges au droit de l'ouvrage seront retalutées en pente douce. La cote de fond projet au droit de l'ouvrage est fixée à 401.40 m NGF (= altitude de la tête du radier à créer).

Le vannage sera lui aussi démantelé selon les mêmes modalités : retrait des maçonneries, vantelleries, fondations, etc.

Le lit mineur sera remodelé au droit de l'ouvrage afin de recentrer les écoulements : comblement de l'entrée du canal usinier, banquettes minérales (voir plus loin).

5.2. REPROFILAGE DES FONDS ET REMODELAGE DU LIT MINEUR

5.2.1. Contraintes et objectifs

Les contraintes et objectifs du projet concernant le reprofilage des fonds et le remodelage du lit mineur sont les suivants :

- Garantir la pérennité des enjeux de bâti en rive gauche en amont du seuil, et donc **garantir une relative stabilité du profil en long au droit de ces enjeux** ;
- Proposer un **raccordement soigné du profil en long** entre la zone amont du seuil, comblée en sédiments, et la zone aval dont le profil est incisé (à l'image du Dessoubre au global sur la zone d'étude) ;
- Garantir la **franchissabilité piscicole** de la zone aménagée à court comme à long terme.

5.2.2. Remodelage du cours d'eau entre le seuil et le pont communal en amont

Entre l'emplacement actuel du seuil et le pont communal en amont, **le profil en long sera rééquilibré selon une pente d'environ 0.27%**. A noter que cette pente de profil en long correspond à la pente d'équilibre du Dessoubre sur la zone d'étude, comprise entre 0.25 et 0.30%.

Concrètement, ce reprofilage nécessitera un abaissement de la cote de fond de 0.20 à 0.80m en moyenne au sein de la zone de remous solide du seuil. Cet aménagement est dicté par la nécessité d'un raccordement soigné avec la zone aval et franchissable à court terme pour le peuplement piscicole, mais aussi de maîtriser la dynamique d'érosion longitudinale au droit des enjeux de bâti.

Le linéaire concerné est de 220 m environ.

Le profil en travers du cours d'eau sera remodelé pour réaménager un profil en travers adapté à la ligne d'eau à l'état projeté. Ce remodelage sera effectué en déblais/ remblais, et visera à créer un **lit étagé pour un raccordement doux au haut de berge**. Ce lit étagé aura les caractéristiques suivantes :

- Lit l'étiage de largeur 6.00 – 8.00m ;
- Lit moyen (module) de largeur 17.00 à 20.00m.

5.2.3. Remodelage du cours d'eau en aval du seuil et en amont du pont communal

Le remodelage du cours d'eau entre le seuil et le pont communal sera excédentaire en matériaux. Ces matériaux seront réutilisés :

- Sous la forme **de bancs alluvionnaires et d'un rehaussement des fonds en amont du pont communal** ;
- Sous la forme de **bancs alluvionnaires uniquement en aval du seuil**.

Ces aménagements permettront de créer un lit d'étiage et un lit moyen adapté aux nouvelles conditions d'écoulements (abaissement de la ligne d'eau notamment).

Ces matériaux seront ensuite en partie remobilisés par le cours d'eau au fil des crues.

Ce remodelage respectera les caractéristiques suivantes :

- Rehaussement des fonds : épaisseur 20 – 40 cm tout en respectant les alternances de faciès naturelles du cours d'eau (ex : non comblement des mouilles, maintien de points hauts, etc.) ;
- Bancs alluvionnaires : épaisseur 30 cm en moyenne, largeur 3.00 – 10.00m ;
- Réutilisation des matériaux alluvionnaires pour le comblement du canal du moulin prohibé.

Ces aménagements seront réalisés sur 550 ml environ.

En complément de la réutilisation des alluvions issues du remodelage du lit mineur dans la zone de remous solide, le projet prévoit la fourniture de matériaux pour une réinjection d'alluvions dans le lit mineur du Dessoubre. En effet, les matériaux à disposition ne seront pas disponibles en quantité suffisante pour pleinement anticiper la réponse morphologique du cours d'eau et accompagner l'ajustement du profil en travers à la suite de l'abaissement de la ligne d'eau.

Ces matériaux seront de deux types :

- Remblais d'apport concassés pour la recharge de fond (10/100mm) ;
- Remblais d'apport concassés pour les banquettes minérales (5/50mm).

5.2.4. Création de radiers

Afin de diversifier le profil en long, deux radiers constitués d'une granulométrie grossière seront mis en place. Ces éléments structurants permettront de rehausser le profil en long, de favoriser les dépôts en amont, et de fixer les matériaux dans le temps. La granulométrie pour ces aménagements sera de 50/300 mm. Ces radiers auront une longueur de 20 m, une largeur de 30 m environ et une hauteur comprise entre 30 et 50 cm.

Ces radiers seront implantés :

- Au droit de l'ancien seuil ;
- Au droit du pont communal, permettant également de maintenir une cote de ligne d'eau suffisante au niveau de la passe à poissons. A noter que la zone d'accélération des écoulements provoquée par le radier devra se trouver à l'aval du pont afin d'éviter tout risque d'affouillement au droit des piles.

5.2.5. Aménagements ponctuels

En complément et afin de diversifier les habitats aquatiques, des aménagements ponctuels seront mis en œuvre pour modifier localement les conditions d'écoulements et d'habitats (caches, hauteurs d'eau, courantologie) :

- Des blocs-abris dans les secteurs plus courants et minéraux permettront de créer des abris piscicoles utiles en crue, en repos ou bien pour l'alimentation. Ces blocs abris auront un diamètre variant de 60 à 90 cm, soit un poids voisin variant de 200 à 800 kg (dimensionnement selon Isbach).

Les blocs issus du reprofilage du cours d'eau en amont du seuil pourront aussi être mis en dispersion dans le lit mineur afin de diversifier les écoulements.

- Des troncs et/ou souches issus du traitement de la végétation rivulaire dans le cadre des travaux seront également mis en place dans le lit mineur. Ces aménagements permettront non seulement de créer des zones d'abris piscicoles, mais également d'aménager des points singuliers offrant une meilleure diversification des écoulements, à l'origine d'une variabilité sédimentaire localement plus prononcée (dynamique de dépôt/érosion au droit des souches).

Dans la mesure où les enjeux aval restent limités (risque réduit en cas de mobilité des troncs), les souches seront simplement ancrées dans le fond du lit mineur, en particulier dans la nouvelle recharge alluvionnaire et dans certains des bancs les plus massifs à aménager.

5.3. FERMETURE DE L'ENTREE DU CANAL USINIER ET ACCOMPAGNEMENT DU BATI

L'arasement du seuil entrainera l'abaissement du niveau de l'eau à l'amont immédiat. Cet abaissement pouvant avoir une incidence sur les berges en place, notamment, celle en rive gauche où la route départementale et le bâti constituent un fort enjeu à préserver, il sera prévu de conforter la berge en pied.

Aussi, pour éviter de favoriser la recirculation de l'eau au niveau de l'entrée du canal, cette zone sera comblée.

Le confortement en rive gauche s'effectuera selon la méthode suivante :

- Mise en œuvre d'enrochements appareillés sur la partie inférieure, jusqu'à concurrence de trois fois le module environ, soit une hauteur moyenne de 0.60 à 0.80 m ;
- Mise en œuvre de trois boudins coco sur la partie intermédiaire, composés d'une chaussette en géotextile H2M5 740 g/m² remplie de terre végétale, et entre lesquels seront posés des lits de plants et plançons ;
- Apport de terre végétale, mise en place d'un treillis coco, plantations de boutures de saules et ensemencement sur la partie supérieure ;
- Végétalisation de la berge.

Cette protection de berge rive gauche sera consolidée par un enrochement de protection en base de 100/400 kg et d'un treillis coco H2M5 740 g/m² et fera l'objet de plantations. La longueur de la protection de berge sera de 50 m environ. Puis un retalutage de la berge rive gauche par simple technique déblais / remblais sera réalisé sur 70 m en amont de la protection de berge.

5.4. COMBLEMENT DU CANAL USINIER

Par conséquent, l'ancien canal usinier sera comblé sur environ 10 m en aval du bâtiment du moulin. Ce comblement sera réalisé à l'aide des matériaux du seuil et par un apport de matériaux calcaire-terreux. Ce comblement sera réalisé en pente douce afin que la zone servie de piste d'accès au lit mineur en phase chantier.

A l'état aménagé, le canal usinier sera alimenté selon les modalités suivantes :

- Au QMNA5 : pas d'alimentation ;
- A partir du Q50% : alimentation par l'aval sur environ 50.00ml, soit sur la totalité du linéaire du canal ;

Une connexion par l'amont a été envisagée mais elle est jugée non souhaitable : elle pourrait en effet engendrer un comblement du canal en alluvions en raison de la remobilisation des sédiments par le cours d'eau, ce qui irait à l'encontre de l'objectif du maintien de cette annexe.

L'entrée du canal usinier sera elle aussi comblée à l'aide de matériaux calcaire-terreux d'apport et d'un bouchon en argile.

Cette opération comprendra aussi l'aménagement d'un accès au cours d'eau en amont immédiat de l'entrée de la chambre d'eau par terrassement de la berge en pente douce. Cet accès servira notamment aux pompiers pour les prélèvements en eau.

Hormis les bancs d'alluvions, toutes les surfaces travaillées serontensemencées.

5.5. MESURES D'ACCOMPAGNEMENT

5.5.1. Confortement des fondations du pont

L'effacement du seuil sera responsable d'un abaissement de la ligne d'eau à son amont ainsi que d'une accentuation des vitesses d'écoulements.

Suite à l'arasement du seuil, l'évaluation de l'affouillement théorique menée pour une crue biennale donne une profondeur moyenne d'affouillement théorique au droit des piles de l'ordre de 1 à 3 m sous le fond moyen (cf. rapport AVP). Il est à noter que ces valeurs sont issues de modélisations ayant tendance à surévaluer les résultats car celles-ci ne tiennent pas compte de l'agencement des matériaux du lit.

Dans tous les cas, des dispositions sont à prendre pour garantir la pérennité du pont dans le temps à la suite de l'effacement du seuil.

La solution d'aménagement pour le confortement des fondations du pont a été dimensionnée par le cabinet GEOLITHE dans le cadre d'une mission géotechnique G2 – Phase Projet (GEOLITHE, 2021).

La solution de confortement retenue est la suivante : mise en œuvre de micropieux inclinés réalisés depuis la base des piles avec la tête ancrée dans une longrine en béton armé. Les têtes des micropieux sont fichées dans la longrine pour assurer un appui homogène et éviter la déstructuration de la maçonnerie. Cette longrine devra être liaisonnée à la structure existante pour assurer un report efficace des charges. Les micropieux sont forés inclinés en raison de la faible hauteur entre la tête et le corps de la pile. Des comblements en béton ayant été réalisés, les longrines pourront être fixées dans les parties bétonnées, sous réserve de la bonne tenue du béton.

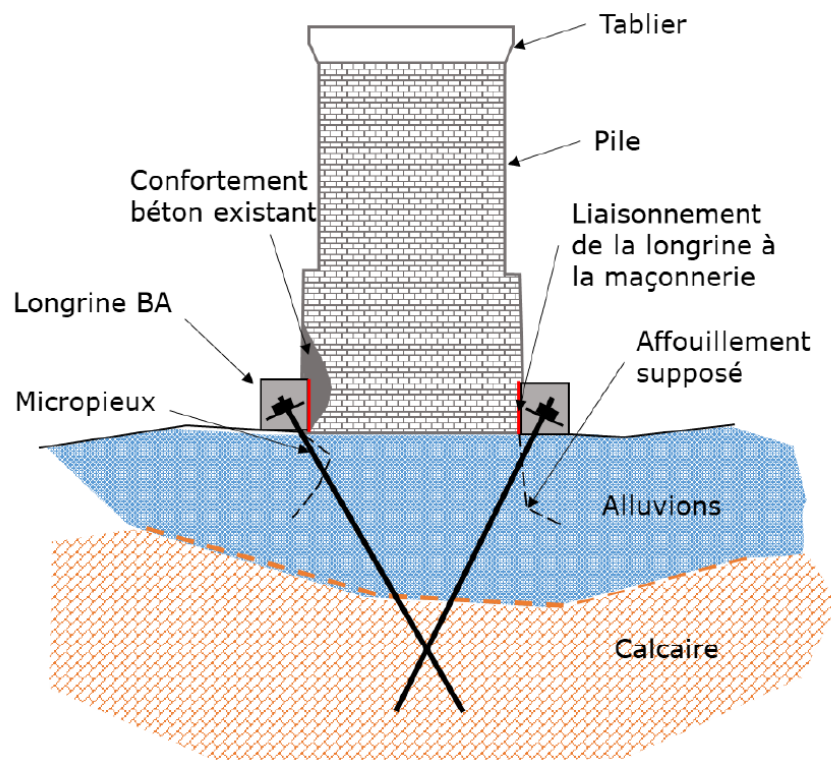


Figure 16. Solution de confortement des fondations du pont communal (source : GEOLITHE)

En synthèse, les aménagements projetés pour le confortement du pont de la Voyèze sont les suivants :

■ **Piles P1 et P2 :**

- 6 micropieux de longueur 17 m et fichés de 11 m dans le calcaire (pour chaque pile) ;
- Inclinaison : 20° avec la verticale ;
- Diamètre de forage : 250 mm ;
- Micropieux de diamètre 168 mm et d'épaisseur 15.8 mm.

■ **Culée C3 :**

- 6 micropieux de longueur 16 m et fichés de 10 m dans le calcaire ;
- Inclinaison : 20° avec la verticale ;
- Diamètre de forage : 250 mm ;
- Micropieux de diamètre 168 mm et d'épaisseur 15.8 mm.

5.5.2. Prolongement de la passe à poissons sur la Vauclusotte

L'abaissement de la ligne d'eau à la suite de l'effacement du seuil nécessitera un prolongement de la passe à poissons pour maintenir la franchissabilité piscicole à la montaison du bassin le plus à l'aval.

L'impact du projet sur la ligne d'eau au droit de l'entrée de la passe à poissons sera le suivant :

Tableau 5. Incidences sur la ligne d'eau au droit de l'entrée de la passe à poissons sur la Vauclusotte

Débit	Ligne d'eau état initial (mNGF)	Ligne d'eau état projeté (mNGF)	Incidence (m)
QMNA5	403.35	402.23	-1.12
Module	403.67	402.88	-0.79
3 x module	404.2	403.43	-0.77

Dans ce contexte, trois nouveaux bassins devront être aménagés afin de fractionner la chute aval qui sera amenée à être augmentée. Dans un esprit de maîtrise des coûts et au vu des contraintes d'implantation de l'ouvrage, aucune quatrième chute n'est ici proposée. L'espèce cible étant la Truite fario, le franchissement à l'étiage restera difficile, sans pour autant être rédhibitoire.

Le dimensionnement des aménagements respectera les dimensions existantes de la passe calculées par Naldéo, à savoir :

- Echancrures de 50cm de largeur et 30cm de profondeur ;
- Cloisons de largeur 4.00m ;
- Bassins de 2.00m de longueur minimale, de largeur 4.00m et de profondeur 0.50m.

Les aménagements prévus sont les suivants :

- Ajout de 3 cloisons en béton armé ;
- Aménagement d'un radier en gros béton et mise en place d'une rugosité de fond ;
- Reprise ponctuelle des enrochements existants et aménagement de deux voiles latéraux en béton armé au niveau de l'extension de la passe ;
- Remodelage ponctuel de la berge rive gauche.

Un prolongement de l'ouvrage existant de 8.00m sera nécessaire. Les nouveaux bassins seront positionnés parallèlement à l'axe du cours d'eau afin qu'ils n'empiètent pas sur son lit mineur, et de façon à ce que le jet de la dernière cloison à l'aval soit positionné entre le pied de berge et la première culée du pont. Par ailleurs, une fosse de dissipation en enrochements sera aménagée en aval.

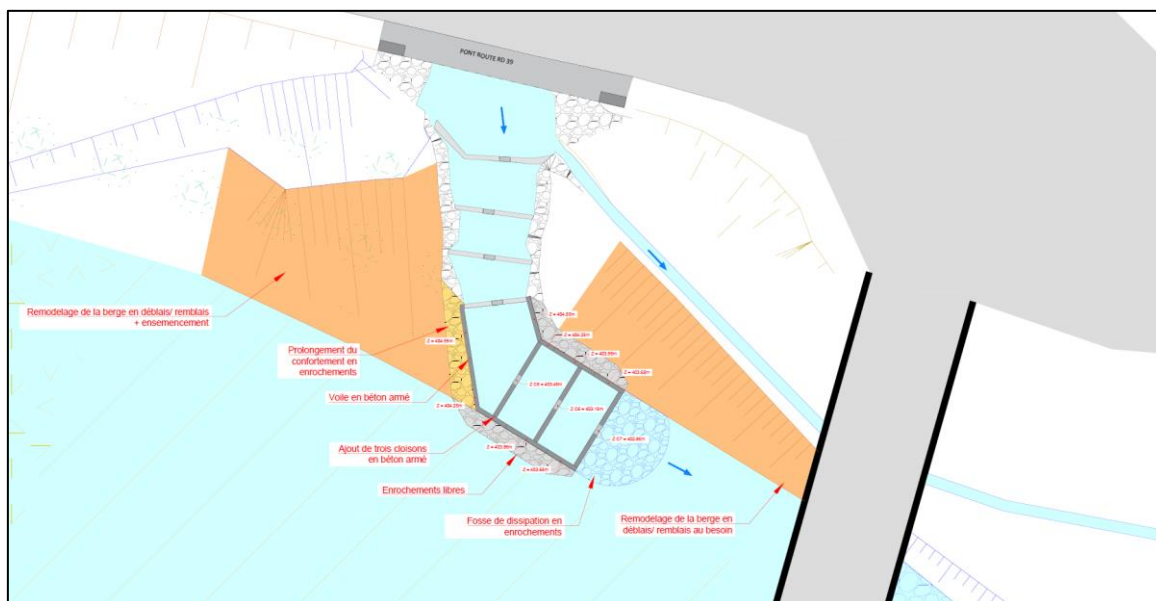


Figure 17. Plan de masse de l'extension de la passe à poissons existante

Les caractéristiques géométriques des aménagements sont présentées ci-après :

Tableau 6. Géométrie de la passe à poissons

N° de cloison	Cote de fond (mNGF)	Cote d'échancrure (mNGF)	Cote de surverse (mNGF)	Largeur d'échancrure (m)
C1	404.55	404.55	404.86	0.50
C2	403.9	404.31	404.55	0.50
C3	403.43	404.02	404.27	0.50
C4	403.2	403.74	403.99	0.50
C5	402.65	403.45	403.75	0.50
C6	402.35	403.15	403.45	0.50
C7	402.15	402.85	403.15	0.50

Notons que le dimensionnement des fondations de l'ouvrage n'a pas fait l'objet d'une étude géotechnique spécifique. Ces dimensions devront donc être validées et le cas échéant affinées dans le cadre des études d'exécution.

5.5.3. Remodelage de la berge rive gauche en amont du seuil et aménagement d'une protection de berge en enrochements

Afin de protéger la parcelle B269 d'une future érosion, la berge rive gauche sera retalutée en déblais/remblais selon un fruit de 3H/1V. Les surfaces travaillées seront ensemencées et des boutures de Saules seront plantées.

Par ailleurs, une protection de berge en enrochements appareillés 100/400kg sera aménagée sur la partie inférieure de la rive gauche sur environ 60ml en amont du seuil afin de protéger les enjeux de bâti.

Le confortement en rive gauche s'effectuera selon la méthode suivante :

- Mise en œuvre d'enrochements appareillés sur la partie inférieure, jusqu'à concurrence de trois fois le module environ, soit une hauteur moyenne de 0.60 à 0.80 m ;
- Mise en œuvre de trois boudins coco sur la partie intermédiaire, composés d'une chaussette en géotextile H2M5 740 g/m² remplie de terre végétale, et entre lesquels seront posés des lits de plants et plançons ;
- Apport de terre végétale, mise en place d'un treillis coco, plantations de boutures de saules et ensemencement sur la partie supérieure ;
- Végétalisation de la berge.

A noter également que, comme indiqué à la suite de ce rapport, les contraintes érosives seront amenées à être légèrement augmentées sur la zone amont du secteur d'étude, au niveau du méandre bordant la route départementale (amont du pont communal). A ce stade et compte tenu des informations à notre disposition, la mise en place d'une protection de berge en rive gauche n'est pas jugée nécessaire dans l'immédiat. Cela dit, une surveillance à pas de temps régulier à l'issue des travaux est conseillée afin d'évaluer la réponse du cours d'eau, et de mettre en œuvre les mesures nécessaires le cas échéant.

5.5.4. Traitement de la végétation

Si cela peut engendrer un risque vis-à-vis des enjeux humains en présence, la végétation sujette à des risques de basculement et de dépérissement dus à la diminution des niveaux d'eau fera l'objet de recépage et de coupes sélectives.

6. PLANNING PREVISIONNEL DE REALISATION

La période de réalisation des travaux sera préalablement choisie et correspondra à une période non sensible pour la vie et la reproduction de la faune, afin de réduire au maximum les impacts sur le succès reproducteur des différentes espèces.

Tenant compte de la période de reproduction des espèces piscicoles en place, et en privilégiant la période d'étiage afin de faciliter les interventions, la réalisation des travaux sera par conséquent programmée sur les mois d'août à octobre.

La réalisation des travaux est projetée selon le planning suivant :

- Juillet : Préparation du chantier (1 mois) – Phase préalable aux travaux, aucune intervention sur site ;
- Août à fin Octobre : Exécution des travaux à l'exception des plantations (2 mois) ;
- Novembre – Décembre : Plantation des arbres et arbustes.

A l'issue des travaux, un récolement sera effectué par un bureau de géomètres indépendants.

7. ESTIMATION FINANCIERE

L'estimation financière du projet est présentée ci-après :

Rapport de Projet – Site de la Voyeze

RESTAURATION DE LA CONTINUITE ECOLOGIQUE SUR LE SECTEUR AVAL DU DESSOUBRE AU DROIT DES SEUILS DE « FLEUREY »,
« NEUF GOUFFRE » ET LA « VOYEZE »

EPAGE DOUBS DESSOUBRE					
Restauration de la continuité écologique sur le secteur aval du Dessoubre au droit des seuils de « Fleurey », « Neuf Gouffre » et la « Voyèze »					
Estimation Financière - PRO - Site de la Voyèze					
N°	DESIGNATION	UNITE	QUANTITE	PRIX UNITAIRE € HT	PRIX TOTAL € HT
0	FRAIS DE CHANTIER				
0.1	Installations de chantier (yc signalisation, remise en état, ...)	Forf.	1.00	60 000.00 €	60 000.00 €
0.2	Etudes d'exécution, implantation et piquetage	Forf.	1.00	15 000.00 €	15 000.00 €
0.3	PAQ/PAE/PPSPS	Forf.	1.00	1 000.00 €	1 000.00 €
0.4	Mission géotechnique G3-EXE	Forf.	1.00	10 000.00 €	10 000.00 €
0.5	Pêche électrique	Forf.	1.00	5 000.00 €	5 000.00 €
0.6	Plans de récolement et Dossier des Ouvrages Exécutés (DOE)	Forf.	1.00	8 000.00 €	8 000.00 €
				Sous-total 0	99 000.00 €
1	TRAVAUX PREPARATOIRES				
1.1	Préparation des accès et remise en état	Forf.	1.00	40 000.00 €	40 000.00 €
1.2	Débroussaillage / élagage / abattage / récépage sélectif dans l'emprise des accès et zones de travail (yc réutilisation des souches dans le lit mineur du Dessoubre, évacuation des déchets végétaux excédentaires)	Forf.	1.00	6 000.00 €	6 000.00 €
1.3	Isolément de chantier et gestion de l'eau - Batardeage localisé, dispositif de pompage et épouséement des fouilles (yc fourniture, mise en œuvre et évacuation des matériaux)	Forf.	1.00	50 000.00 €	50 000.00 €
				Sous-total 1	96 000.00 €
2	DEMANTELEMENT DU SEUIL				
2.1	Démantèlement de l'ouvrage maçonné	Forf.	1.00	20 000.00 €	20 000.00 €
2.2	Démantèlement des portiques / batardeau et des piles	Forf.	1.00	5 000.00 €	5 000.00 €
2.3	Tri et évacuation des matériaux non réutilisés et mise en décharge agréée	m3	700.00	20.00 €	14 000.00 €
				Sous-total 2	39 000.00 €
3	RE-AMENAGEMENT DU LIT MINEUR ET DES BERGES				
3.1	Débais/remblais en terrain alluvionnaire pour remodelage soigné du lit mineur (yc. mise en dépôt provisoire, et réutilisation pour rehaussement des fonds, création de bancs d'alluvions et mise en dispersion de blocs dans la bande active)	m3	3300.00	15.00 €	49 500.00 €
3.2	Remblais d'apport 10/100 mm concassés pour la recharge de fond en amont du pont communal	m3	580.00	35.00 €	20 300.00 €
3.3	Remblais d'apport 5/50 mm concassés pour les banquettes minérales	m3	150.00	35.00 €	5 250.00 €
3.4	Remblais d'apport 50/300 mm pour la création de deux radiers de 20 m de long	m3	400.00	35.00 €	14 000.00 €
3.5	Réutilisation des matériaux issus du démantèlement du seuil pour comblement du canal usinier	m3	70.00	15.00 €	1 050.00 €
3.6	Remblais d'apport calcaire-terreux pour le comblement du canal usinier (fourniture des matériaux et mise en œuvre)	m3	20.00	15.00 €	300.00 €
3.7	Remblais d'apport de matériaux argileux pour consolider l'entrée du canal (fourniture des matériaux et mise en œuvre)	m3	25.00	35.00 €	875.00 €
3.8	Amas de blocs-abris 200/800kg (yc fourniture et mise en œuvre)	m3	30.00	200.00 €	6 000.00 €
3.9	Débais/remblais en terrain meuble pour remodelage de la berge en rive gauche entre le pont et le seuil	m3	100.00	10.00 €	1 000.00 €
3.10	Terre végétale d'apport pour le retalutage de la rive gauche (fourniture et mise en œuvre)	m3	65.00	35.00 €	2 275.00 €
3.11	Confortement de la berge rive gauche en enrochements appareillés 100/200/400kg en amont du seuil (fourniture des matériaux et mise en œuvre)	m3	170.00	100.00 €	17 000.00 €
3.12	Fourniture et mise en œuvre de 3 rangées de lits de plants et plançons (yc agrafes, boudins coco, végétation, ...)	ml	60.00	250.00 €	15 000.00 €
3.13	Trellis coco H2M5 biodégradable 740 g/m² (yc fourniture et mise en œuvre, agrafes)	m2	1100.00	5.00 €	5 500.00 €
3.14	Géotextile anti-contaminant	m2	300.00	5.00 €	1 500.00 €
3.15	Ensemencement (fourniture et mise en œuvre)	m2	2800.00	2.00 €	5 600.00 €
3.16	Arbres tiges en mottes 200/300 cm (6-8cm de circonférence à 1m de hauteur)	U	15.00	100.00 €	1 500.00 €
3.17	Arbustes à racines nues 80/100 cm (fourniture, mise en œuvre yc compris tuteur, entretien et garantie de reprise)	U	30.00	35.00 €	1 050.00 €
3.18	Plantations bouture de Saules (fourniture et mise en œuvre)	U	1000.00	3.00 €	3 000.00 €
				Sous-total 3	150 700.00 €
4	PROLONGEMENT DE LA PASSE A POISSONS SUR LA VAUCLUSOTTE				
4.1	Terrassements en déblais/remblais en terrain meuble (yc. tri, mise en dépôt provisoire et réutilisation des alluvions sous la forme de recharge sédimentaire et de création de bancs en lit mineur du Dessoubre, reprofilage de berge, et évacuation des matériaux non valorisables)	m3	200.00	20.00 €	4 000.00 €
4.2	Remblais d'apport 0/31.5 mm pour la couche de forme sur l'emprise de la passe à poissons (fourniture, mise en œuvre et compactage)	m3	15.00	60.00 €	900.00 €
4.3	Radier en béton armé	m²	40.00	220.00 €	8 800.00 €
4.4	Béton de lestage	m3	60.00	250.00 €	15 000.00 €
4.5	Béton armé pour voiles latérales et cloisons internes	m3	20.00	1 000.00 €	20 000.00 €
4.6	Enrochements pour rugosité de fond	m3	15.00	250.00 €	3 750.00 €
4.7	Enrochements liaisons 100/200/400 kg en pied de voile (fourniture et mise en œuvre)	m3	100.00	200.00 €	20 000.00 €
4.8	Enrochements appareillés 100/200/400 kg pour la fosse de dissipation aval (fourniture et mise en œuvre)	m3	15.00	120.00 €	1 800.00 €
				Sous-total 4	74 250.00 €
5	CONFORTEMENT DES PILES DU PONT COMMUNAL				
5.1	Création de longrines en béton armé	m3	16.00	1 000.00 €	16 000.00 €
5.2	Mise en œuvre des micropieux (yc. forage, fourniture, scellement)	ml	360.00	250.00 €	90 000.00 €
5.3	Essai de traction de conformité	U	2.00	1 500.00 €	3 000.00 €
5.4	Essai de traction de contrôle	U	3.00	600.00 €	1 800.00 €
				Sous-total 5	110 800.00 €
				TOTAL € HT	569 750.00 €
				TVA 20.0 %	113 950.00 €
				TOTAL € TTC	683 700.00 €

Rapport de Projet – Site de la Voyeze

RESTAURATION DE LA CONTINUITE ECOLOGIQUE SUR LE SECTEUR AVAL DU DESSOUBRE AU DROIT DES SEUILS DE « FLEUREY »,
« NEUF GOUFFRE » ET LA « VOYEZE »

8. PLANS DES AMENAGEMENTS

Les plans sont disponibles en annexes.

9. EVALUATION DES INCIDENCES

9.1. COMPOSANTE HYDRAULIQUE

9.1.1. Hauteurs d'eau

Le projet d'aménagement conduira à une diminution généralisée des hauteurs d'eau dans l'ancienne zone de remous du seuil. En aval du seuil, l'aménagement de bancs d'alluvions ne produira pas d'effet significatif sur les niveaux d'eau compte tenu de leur faible largeur et épaisseur, l'objectif étant principalement d'assurer une jonction douce avec le remodelage de la berge en rive gauche.

Tableau 7. Incidences des aménagements sur les hauteurs d'eau

Repère	Débit	Niveau d'eau Etat initial (m)	Niveau d'eau Etat projeté (m)	Incidence (m)
P1 812.18	QMNA5	403.44	403.63	0.19
	Module	404.08	404.23	0.15
	3 * module	404.77	404.88	0.11
	Q2	406.12	406.13	0.01
P2 607.185	QMNA5	403.36	403.31	-0.05
	Module	403.85	403.9	0.05
	3 * module	404.48	404.5	0.02
	Q2	405.73	405.65	-0.08
P3 402.55	QMNA5	403.35	402.25	-1.1
	Module	403.68	402.89	-0.79
	3 * module	404.22	403.44	-0.78
	Q2	405.47	404.5	-0.97
P4 247.046	QMNA5	403.35	401.74	-1.61
	Module	403.6	402.3	-1.3
	3 * module	403.97	402.8	-1.17

	Q2	405.11	403.74	-1.37
P5 179.2	QMNA5	403.35	401.67	-1.68
	Module	403.59	402.12	-1.47
	3 * module	403.89	402.54	-1.35
	Q2	404.53	403.35	-1.18
P6 127.47	QMNA5	401.19	401.2	0.01
	Module	401.65	401.67	0.02
	3 * module	402.12	402.14	0.02
	Q2	403.05	403.07	0.02

La localisation des profils en travers utilisés dans le cadre de cette analyse est présentée ci-après :

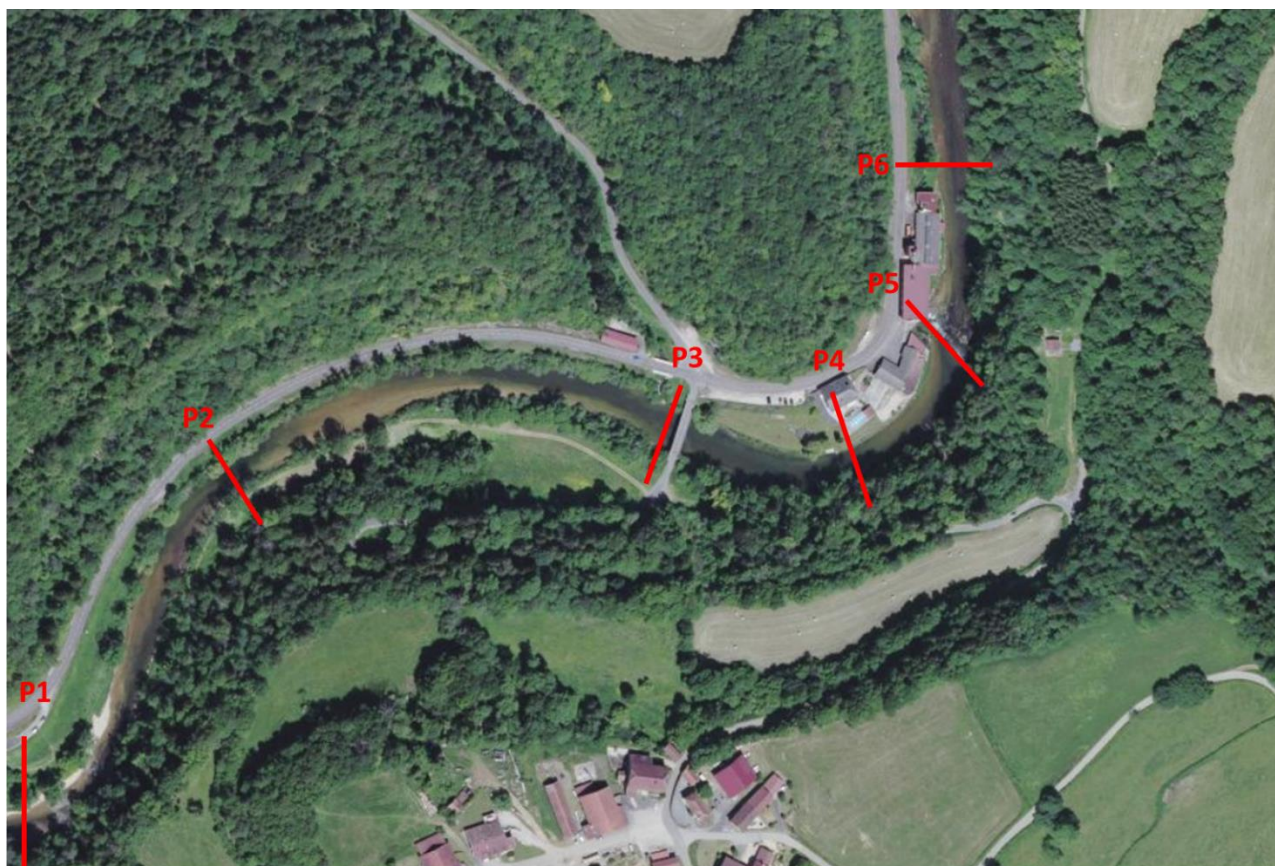


Figure 18. Localisation des profils utilisés pour l'analyse des incidences du projet sur les hauteurs d'eau

En résumé, le projet provoquera un abaissement généralisé de la ligne d'eau dans l'actuelle zone de remous hydraulique. L'aléa inondation ne sera pas augmenté.

9.1.2. Vitesses d'écoulements et forces tractrices

L'incidence du projet sur les contraintes érosives a été analysée au droit des zones à enjeux. Ces incidences sont calculées pour la crue décennale, qui correspond au débit de plein bord moyen sur le tronçon (cf. tableau page suivante).

Le calcul des forces tractrices permet d'évaluer les contraintes érosives subies par les berges.

Les forces tractrices au droit du site sont calculées selon la formule suivante :

$$F = \rho g R_H I$$

Avec :

$$R_H = S_M / P_M$$

R_H : Le rayon hydraulique calculé sur la base de la section du profil en travers en eau (issue de la modélisation hydraulique) ;

S_M : la section mouillée en m^2

P_M : le périmètre mouillé en m

I : la pente longitudinale

Les résultats sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Les contraintes érosives, faibles au départ en raison de l'influence hydraulique de l'ouvrage, se trouvent fortement augmentées, avec un maximum à 80.4 Pa au niveau de la parcelle B269.

Ces contraintes restent relativement modérées, d'autant plus que la situation des zones à enjeux en intrados de méandre les rend moins sensibles aux phénomènes d'érosion latérale. Cela dit, selon une approche sécuritaire, les enjeux de bâti seront protégés par une carapace en enrochements en partie inférieure, comme évoqué ci-avant.

En résumé, les incidences du projet sur les contraintes érosives sont modérées, et les enjeux humains en présence seront protégés par des aménagements adaptés.

Tableau 8. Incidences des aménagements sur les contraintes érosives (crue décennale)

Profil	Localisation	Vitesse des écoulements (m/s) Etat initial	Vitesse des écoulements (m/s) Etat projeté	Incidence (%)	Force tractrice (Pa) Etat initial	Force tractrice (Pa) Etat projeté	Incidence (%)
RS 179.2	Seuil	2.05	3.15	53.7	28.6	73.5	157.3
RS 247.046	Bâtiment du moulin	2.64	2.81	6.4	49.3	57.7	17.0
RS 285.816	Parcelle B269	1.54	3.27	112.3	14.3	80.4	461.6
RS 626.02	Méandre en amont du pont communal	1.82	1.98	8.8	18.2	22.3	22.5

9.2. COMPOSANTE GEOMORPHOLOGIQUE

Outre le fait de restaurer dans son intégralité le transit sédimentaire du Dessoubre et le fonctionnement géomorphologique de ce tronçon, l'aménagement proposé engendrera inévitablement des effets sur la morphologie du lit de la rivière, et tout particulièrement sur son profil en long (c'est-à-dire sa pente) ainsi que son profil en travers.

Néanmoins, d'après notre expertise du site et les caractéristiques fonctionnelles du Dessoubre sur ce secteur, ces ajustements morphologiques devraient rester modérés et locaux, et dans tous les cas maîtrisables en cas d'apparition de dysfonctionnement, moyennant un suivi régulier.

Dans un premier temps, les évolutions morphologiques majeures se feront sur le lit mineur en amont du pont communal (secteur bénéficiant d'une rehausse des fonds et de création de bancs) ; puis ce n'est qu'une fois que le transit sédimentaire sera réactivé et rééquilibré que l'effacement de l'ouvrage influencera le tronçon en aval.

Ainsi, l'évolution du profil en long en amont de l'ouvrage sera maîtrisée grâce au reprofilage des fonds selon la pente naturelle du cours d'eau entre le seuil et le pont communal : aucune dynamique d'incision significative n'est à attendre sur cette zone. En amont du pont communal, la recharge sédimentaire permettra de limiter l'incision du cours d'eau, même si une remobilisation partielle des sédiments au fil des crues est attendue (et souhaitée afin d'obtenir une morphologie naturelle du cours d'eau).

9.3. COMPOSANTE HYDRO-ECOLOGIQUE

Les impacts sur la flore se limiteront à la phase de travaux. Une attention particulière sera portée au risque d'introduction d'espèces végétales envahissantes. Concernant les espèces arborescentes sujettes à des risques de basculement et de dépérissement dû à la diminution des niveaux d'eau, la végétation fera l'objet si besoin de recépage et de coupe sélective en tenant compte de la période de nidification.

Le premier effet de l'aménagement de l'ouvrage sera la restauration de la continuité piscicole tant à la montaison qu'à la dévalaison, du fait de la suppression de l'obstacle. Ces effets positifs constitueront un réel gain pour les espèces d'intérêt patrimonial attendues sur ce secteur, notamment les populations de Truite fario, de l'Ombre, de Chabot et de Lamproie de Planer. Au-delà, l'ensemble du peuplement piscicole caractéristique d'habitats d'eaux vives bénéficiera du gain écologique apporté par ces aménagements.

Les aménagements permettront par ailleurs de reconstituer une mosaïque d'habitats en lit mineur en lien avec la création d'étagements, le rétablissement de conditions d'écoulements naturelles, ainsi que la mise en dispersion de blocs dans le lit.

En résumé, les aménagements auront une incidence positive sur la composante hydro-écologique.

9.4. COMPOSANTE SOCIALE ET PAYSAGERE

Le dérasement de l'ouvrage de la Voyèze aura un impact majeur sur le Dessoubre, puisque cet aménagement induira la disparition de la retenue d'eau associé à l'ouvrage.

En lieu et place de la retenue actuelle, le Dessoubre retrouvera un aspect plus naturel, à l'image des tronçons localisés hors influence de l'ouvrage. D'une largeur de plein bord variant de 25 à 30 m, le Dessoubre présentera des écoulements courants.

Sur le plan social et paysager, les modifications paysagères seront importantes, mais le rétablissement de l'aspect naturel du Dessoubre, avec une diversification des écoulements et des formes du lit mineur, peut être considéré comme une incidence positive des aménagements.

Enfin, le barrage n'est plus associé à aucun usage socio-économique, justifiant ainsi son dérasement.

Ainsi, l'incidence du projet sur la composante sociale et paysagère est nulle voire positive.



C. DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES ET MODALITES D'EXECUTION

1. DEFINITION DES CONTRAINTES

1.1. CONTRAINTES HYDRAULIQUES

1.1.1. Station de référence

La station de mesure du débit du Dessoubre la proche de la zone de chantier est la station du Dessoubre à Saint-Hippolyte (U2215020), située à l'aval du secteur d'étude.

1.1.2. Contrôle des niveaux d'eau au droit du site

Au droit du site, les niveaux d'eau ne pourront pas être régulés. Il est prévu le dérasement total de l'ouvrage.

1.1.3. Travaux en rivière

En cas de crue, le chantier devra pouvoir être interrompu sans difficulté. Les engins et le matériel devront pouvoir être entreposés en dehors du champ d'expansion des crues.

L'entreprise titulaire du marché de travaux devra prendre toutes les mesures nécessaires pour faire face à une éventuelle irruption.

1.1.4. Rappels des débits de crue

Les débits de crue au droit du site du projet sont les suivants :

Tableau 9. Rappels des débits de crue du Dessoubre (m3/s)

Station	Débits à Saint-Hippolyte (m3/s)
Q2	130
Q5	150
Q10	170

1.1.5. Mise à sec du chantier et gestion des eaux

Le titulaire du marché de travaux prévoira, installera et fera fonctionner tout matériel de pompage et autres équipements nécessaires pour mettre à sec les zones de chantier où cela sera nécessaire, et aussi longtemps qu'il s'avérera nécessaire pour la réalisation des travaux. Cette prestation est réputée incluse dans les prix unitaires de la réalisation des ouvrages.

Lors de l'effacement du seuil, les travaux se feront en eau, avec déviation des écoulements vers la partie rive droite du lit mineur de façon ce que les engins évoluent sur des emprises asséchées et limitent au maximum leur impact sur le milieu. Une pêche de sauvetage sera organisée préalablement à la réalisation de ces travaux.

L'isolement du chantier sera principalement assuré au droit du pont de la Voyèze, dans le cadre des travaux de mise en œuvre des micropieux. Le mode opératoire envisagé pour la gestion de l'eau est le suivant :

- Dérasement du seuil de la Voyèze, depuis la rive droite jusqu'à la rive gauche, de manière à abaisser la ligne d'eau dans la zone de retenue amont ;
- Mise en œuvre d'un cordon en remblais issus du site pour le remodelage à sec du lit mineur ;
- Aménagement d'un batardeau en rive droite du pont, pour la mise en œuvre des micropieux ;
- Basculement du batardeau vers la rive gauche, pour la finalisation des micropieux et l'extension de la passe à poissons. Les écoulements en provenance de la Vauclusotte devront être maintenus en permanence.

Les batardeaux pourront être aménagés au moyen de sacs de sables ou tout autre moyen efficace, limitant la mise en suspension des particules en aval.

Les eaux d'épuisement de fouille seront pompées et feront l'objet d'une décantation en rive gauche, par des bassins de décantation qui seront implantés aux abords de la berge, avant rejet dans le lit du Dessoubre, en aval de l'ouvrage.

Le chantier devra être protégé contre les crues inférieures ou égales à une crue de référence par des batardeaux provisoires. Le titulaire du marché de travaux aura à sa charge l'entretien et la maintenance des batardeaux jusqu'à concurrence de la crue de référence retenue.

La crue de référence est fixée à un débit 40 m³/s, soit un équivalent à un débit de trois fois le module. Par conséquent, les batardeaux amont et aval devront être calés à la cote :

- Batardeau à l'amont du seuil : 403.40 m NGF, comprenant une revanche de 50 cm (cote à adapter au droit du pont) ;
- Batardeau à l'aval du seuil : 402.50 m NGF, comprenant une revanche de 50 cm (cote à adapter au droit du pont).

Pour le passage d'une crue de plus faible intensité que la crue précitée, le titulaire du marché sera tenu de s'organiser de façon à ce que la crue ne provoque pas de désordre sur l'ouvrage en construction. De la même façon, le titulaire du marché devra proposer un plan d'installation de chantier compatible avec le risque d'inondation en mettant en œuvre tous les moyens nécessaires pour protéger ses installations de chantiers de toute inondation de plus faible intensité que la crue de retenue (batardeau, lestage, ancrages, etc.). Les engins de chantier devront être sortis du lit mineur après chaque journée et hors zone inondable.

1.2. CONTRAINTES ENVIRONNEMENTALES

1.2.1. Consignes générales

Plusieurs consignes doivent être respectées durant la phase de chantier, afin d'en assurer le bon déroulement et ainsi éviter les risques potentiels liés à des travaux dans un cours d'eau. Ces consignes relèvent notamment de la planification et de l'organisation de la phase de travaux.

Le chantier sera organisé de façon à limiter :

- Les risques de destruction d'espèces ou d'habitats à la marge du site (balisage de la zone de travail et des bandes de roulement). Dans cet objectif, une pêche de sauvegarde pourra être organisée après isolement de la zone de travail afin de limiter les incidences ;
- Les risques de pollution (plein de carburant des véhicules sur zone étanche adaptée, kit de dépollution dans chaque véhicule, gestion des eaux durant le chantier (pompage et filtration par décantation avant rejet dans le milieu naturel, sélection de matériaux d'apport sains exempts d'espèces indésirables, ...) ;

Rapport de Projet – Site de la Voyeze

RESTAURATION DE LA CONTINUITE ECOLOGIQUE SUR LE SECTEUR AVAL DU DESSOUBRE AU DROIT DES SEUILS DE « FLEUREY »,
« NEUF GOUFFRE » ET LA « VOYEZE »

- Les risques d'érosion temporaire sur les berges en établissant des protections ;
- Les risques d'apports de matériaux dans l'eau seront limités en utilisant des filtres si besoin.

Quelques règles sont à respecter durant la phase de travaux :

- Veiller à ne pas intervenir dans le lit des cours d'eau en période de reproduction pour le respect de la vie et de la reproduction des espèces piscicoles ;
- Limiter la circulation des engins dans le lit mouillé ;
- Veiller à ne pas entraver l'écoulement des eaux et garantir une hauteur et un débit préservant la vie et la circulation des espèces ;
- Limiter au maximum les apports de matières en suspension dans le lit de la rivière ;
- Eviter les chutes de matériaux dans le cours d'eau et proscrire les écoulements de béton et le départ de substances de maçonnerie ou tout autre polluant dans le cours d'eau ;
- Les engins de chantier doivent être exempts de toute fuite d'huile, d'hydrocarbures et autres substances nocives et être approvisionnés loin du lit ;
- Les engins seront équipés d'huile hydraulique biodégradable ;
- En cas de crue, une capacité d'intervention rapide de jour comme de nuit doit être garantie afin d'assurer le repliement des installations du chantier.

1.3. CONTRAINTES DES OUVRAGES EXISTANTS

L'entreprise devra prendre toutes les dispositions nécessaires au maintien des ouvrages existants en bon état lors de la réalisation des travaux et après travaux.

Une attention particulière sera portée sur les points suivants :

- Maçonneries riveraines en amont et en aval des ouvrages ;
- Pont communal en aval de la Vauclusotte ;
- Passe à poissons sur la Vauclusotte ;
- Ligne HTA au niveau du pont communal en aval de la Vauclusotte.

1.3.1. Gestion des espèces envahissantes

Tout chantier est susceptible de favoriser le développement d'espèces jugées envahissantes (ou invasives), telles que la Renouée du Japon notamment, par le biais du remaniement des terrains.

Afin de ne pas engendrer un impact supplémentaire, il faudrait prévoir un contrôle de ces espèces avant le début des travaux.

Les éventuels stocks de matériaux d'apport, comme la terre végétale par exemple, feront l'objet au préalable, si possible, d'un contrôle visuel. Le cas échéant, l'entreprise devra apporter les garanties de l'absence d'espèces indésirables.

L'apport ou le développement d'espèces jugées envahissantes (ou invasives), par le biais du remaniement des terrains, sera surveillé tout particulièrement. On veillera à nettoyer les engins de chantier avant le démarrage des travaux pour limiter les apports de germes d'espèces végétales envahissantes.

1.3.2. Respect de la faune et de la flore

Les travaux seront réalisés de manière à respecter les équilibres biologiques et limiter au maximum les nuisances, par le biais des mesures citées ci-après.

Il est prévu de respecter strictement l'emprise prévue des aménagements afin de réduire les surfaces de milieux détruits.

Les zones de travail seront balisées (avec piquets et rubalise, filets avertisseurs, etc.) pour limiter au maximum les risques de dégradation d'habitats naturels. Le passage des engins ainsi que tous les déplacements d'engins de chantier se feront uniquement sur une bande aménagée d'une largeur de 5 m.

Les aires de manœuvres des engins, d'acheminement et de dépôt de matériel devront éviter au maximum les milieux sensibles : le lit des cours d'eau et les berges.

Le personnel en charge de la réalisation des travaux sera soigneusement sensibilisé aux risques de nuisances sur la faune et la flore, et sera formé aux mesures décrites ci-dessus. Leur application sera vérifiée par le conducteur de travaux et des visites régulières du pétitionnaire.

Les travaux n'interviendront pas dans le lit du cours d'eau en période de reproduction pour le respect de la vie et de la reproduction des espèces piscicoles. Les travaux seront réalisés hors période de frai.

1.4. CONTRAINTES D'ACCES AU SITE

1.4.1.1. Installation de chantier

L'emplacement sera en rive gauche du Dessoubre. L'emplacement devra être défini en concertation avec le Maître d'œuvre et le Maître d'ouvrage. L'emplacement retenu pourra être utilisé dans le cadre des travaux pour :

- L'installation de la base-vie ;
- L'installation d'un box pour le rangement du matériel ;
- Le stockage journalier des matériaux à mettre en œuvre.

Les installations et accès chantier devront rester propres et sécurisés tout le temps des travaux. Les entreprises sont réputées avoir intégré les contraintes géographiques de la zone de chantier dans l'établissement de leurs prix unitaires.

1.4.1.2. Livraison

Les matériaux seront amenés sur site à l'avancement de manière à ne pas effectuer de stockage sur place en dehors des emprises de chantier. Aucun stockage ne sera autorisé dans le lit du Dessoubre.

1.4.1.3. Accès au chantier

L'accès du site des travaux se fera par la rive gauche du Dessoubre, via la route départementale RD39 puis par les pistes d'accès à aménager.

Les éventuelles pistes de chantier au sein du lit mineur devront impérativement être réalisée en période de basses eaux (période des travaux idéale entre début août et fin septembre). De plus, elles devront respecter les prescriptions techniques suivantes :

- Composition de la piste : matériaux insensibles à l'eau de façon à limiter la production de matières en suspension (type blocs/enrochements), et capables de résister à une surverse ;
- Calage altimétrique de la piste de telle façon à permettre sa submersion rapide en cas de crue ;
- Pour la piste transversale en amont du pont de la Voyèze : maintenir l'écoulement du débit « normal » du Dessoubre sous la piste au moyen d'ouvrages adaptés. Quatre à cinq ouvrages hydrauliques préfabriqués (buses ou dalots de diamètre > 500 mm) seront positionnés provisoirement dans le corps de la piste afin de permettre un écoulement sous-jacent.

La stabilité de la piste devra faire l'objet d'un contrôle préalable et toutes les précautions devront être prises afin d'assurer la sécurité du personnel de chantier et d'éviter tout accident dans le lit mineur du Dessoubre.

1.5. CONTRAINTES REGLEMENTAIRES

Les contraintes réglementaires seront associées aux aspects suivants :

- Coupes d'arbres à limiter au strict nécessaire et à réaliser en dehors de la période de nidification de la faune (à partir de fin août) ;
- Décantation et filtration des eaux d'épuisement avant rejet au milieu naturel ;
- Respect des seuils d'émissions sonores ;
- Mise en œuvre des prescriptions habituelles en matière de réduction du risque de pollution : plein de carburant sur aire étanche, engins propres et en bon état de fonctionnement, ...

Les contraintes réglementaires spécifiques sont énoncées dans le dossier Loi sur l'Eau relatif au présent projet.

2. DISPOSITIONS GENERALES

2.1. PLAN D'ASSURANCE QUALITE ET RESPECT DE L'ENVIRONNEMENT

Au cours de la période de préparation, l'entrepreneur établira (selon le souhait du Maître d'Ouvrage) un Plan d'Assurance Qualité et de respect de l'Environnement (PAQE), qui sera soumis au visa du Maître d'Œuvre.

2.2. RESEAUX CONCESSIONNAIRES

L'Entrepreneur prendra toutes les dispositions de repérage, piquetage et de protection pour préserver les réseaux existants et maintenus en service.

2.3. PREPARATION DU CHANTIER

Voir le paragraphe "Contraintes d'accès au site".

Un piquetage sera réalisé préalablement en présence du Maître d'ouvrage et des propriétaires.

Également, un constat d'huissier contradictoire des terrains, accès, bâtiments, etc. sera effectué préalablement aux travaux.

2.4. ETUDES D'EXECUTION

2.4.1. Opération à la charge du Maître d'Ouvrage

Tableau 10. Opérations à la charge du Maître d'ouvrage

N°	Opération	Documents à fournir	Délai
1	Déclaration de travaux	Déclaration de travaux Récépissé des concessionnaires de moins de 3 mois Localisation des sondages si nécessaire	Au DCE

2.4.2. Opération à la charge de l'entreprise

2.4.2.1. Opérations à exécuter pendant la période de préparation

Sauf indication particulière, les délais au plus tard indiqués dans le tableau ci-après sont à compter de la date de notification de l'ordre de service de commencement des travaux. Les délais sont en jours calendaires.

Tableau 11. Opérations à exécuter pendant la période de préparation

N°	Opération	Documents à fournir	Délai
1	Plan des installations de chantier	Plans + mémoire	20 jours
2	Déclaration d'Intention de Commencement de Travaux - (DICT)	Récépissés des lettres recommandées	15 jours
3	Programme des travaux	Diagramme, note	15 jours
4	Programme des études d'exécution	Diagramme, note	15 jours
5	Plan particulier de sécurité et de protection de la santé PPSPS	Liste des membres du CISSCT, nom du représentant de l'entreprise	30 jours

6	Itinéraires de transport	PV de visite et CR de réunion avec les gestionnaires de voirie, Plans, note	30 jours
7	Plan d'Assurance Qualité et Environnement	Note d'organisation générale, procédures	30 jours
8	Procédures d'exécution et notes de calcul	Diagramme, note, plans	15 jours
9	Constat d'huissier	Constat / état des lieux	30 jours
10	Levés topographiques complémentaires	Plan de masse de l'emprise des travaux sur environ 300m (de la passe à poissons sur la Vauclusotte à l'aval du seuil)	15 jours

2.4.2.2. Opérations à exécuter pendant le déroulement des travaux

Tableau 12. Opérations à exécuter pendant le déroulement des travaux

N°	Opération	Documents à fournir	Délai
1	PAQE des sous-traitants	Plans + mémoire, suivi d'avancement des travaux	30 jours avant application
2	Mise à jour des programmes de travaux	Diagramme, note	Tous les 15 jours
3	Origine des matériaux fournis par l'entrepreneur	Dossier d'agrément des produits : fiche technique, PV d'essais, documentation	1 mois avant utilisation envisagée
4	Plans d'exécution et avant-métrés	Relevés topographiques et bathymétriques, plans, notes de calculs, schémas	1 mois avant réalisation de l'ouvrage concerné
5	Contrôle interne	Procès-verbaux d'essais, photos	3 semaines avant réalisation de l'ouvrage concerné

2.4.2.3. Opérations à exécuter après le déroulement des travaux

Tableau 13. Opérations à exécuter à la fin des travaux

N°	Opération	Documents à fournir	Délai
1	Plan des ouvrages exécutés	Relevés topographiques et bathymétriques PAQE Mémoire d'exécution des travaux avec reportage photographique Fiches procédures et résultats des essais de contrôle Traitement des non conformités Tous les plans, notes de calculs	Lors de la demande de réception des travaux de la tranche de travaux concernée

3. PROVENANCE, QUALITE ET MISE EN ŒUVRE DES MATERIAUX

3.1. PRESCRIPTIONS GENERALES

Tous les matériaux utilisés pour la réalisation des aménagements devront être de qualité et de provenances agréées par le Maître d'Œuvre et devront satisfaire aux normes ou, à défaut, aux spécifications.

Le titulaire du marché devra fournir au Maître d'Œuvre, pour les matériaux amenés en fourniture, une définition des matériaux avec essais d'identification.

Les provenances devront être soumises à l'agrément du Maître d'Œuvre en temps utile pour respecter le délai d'exécution, et au maximum à la fin de la période de préparation.

Une copie de tous les bons de livraison des matériaux, matériels ou ouvrages sera systématiquement remise au Maître d'œuvre.

3.1.1. Matériaux et produits normalisés

Les produits et composants fournis par l'entreprise titulaire du marché devront être conformes aux normes européennes, sinon aux normes françaises NF. Selon les prescriptions de l'AFNOR et selon les textes de référence (décret 84.74 du 26 Janvier 1984, modifié par décret 90.653 du 18 Juillet 1990, et de la circulaire du premier Ministre du 13 Février 1991), il sera fait obligatoirement référence aux normes françaises NF, pour les matériaux en bénéficiant, ou aux autres normes reconnues équivalentes.

3.1.2. Matériaux et produits non normalisés

En cas d'absence de normes ou d'avis techniques sur les produits, les propositions du titulaire du marché seront soumises à l'approbation du Maître d'Œuvre et du Maître d'Ouvrage.

3.1.3. Lieu de stockage provisoire des matériaux

Le titulaire du marché devra prendre toutes les dispositions nécessaires pour stocker les fournitures qui ne pourront être installées directement à leur emplacement définitif. Les lieux de stockage seront définis dans le cadre des documents à fournir pendant la phase de préparation du chantier.

Le titulaire du marché pourra prendre directement contact avec le Maître d'ouvrage et la commune pour définir l'emplacement le plus favorable à l'installation du chantier.

3.1.4. Chargement – Transport – Stockage

3.1.4.1. Chargement

Les matériaux, éventuellement brisés lors des opérations de chargement, seront évacués par le titulaire du marché sur un site agréé.

3.1.4.2. Transport

Le transport sera effectué par camions équipés d'une benne type enrochements.

Lors d'approvisionnement en carrière, le transport comprendra un arrêt pour pesage des camions.

3.1.4.3. Stockage

Les matériaux seront livrés sur dépôt provisoire après accord du Maître d'Œuvre, dans les limites d'emprise des travaux.

Les matériaux devront être stockés de façon à ne pas perturber le passage éventuel des crues.

3.1.5. Essais de contrôle des livraisons

Le Maître d'Œuvre a la possibilité de demander au titulaire du marché des essais de contrôle de qualité des matériaux s'il juge que les conditions d'exploitation en carrière conduisent à un changement de cette qualité.

En cours de travaux, à chaque fois que le Maître d'Œuvre le demandera, il sera fait un contrôle de granulométrie/blocométrie et de la forme des matériaux.

3.2. TERRASSEMENT

Le terrassement sera effectué conformément aux plans d'exécution, visés par le Maître d'Œuvre.

Le volume de terrassement pris en compte dans le DQE et qui sera métré correspond aux limites des ouvrages. Les volumes de terrassements sont calculés non foisonnés.

Les terrassements seront menés sur le lit mineur du Dessoubre, les berges accueillant les ouvrages projetés, ainsi que dans l'enceinte d'isolement de chantier. Le chantier devra être organisé de manière à ce que tous les terrassements soient effectués en période de basses-eaux, ce qui permet de limiter très fortement les départs de fines.

L'entreprise prendra en compte dans l'établissement de ses prix l'emploi d'engins de terrassement adaptés.

3.2.1. Déblais

3.2.1.1. Généralités

Ces fouilles comprendront les terrassements en masse en terrain meuble ou rocheux. Les points suivants seront respectés :

- En principe, le fond des fouilles sera dressé suivant la pente de l'ouvrage ;
- Pour assurer la stabilité des parois, celles-ci seront taillées avec un fruit ;
- Les poches ou lentilles de nature plus compressible que l'ensemble du fond des fouilles devront être purgées et remplacées par un matériau de compressibilité analogue à celle du bon sol à la même profondeur.

Les déblais proviendront des interventions suivantes :

- Terrassement en lieu et place des ouvrages (dérasement du seuil, terrassement au droit de la passe à poissons) ;
- Remodelage du lit mineur du Dessoubre ;
- Reprofilage de la berge rive gauche ;
- Retrait des vantelleries associées aux ouvrages ;

La prestation de déblais comprend :

- L'amenée des fournitures et des moyens ;
- La mise à sec des zones de déblai ;
- La sécurisation des fouilles (blindages, talutage) ;
- La mise en dépôt provisoire et la réutilisation sur site éventuelle de certains matériaux ;
- Le chargement et l'évacuation en décharge agréée par le Maitre d'Œuvre des matériaux non valorisés sur site.

Les déblais sont :

- Soit mis en remblais s'ils satisfont aux conditions indiquées ci-dessous ;
- Soit mis en dépôt définitif selon les indications du SOGED (dont déblais de purges) ;
- Soit mis en dépôt provisoire à l'extérieur du chantier selon le SOGED, et sur accord du Maitre d'Œuvre et du Maitre d'Ouvrage ;
- Soit mis en remblais de remise en état et de comblement du canal usinier de l'ouvrage (hors matériaux alluvionnaires).

Les déblais non réutilisables ne seront pas utilisés pour le remblaiement des fouilles. La réutilisation des déblais en couche de forme est proscrite.

3.2.1.2. Dérasement de l'ouvrage de la Voyèze et ouvrages associés

Ces fouilles comprendront les terrassements en masse en terrain meuble et rocheux (moellons, pierre maçonnées, remblais).

La prestation de déblais comprend :

- L'amenée des fournitures et des moyens nécessaires ;
- La mise à sec des zones de déblais ;
- L'opération de dérasement de l'ouvrage ;
- Le tri des matériaux ;
- La réutilisation sur site éventuelle des déblais pour combler le canal usinier ;
- Le retrait du vannage ;
- Le chargement, la mise en dépôt éventuelle sur site dans les emplacements définis à cet effet, le tri et l'évacuation des matériaux constitutifs de l'ouvrage vers un site agréé.

3.2.1.3. Remodelage du lit mineur au droit des ouvrages

L'opération prévoit la création d'un lit mineur diversifié au niveau de la zone de remous localisée à l'amont de l'ouvrage.

Ces fouilles comprendront les terrassements en terrain meubles :

- L'amenée des fournitures et des moyens ;
- Les déblais des matériaux stockés en amont de la retenue actuelle. Ces matériaux seront utilisés sur site pour reprofiler le lit mineur du Dessoubre ;
- Le chargement et la mise en dépôt dans les emplacements définis à cet effet des volumes de matériaux extraits.

3.2.1.4. Prolongement de la passe à poissons sur la Voyèze

Ces fouilles comprendront les terrassements en masse en terrain alluvionnaire afin d'ancrer les fondations de l'ouvrage, elles comprendront :

- L'amenée des fournitures et des moyens ;
- Les déblais des matériaux. Ces matériaux seront utilisés sur site pour reprofiler le lit mineur du Dessoubre ;
- Le chargement et la mise en dépôt dans les emplacements définis à cet effet des volumes de matériaux extraits.

3.2.1.5. Arasement du merlon du canal usinier

L'opération prévoit le reprofilage de la berge rive gauche en aval du seuil pour un raccordement doux au haut de berge. La cassure provoquée par le merlon du canal devra donc être supprimée.

Les fouilles comprendront les terrassements en terrain rocheux et meubles :

- Le terrassement par tout moyen mécanique adapté, voir manuel si nécessaire ;
- Le chargement, le transport et le déchargement, si le lieu de dépôt (pour réemploi) est trop éloigné pour un jet de pelle direct ;
- Toutes les prestations pour conserver en l'état les matériaux mis en dépôt ;
- Toutes sujétions.

La prestation comprendra :

- L'amenée des fournitures et des moyens ;
- Le reprofilage de la berge rive gauche du canal usinier sur une longueur de 80m ;
- L'arase du muret et du merlon sur une longueur de 80 m ;
- La réutilisation sur site éventuelle ;
- Le chargement et l'évacuation en décharge d'éventuels déchets ou matériaux non propices à la réutilisation en tant que remblais.

3.2.1.6. Reprofilage des berges

L'opération prévoit le reprofilage de la berge gauche du Dessoubre au droit de la parcelle B269, ainsi qu'un reprofilage ponctuel des berges au niveau de la passe à poissons.

Les fouilles comprendront les terrassements en terrain meubles :

- Le terrassement par tout moyen mécanique adapté, voir manuel si nécessaire ;
- Le chargement, le transport et le déchargement, si le lieu de dépôt (pour réemploi) est trop éloigné pour un jet de pelle direct ;
- Toutes les prestations pour conserver en l'état les matériaux mis en dépôt ;
- Les fonds de fouilles seront dressés avec une tolérance de + 0,05 m ;
- L'évacuation des volumes de terrassements excédentaires ;
- Toutes sujétions.

La prestation comprendra :

- L'amenée des fournitures et des moyens ;
- Le reprofilage des berges ;

- La réutilisation sur site éventuelle ;
- Le chargement et l'évacuation en décharge d'éventuels déchets ou matériaux non propices à la réutilisation en tant que remblais.

3.2.2. Remblais

3.2.2.1. Généralités

Pour l'ensemble des types de remblais d'apport, des prescriptions seront à prendre en compte. Les produits de découverte de carrière, les produits terreux (sauf terre végétale), les débris végétaux et les impuretés en général, ne devront pas être réutilisés dans ce cadre. Les produits de démolition de maçonnerie ou de chaussée (enrobés, graves traitées) en plaques, sont également interdits.

Les matériaux d'apports devront de plus être dépourvus de graines d'espèces végétales invasives.

Prestations de remblais

La prestation de remblai comprend :

- L'amenée des fournitures et des moyens ;
- La préparation des fouilles avant remblais ;
- La mise en œuvre des remblais selon les règles de l'art et à partir de matériaux extérieurs au site ou bien mis en dépôt provisoire sur site ;
- Le réglage, nivellement et compactage des matériaux.

Provenance des matériaux de remblais

- Déblais du site ;
- Démolition d'ouvrages ;
- Matériaux d'apport de provenance extérieure au chantier.

Types et destinations des remblais

Les matériaux de remblai nécessaires pour le chantier seront les suivants :

- Matériaux d'apport pour la recharge sédimentaire et les radiers ;
- Comblement de la fosse à l'aval immédiat de l'ouvrage, avec les sédiments grossiers issus du site et les matériaux constitutifs du barrage jugés compatibles ;
- Terre végétale d'apport pour retaluter la berge rive gauche en amont de l'ouvrage ;
- Comblement partiel du canal usinier par des matériaux issus des déblais du barrage ;

- Matériaux calcaire-terreux d'apport pour le comblement partiel du canal usinier ;
- Couche de forme pour les fondations des bassins supplémentaires à aménager sur la passe à poissons.

Contenu de la prestation

La prestation comprend :

- L'amenée des fournitures et des moyens ;
- La mise en sec de la fouille ;
- La fourniture et l'amenée des matériaux de remblais ;
- Le compactage adapté ;
- Les analyses éventuellement nécessaires.

3.2.2.2. Matériaux granulaires d'apport pour la recharge sédimentaire

Ces matériaux sont destinés à la recharge sédimentaire dans le lit mineur du Dessoubre. Ils seront issus du reprofilage des fonds entre le pont communal et le seuil, et de matériaux concassés calcaires ou bien de matériaux alluvionnaires.

Ces matériaux posséderont les granulométries suivantes :

- Granulométrie 5/50 mm pour la recharge sédimentaire sous forme de bancs. Ils seront régalez sur une épaisseur variant de 20 à 40 cm environ ;
- Granulométrie 10/100 mm pour la recharge sédimentaire de fond. Ils seront régalez sur une épaisseur variant de 30 à 40 cm environ ;
- Granulométrie 50/300 mm pour la recharge sous forme de radier. Ils seront régalez sur une épaisseur de 15 à 30 cm environ.

Pour l'ensemble des types de remblais d'apport, des prescriptions seront à prendre en compte. Les produits de découverte de carrière, les produits terreux (sauf terre végétale), les débris végétaux et les impuretés en général, ne devront pas être réutilisés dans ce cadre. Les produits de démolition de maçonnerie ou de chaussée (enrobés, graves traitées) en plaques, sont également interdits.

Les matériaux devront avoir les caractéristiques suivantes :

- Indice de concassage égal au moins à 30 ;
- Non gélifs.

Les matériaux d'apports devront de plus être dépourvus de graines d'espèces végétales invasives.

3.2.2.3. Remodelage du lit mineur du Dessoubre

Également, la fosse de dissipation localisée en aval immédiat de l'ouvrage fera l'objet d'un comblement, visant à ajuster le profil en long du Dessoubre. Les matériaux issus des déblais seront remblayés à l'aval du barrage, de manière à combler la fosse de dissipation.

La prestation de remblais comprend :

- L'amenée des fournitures et des moyens ;
- La réalisation de l'opération de remblais.

3.2.2.4. Terre végétale d'apport

La terre végétale sera fournie pour le reprofilage de berge en rive gauche. La couche de terre végétale mise en œuvre possède une épaisseur de l'ordre de 25 à 35 cm et constitue le remblai final.

La prestation de remblais comprend :

- L'amenée des matériaux et des moyens ;
- La mise en œuvre de la terre végétale et des matériaux propres pour réutilisation.

Les matériaux terreux utilisés devront être exempts de tout ou partie d'espèces exotiques envahissantes comme celles citées ci-dessous :

- Renouée du Japon (*Reynoutria japonica*) ;
- Sakhaline (*Polygonum Sachalinense*) ;
- Balsamine géante (*Impatiens glandulifera*) ;
- L'Ailante (*Ailanthus altissima*) ;
- Buddleja de David (*Duddleja davidii*) ;
- La Verge d'or (*Solidago graminifolia*, *altissima*, *gigantea*) ;
- Cultivar de peuplier (*Populus* sp) ;
- L'Erable negundo (*Acer negundo*), etc.

La terre végétale d'apport devra être de texture à dominante limono-argileuse, exempte de racines et éléments grossiers (blocs,).

3.2.2.5. Matériaux calcaire-terreux d'apport et comblement partiel du canal

Les matériaux calcaire-terreux serviront pour combler partiellement le canal usinier de l'ouvrage.

La prestation de remblais comprend :

- L'amenée des matériaux et des moyens ;
- La mise en œuvre des matériaux calcaire-terreux ;
- Le compactage des matériaux.

De manière générale les terres fournies au titre du Marché ne devront pas comporter d'herbicides rémanents. Elles proviendront de sites qui n'auront pas porté de cultures pendant les 10 derniers mois qui précéderont l'extraction.

Dans le cas de fourniture de terre par l'Entrepreneur, il devra indiquer le lieu d'origine de la terre et faire exécuter à ses frais, une analyse en laboratoire avant tout approvisionnement sur le chantier. Le bulletin sera remis au Maître d'Œuvre

et les corrections éventuelles réalisées aux frais de l'Entrepreneur, par engrais ou amendement ou évacuation des déchets et pierres présents.

Le Maître d'Œuvre se réserve le droit d'imposer aux frais de l'Entrepreneur, une contre analyse de vérification de la terre approvisionnée, amendée ou non.

Les matériaux gravelo-terreux ou terreux d'apport devront être exempts de tout ou partie d'espèces exotiques envahissantes comme par exemple la renouée du Japon (*Reynoutria japonica*) et de Sakhaline (*Polygonum Sachalinense*), la balsamine géante (*Impatiens glandulifera*), l'ailante (*Ailanthus altissima*), le buddleja de David (*Buddleja davidii*), la verge d'or (*Solidago graminifolia*, *Solidago altissima* et *Solidago gigantea*), le cultivar de peuplier (*Populus sp.*), l'érable negundo (*Acer negundo*), ...

L'attention du titulaire est attirée sur le fait qu'en cas de constat d'apparition spontanée d'un foyer d'invasives à l'endroit même des travaux dans les 12 mois après réception du chantier, preuve d'une défaillance de contrôle de sa part, il lui sera expressément demandé d'en assurer le traitement à ses frais sous visa et acceptation du protocole par le Maître d'Ouvrage, jusqu'à éradication complète de la ou des espèces posant problème.

Un contrôle régulier de toutes les surfaces travaillées doit être opéré afin de repérer tout foyer d'espèce exotique envahissante. L'entrepreneur informera immédiatement le maître d'Œuvre en cas de repérage d'espèces végétales non désirées sur les surfaces travaillées.

Des précautions particulières sont demandées par le Maître d'Œuvre sur la qualité des matériaux importés et sur le nettoyage des engins de chantier.

3.3. BETON ET MORTIER

3.3.1. Utilisation

Les bassins supplémentaires de la passe à poissons seront entièrement construits en béton armé.

Les voiles seront coulés en place et ferraillés dans les règles de l'art.

Une variante en éléments préfabriqués pourra néanmoins être proposée par l'entreprise si le coût global est plus intéressant.

3.3.2. Mise en œuvre des bétons

Le béton à mettre en œuvre est destiné à :

- La réalisation de la couche de béton de lestage ;
- La réalisation du radier de la passe à poissons ;
- La réalisation des voiles latéraux et des cloisons de la passe à poissons ;
- La réalisation des longrines en pied de piles du pont ;
- Le liaisonnement des blocs dans le fond des bassins ;
- Le liaisonnement des enrochements aux abords de l'ouvrage.

Les zones de bétonnage devront être confinées de manière à ne pas provoquer de perte de laitance dans le cours d'eau.

La prestation comprend les travaux suivants :

- L'amenée des fournitures et des moyens ;
- La mise en œuvre préalable du géotextile anti-contaminant ;
- La mise en place du ferrailage ;
- Le coffrage des surfaces ;
- La mise en œuvre du béton (y compris décoffrage après travaux) ;
- La réalisation des joints de retrait, de dilatation...;
- La réalisation des surfaces de finition ;
- L'évacuation des déchets et rebuts en décharge.

La prestation comprend les fournitures suivantes :

- Barres d'ancrage HA ;
- Produits de scellement ;
- Coffrage ;
- Ferrailage ;
- Joint de dilatation, water stop, etc. ;
- Béton.

Les bétons seront mis en place conformément aux plans du dossier.

3.3.3. Qualité du béton et du mortier

3.3.3.1. Béton de structure

La qualité des bétons de structure demandés est reprise dans les données ci-dessous :

Tableau 14. Caractéristiques des bétons de structure

Paramètre	Valeur
Classe d'exposition	XA1
Classe de chlorure	Cl 0.20
Masse volumique minimale	2.35 à 2,40 t/m ³
Température maximale du béton à sa mise en place	30°C
Fissuration	Préjudiciable

Rapport de Projet – Site de la Voyeze

RESTAURATION DE LA CONTINUITE ECOLOGIQUE SUR LE SECTEUR AVAL DU DESSOUBRE AU DROIT DES SEUILS DE « FLEUREY »,
« NEUF GOUFFRE » ET LA « VOYEZE »

Classe de résistance minimale à la compression	C 30 / 37
Classe de consistance (*)	S3
Dimension maximale des granulats	20 mm
Dosage mini ciment	400 kg/m ³

En termes de prévention de l'alcali-réaction au sens du 5.2.3.4 de la Norme NF EN 206-1, les hypothèses à respecter sont données ci-dessous :

Tableau 15. Niveau de prévention de l'alcali-réaction

Paramètres	Valeur
Catégorie d'ouvrage	Catégorie 2
Classe d'exposition	Classe 2 au titre du Guide LCPC de 1994 Classe XAR2 au titre du FD P 18-464
Niveau de prévention	B

3.3.3.2. Béton de lestage

La qualité des bétons de propreté demandés est reprise dans les données ci-dessous :

Tableau 16. Caractéristiques des bétons de propreté

Paramètre	Valeur
Classe d'exposition	XC1
Classe de chlorure	Cl 0.20
Masse volumique minimale	2.35 à 2,40 t/m ³
Température maximale du béton à sa mise en place	30°C
Fissuration	Préjudiciable
Classe de résistance minimale à la compression	C 25 / 30
Classe de consistance (*)	S4
Dimension maximale des granulats	20 mm
Dosage mini ciment	400 kg/m ³

Les bétons utilisés devront respecter la norme NF EN 206-1 pour les bétons.

3.3.3.3. Béton de liaisonnement des enrochements

La qualité des bétons de liaisonnement demandés est reprise dans les données ci-dessous :

Tableau 17. Caractéristiques des bétons de liaisonnement

Paramètre	Valeur
Classe d'exposition	XC1
Classe de chlorure	Cl 0.20
Masse volumique minimale	2.35 à 2,40 t/m ³
Température maximale du béton à sa mise en place	30°C
Fissuration	Préjudiciable
Classe de résistance minimale à la compression	C 30 / 37
Classe de consistance (*)	S4
Dimension maximale des granulats	20 mm
Dosage mini ciment	400 kg/m ³

Les bétons utilisés devront respecter la norme NF EN 206-1 pour les bétons.

3.3.3.4. Mortier

Le mortier devra être titulaire de la marque NF-Produits spéciaux destinés aux constructions en béton hydraulique au titre de scellement ou de calage.

La qualité du mortier demandé est reprise dans les données ci-dessous :

Tableau 18. Caractéristiques du mortier

Paramètres	Valeur
Classe d'exposition	XC2 / XF3
Classe de chlorure	Cl 1
Classe de résistance minimale à la compression	C 12 / 15

3.3.4. Contrôle de la qualité des livraisons

La fourniture de béton sera réalisée à partir d'une centrale à béton agréée, les prélèvements seront effectués à réception sur le chantier impérativement.

Ces prélèvements seront effectués à l'abri en récipient étanches et étiquetés, précisant la désignation complète du ciment, la date et le mode de prélèvement, ainsi que le lot de ciment ayant fait l'objet de prélèvement.

Le Maître d'œuvre aura libre accès au site de stockage des prélèvements et pourra, à sa convenance, compléter le contrôle de l'authenticité des prélèvements par l'apposition de son cachet ou de la signature de son représentant.

La prise d'échantillons dans le prélèvement et leur envoi au laboratoire devront être menés contradictoirement en présence du Maître d'œuvre ou de son représentant.

Les prélèvements seront conservés pendant une durée minimale de 6 mois après dernier bétonnage des lots de ciment concerné par les prélèvements, et ne pourront être évacués sans l'accord écrit du Maître d'œuvre.

Les épreuves de contrôle sont à la charge de l'opérateur économique. Elles seront réalisées par un laboratoire indépendant de la chaîne de production. Les épreuves minimales à exécuter sont :

- Pour le radier : 1 prélèvement par passe coulée avec 3 éprouvettes pour essais de résistance à la compression à 7 jours et 3 éprouvettes pour essais de résistance à la compression à 28 jours ;
- Pour les voiles : 1 prélèvement par passe coulée avec 3 éprouvettes pour essais de résistance à la compression à 7 jours et 3 éprouvettes pour essais de résistance à la compression à 28 jours.

3.3.5. Granulats

Les granulats seront d'origine naturelle, composés de 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.

Les granulats devront satisfaire aux exigences du fascicule 65 et de la norme NF EN 12620 relative aux granulats pour bétons hydrauliques.

La densité des granulats sera supérieure ou égale à 2,6.

3.3.6. Adjuvants

Les adjuvants utilisés devront être titulaire de la marque NF adjuvants.

Norme en vigueur concernant les adjuvants : NF EN 934 – 2 et NF EN 480

L'efficacité et les effets secondaires de chaque adjuvant pouvant varier en fonction de son dosage dans le béton et des divers composants de celui-ci, en particulier du ciment, l'opérateur économique s'assurera par des essais préalables que l'efficacité annoncée est bien confirmée et l'étendue des effets secondaires identifiée.

L'opérateur économique fournira pour approbation de tout adjuvant :

- La fiche technique de l'adjuvant,
- Les rapports des essais 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 égale, les temps de début et de fin de prise d'une pâte pure, les résistances mécaniques du béton obtenu.

Ces essais seront faits pour le dosage optimal proposé et pour un dosage moitié et double de ce dosage optimal.

Certains adjuvants étant incompatibles entre eux ou avec des adjuvants de marques différentes, l'utilisation simultanée de plusieurs adjuvants ne pourra s'effectuer qu'après accord écrit des fabricants qui devront préciser toute spécification complémentaire.

- Tout adjuvant se présentera sous forme liquide,
- L'adjonction d'un adjuvant sera obligatoirement effectuée de manière automatique,
- L'incorporation d'adjuvant à l'extérieur de la centrale à béton est proscrite,
- Pour les ouvrages en contact de l'eau, l'opérateur économique mettra en œuvre un adjuvant pour imperméabilisation relative du béton dans la masse.

3.3.7. Armatures pour béton armé

3.3.7.1. Normes et règlements

Les calculs seront effectués conformément aux Eurocodes et au CCTG en vigueur (fascicule 62, titre V).

- CCTG – Fascicule 65 : Exécution des ouvrages de génie civil en béton armé ou précontraint ;
- CCTG - Fascicule 68 : Exécution des travaux de fondation des ouvrages de génie civil
- NF A 35-01 : Ronds lisses pour béton armé ;
- NF A 35-016 : Armatures pour béton armé ; barres et fil machine à haute adhérence
- pour béton armé ;
- NF A 35-019: Armatures pour béton armé ; fils à haute adhérence ;
- NF EN 10080: Aciers soudables pour béton armé ;
- NF A 35-024: Armatures pour béton armé ; treillis soudés et éléments constitutifs ;
- NF A 35-027 : Armatures pour béton armé ; armatures industrielles pour le béton.
- L'équivalent des normes citées ci-dessus sont acceptées.

3.3.7.2. Qualité des aciers

Les aciers pour armatures seront des classes :

- Ronds lisses Fe E 235 pour bétons armés,
- Aciers à haute adhérence Fe E 500.

Ils devront bénéficier de la certification NF AFCAB.

3.3.7.3. Enrobages

A définir lors des études d'exécution suivant les exigences des Eurocodes 2. Les enrobages minimum suivants devront néanmoins être respectés :

Pour les ouvrages en contact avec les effluents :

- L'enrobage minimum pour les faces exposées aux effluents sera de 5 cm.

Pour les ouvrages qui ne sont pas en contact avec les effluents :

- L'enrobage minimum sera de 4 cm.

3.3.8. Coffrages pour béton armé

3.3.8.1. Normes et règlements

- DTU P 18 201 - DTU n° 21 - Cahier des Clauses Techniques : Exécution des travaux en béton,
- DTU P 18 210 - DTU n° 23.1 - Cahier des Charges applicables aux travaux de parois et murs en béton banché,
- Fascicule 65 du CCTG.

3.3.8.2. Coffrages

Les coffrages seront en bois (planches, panneaux de particules, contre-plaqués), tôle ou autres matériaux agréés, et permettront d'obtenir les qualités requises. En cas d'emploi de panneaux de contre-plaqué, la qualité choisie sera du type à imprégnation spéciale pour bétons.

Les panneaux en bois seront neufs lors de leur première utilisation sur le chantier. Ils 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.

3.3.9. Eléments préfabriqués

Dans le cadre des travaux, des ouvrages pourront faire l'objet de pose d'éléments préfabriqués.

Sur ce point, le choix est laissé libre à l'entrepreneur, qui pourra proposer la réalisation sur place des ouvrages en béton armé (coffrage) ou bien l'utilisation d'éléments préfabriqués. Il devra dans sa proposition détailler son choix et les variantes envisagées.

Les caractéristiques techniques concernant ces éléments seront soumises à l'agrément du Maître d'œuvre avant toute mise en place.

En cas de non-conformité, l'Entrepreneur devra, à ses frais, étudier d'autres solutions techniques satisfaisant aux conditions de réalisation de l'ouvrage.

Les sujétions de mise en œuvre éventuelle sont à la charge de l'opérateur économique (transport, manutention, calepinage, joints, etc.).

3.4. ENROCHEMENTS

3.4.1. Mise en œuvre

3.4.1.1. Confortement de berges

La berge rive gauche en amont du seuil sera confortée par des enrochements appareillés disposés en pied de berge. Des enrochements sera aussi disposés le long des bassins à aménager sur la passe à poissons.

Leur agencement nécessitera le plus grand soin et ils devront être mis en place un à un, du bas vers le haut et d'aval vers l'amont.

La mise en œuvre de ces blocs devra respecter les règles suivantes :

- Pose des enrochements hors d'eau, nécessitant un assèchement des fouilles ;
- Mise en œuvre des enrochements un à un à l'aide d'une pelle hydraulique munie d'une pince, en commençant par le bas de la berge et en remontant vers le sommet, en respectant une pente de 3H/1V ou de 2H/1V ;
- Mise en œuvre par déversement ou par poussage aux engins prohibée. En effet, elle ne permet aucune reprise dans l'arrangement des blocs et peut conduire à une fracturation des blocs dans des proportions excessives ;
- Les blocs constituant les couches directement en contact avec le géotextile seront choisis parmi les plus petits du stock ;
- En aucun cas les différentes couches d'enrochements ne seront réalisées une par une. Les blocs seront imbriqués avec un décalage d'un demi-bloc au fur et à mesure de la constitution de la berge ;
- Disposition des blocs d'enrochements de manière à ce qu'il subsiste le minimum de vide ;
- Arrangement des blocs de façon à présenter une rugosité maximale. Cela revient à mettre leur grand axe perpendiculairement au sens d'écoulement ;
- Les nids de petits blocs sont prohibés. De même, la juxtaposition de gros blocs sur les deux couches devra être évitée. Un amalgame de petits, moyens et gros blocs doit être assuré de façon à présenter un revêtement homogène bien imbriqué ;
- Agencement des blocs au minimum de niveau « dense », soit 5 points de contact exigés pour chaque bloc avec les blocs limitrophes.

3.4.1.2. Enrochements de diversification

Des enrochements seront employés pour la diversification des écoulements dans le lit mineur du Dessoubre via la répartition de blocs isolées et la création de singularités hydrauliques.

Les singularités hydrauliques seront des blocs abris constitués d'enrochements appareillés ou d'enrochements libres (dans les cas des radiers). Les enrochements seront ancrés dans le matelas alluvial qui sera reconstitué.

3.4.2. Blocométrie

3.4.2.1. Description

La granulométrie des enrochements est définie à partir de 3 critères :

1. P10 et P90

La composition optimale est définie par une répartition linéaire entre les trois valeurs composant le type d'enrochement (x kg/ y kg/ z kg) qui seront appelées P10, P50 et P90 soit :

- 10% des blocs ont un poids < P10 (x kg) ;
- 50% des blocs ont un poids < P50 (y kg) ;
- 90% des blocs ont un poids < P90 (z kg) ;

2. Poids minimal et maximal

Aucun bloc ne devra être inférieur au poids minimal fixé à P10/2.

Aucun bloc ne devra avoir un poids supérieur à 1,5 P90.

3. Poids moyen

Le respect du poids moyen est une contrainte essentielle, tant en ce qui concerne l'approvisionnement que la pose. Nous considérerons ici un poids moyen équivalent au poids médian soit P50.

3.4.2.2. Confortement des berges du Dessoubre

La blocométrie des enrochements sera identique et sera la suivante :

Tableau 19. Blocométrie des enrochements de confortement de berge du Dessoubre

Type d'enrochements	D 10 (m)	D50 (m)	D90 (m)	P 10 (kg)	P 50 (kg)	P 90 (kg)
100/200/400	0.45	0.55	0.65	100	200	400

3.4.2.3. Blocs de diversification du lit mineur du Dessoubre

La blocométrie des enrochements disposés ponctuellement dans le lit mineur du Dessoubre pour diversification des écoulements sera la suivante :

Tableau 20. Blocométrie des enrochements de diversification du Dessoubre

Type d'enrochements	D 10 (m)	D50 (m)	D90 (m)	P 10 (kg)	P 50 (kg)	P 90 (kg)
200/400/800	0.45	0.65	0.85	200	400	800

3.4.3. Qualité

Les matériaux utilisés doivent être de roche saine non fracturée et non gélive (norme NF EN 13383-1 et NF EN 13383-2 d'août 2003).

Les exigences suivantes devront être respectées :

- Résistance mécanique permettant d'éviter la fragmentation lors du transport, de la mise en place et des déplacements sous l'effet des courants ;
- Blocs propres, sans inclusion de terre ou de matières organiques ;
- Poids spécifique des blocs supérieur à 2,5 t/m³ ;
- Résistance à l'usure correspondra à un coefficient « Micro Deval » inférieur à 30 et idéalement inférieur à 20.

A noter que les résultats d'essai présentés devront être datés de moins de 2 ans.

3.4.4. Morphologie : définition des tolérances

3.4.4.1. Morphologie

Les enrochements doivent être à angles marqués, de forme tétraédrique. Ceci exclut les boules glaciaires et les blocs roulés.

Le blocage de ces enrochements par leurs arêtes (bloc sur bloc) est le facteur principal de stabilité.

Les contraintes de tolérance sur les formes sont les suivantes :

- Moins de 25 % de blocs de longueur (plus grande dimension) supérieure à 2,5 fois l'épaisseur (plus petite dimension) ;
- Les blocs où le rapport ci-dessus est supérieur à 3 doivent être rebutés.

L'élimination des blocs à rebuter se fait soit en carrière, soit sur les dépôts d'agrément, soit à la mise en place si la sortie des tolérances résulte de leur manutention (casse, fracturation).

3.4.5. Mise en dépôt d'agrément

Un stock doit être constitué en carrière en vue de l'agrément. Le contrôle de la blocométrie et des tolérances dimensionnelles se fait par comparaison avec trois blocs représentant P10, P50 et P90 repérés à la peinture rouge. Le stock constitué doit représenter 30 % de l'approvisionnement. Sur site, il doit être impérativement constitué un stock de blocs représentant deux jours de travail d'avance, de façon à garder une marge de manœuvre en cas de non-conformité ou de rupture d'approvisionnement.

3.4.6. Essais de contrôle des livraisons

Le Maître d'œuvre a la possibilité de demander à l'Entrepreneur des essais de contrôle de la qualité des matériaux s'il juge que les conditions de l'exploitation en carrière conduisent à un changement de cette qualité (par exemple, changement de filon en carrière).

En cours de fabrication, à chaque fois que le Maître d'œuvre le juge nécessaire, il est fait un contrôle de blocométrie des enrochements, accompagné d'un contrôle de la forme des blocs. Ce contrôle porte au minimum sur un poids total des matériaux au moins égal à 10 fois le poids maximum, entreposés en carrière avant le chargement sur le lieu de dépôt provisoire (sur site).

A l'arrivée sur site, le dépôt doit également être contrôlé avant réutilisation, pour déceler et écarter tout bloc qui aura subi, pendant le chargement, le transport ou au déchargement, un éclatement suffisamment important pour ne plus satisfaire aux normes de blocométrie, forme ou gammes de poids. Un contrôle rapide du poids moyen est fait en divisant le poids du chargement par le nombre de blocs.

Des blocs témoins doivent également être disposés sur le chantier.

Pour contrôler le tonnage livré sur la zone de dépôt, l'Entrepreneur doit pouvoir fournir toute justification de pesage des camions.

3.5. TRAVAUX DE DEFRICHEMENT ET D'ENTRETIEN DE LA VEGETATION

3.5.1. Déboisement et défrichage

Ces interventions comprendront notamment :

- La coupe des arbres et l'élagage des branches qui menacent de tomber dans le lit ou qui gênent l'écoulement des eaux (sont compris les arbres qui poussent dans le lit) ;
- La coupe de la végétation sera effectuée au ras du sol pour permettre ensuite un dessouchage mécanique durant les opérations de terrassement ;
- L'exploitation des arbres et l'élimination des rémanents végétaux selon les prescriptions ci-dessous ;
- L'élimination des déchets de toute nature (domestiques, gravats,...) situés sur les berges et dans le lit avec mise en décharge dans un lieu approprié, agréé par le Maître d'Œuvre, hormis les souches qui seront réagencées dans le lit mineur pour sa diversification.

Il est posé à priori la conservation maximum de la végétation autochtone adaptée. Elle joue un rôle primordial dans la protection contre l'érosion des berges et à ce titre constitue un dispositif irremplaçable pour la bonne tenue des berges.

Le traitement effectué sera sélectif dans tous les cas et permettra une sélection des sujets en préservant non seulement toutes les classes d'âge mais également d'espèces. Le choix des arbres à abattre se fera en fonction des objectifs définis ci-dessous :

- En aucun cas, il ne sera procédé à un défrichage systématique, l'objectif étant de dégager l'emprise nécessaire aux travaux tout en préservant au maximum buissons et jeunes sujets qui jouent un grand rôle dans la ripisylve.
- Pour la végétation arborescente, les coupes d'élagage seront franches et effectuées le plus près possible du tronc. Elles concerneront essentiellement les branches constituant une gêne pour l'évolution des engins sur la zone de travaux.
- Les souches seront généralement conservées pour remise en place dans le lit mineur, sauf cas particulier. Les arbres seront coupés au ras du sol et le plus bas possible, le trait de sciage étant parallèle à la berge.

L'emploi de produits phytosanitaires est proscrit.

Les engins utilisés pour les travaux de gestion de la ripisylve devront évoluer depuis le haut de berge. Ils seront de type forestier et équipés de treuils. Les engins lourds tels que pelle hydraulique, bulldozer, boteur, etc. sont proscrits pour ces travaux.

3.5.2. Exploitation des arbres et élimination des rémanents végétaux

Les houppiers et produits de débroussaillage et bois seront broyés et transportés dans un lieu de décharge agréé par le Maître d'Œuvre. Les souches et troncs seront réagencés dans le lit mineur pour assurer sa diversification.

En aucun cas, les rémanents ne seront enfouis sans l'accord du Maître d'Œuvre.

L'Entrepreneur disposera du bois et l'exploitera pour son propre compte. Les déchets de coupe seront rassemblés et éliminés comme décrits précédemment. Il ne devra subsister sur la berge et la rive aucun déchet quel qu'il soit.

Exceptionnellement et à la demande expresse du propriétaire, l'Entrepreneur pourra laisser un arbre entier ou ébranché sur place mais devra le signaler au Maître d'Œuvre.

3.5.3. Rétention des déchets végétaux

L'entrepreneur devra prendre les dispositions pour assurer le libre écoulement des eaux.

Il devra, en outre, toujours prendre les dispositions propres à piéger les déchets et détritiques de toute nature, flottants ou semi-flottants qui se trouveraient dans l'eau ou tomberaient dans celle-ci à l'occasion des travaux. Cette rétention devra être assurée immédiatement à l'aval des chantiers (installation d'un filet, abattage d'un arbre en travers du lit de la rivière). Les déchets flottants seront évacués régulièrement.

3.6. GEOTEXTILES

3.6.1. Treillis coco biodégradable

3.6.1.1. Description

Il sera utilisé comme géotextile biodégradable un treillis de coco type H2M5, 740 g/m².

Les géotextiles seront fixés au sol au moyen d'agrafes métalliques :

- Agrafes en fer à béton recourbées, longueur totale 90 cm, diamètre 6 mm.

Le prix de fourniture de ces agrafes est compris dans le prix de fourniture des géotextiles. Ces matériaux seront métrés contradictoirement au mètre carré de surface effective mise en place (y compris recouvrements).

3.6.1.2. Mise en œuvre

Les films sont placés en bandes successives parallèles au courant en débutant par le pied de berge. Le recouvrement des lés se fait de haut en bas et dans le sens du courant. Les recouvrements seront d'au moins 15 cm latéralement et 50 cm longitudinalement. Les lés, seront recourbés aux deux extrémités sur environ 40 cm, afin de venir envelopper la terre végétale.

Les bandes sont fixées à raison de 2 agrafes en bois au moins par m².

Les rouleaux supérieurs (pied de berge) et inférieur (pied de banquettes) seront plaqués au sol et maintenus par une rangée d'agrafes.

La remise en état des endroits découpés pour la plantation des plants en racines nues, s'effectue en ajoutant de petites agrafes en U Ø4 mm, à raison de 1-2 pièces/plante. De même, les endroits formant éventuellement des "poches" sont agrafés de manière complémentaire.

La mise en place des géotextiles biodégradables sera comptabilisée contradictoirement à la surface de berge effectivement recouverte.

3.6.2. Géotextile anticontaminant

Le géotextile sera disposé en arrière des enrochements utilisés pour le confortement de la berge.

Utilisé comme anti-contaminant, il sera non tissé.

Il sera imputrescible, insensible au gel, à l'action des liants, aux acides alcalins, aux bactéries et aux champignons.

Il doit être titulaire d'une certification « Géotextile certifié » délivré par l'ASQUAL et aura le marquage CE, dans leur masse de manière régulière au moins tous les 5 mètres dans le sens de production.

Sera exigée une mise en œuvre avec soin du matériau qui ne devra pas être endommagé ou déchiré avant ou pendant la mise en œuvre.

Dans le cas où la nappe pourrait être soumise à des efforts de traction, l'assemblage de 2 bandes devra être effectué par couture.

Les géotextiles assurant un rôle de séparation sont assemblés par simple recouvrement.

A noter que les quantités mentionnées au DQE sont mentionnées hors chevauchement et autre recouvrement.

Toutes précautions doivent être prises pour ne pas endommager le géotextile lors d'un stockage prolongé sur le chantier à savoir :

- Ne pas superposer les rouleaux en porte à faux ou en couche croisées,
- Ne pas exposer au soleil ou aux intempéries le géotextile sauf s'il est maintenu dans un emballage opaque.

Le géotextile de transition qui sera disposé en arrière des enrochements devra résister au poinçonnement des matériaux avec lesquels il sera en contact.

Le géotextile devra posséder les caractéristiques mécaniques minimales suivantes :

- Masse surfacique : $> 300 \text{ g/m}^2$;
- Epaisseur sous 2 kPa : 3,7 mm ;
- Résistance à la traction (NF EN ISO10319) : $> 30 \text{ kN/m}$ dans les 2 sens ;
- Déformation à l'effort de traction maximale (NF EN ISO 10319) : $> 70\%$ dans les 2 sens ;
- Perforation dynamique (chute de cône) (NF EN 918) : $< 11 \text{ mm}$;
- Poinçonnement (NF G 38 019) : $> 2 \text{ kN}$;
- Poinçonnement statique CBR (NF EN ISO 12236) : $> 4.6 \text{ kN}$;
- Perméabilité normale au plan (NF EN ISO 11058) : $> 0.060 \text{ m/s}$;
- Ouverture et filtration caractéristique (NF EN ISO 12956) : $100 \mu\text{m}$.

3.7. PLANTATIONS ET GENIE VEGETAL

3.7.1. Qualité des végétaux

Les travaux de plantations comprennent le déchargement des végétaux fournis, la distribution sur le chantier, toutes suggestions de mise en place, l'ouverture du trou, la préparation du sujet, la plantation, le complément du trou avec de la terre fine, la confection d'une cuvette, le plombage à l'eau et toutes sujétions.

3.7.1.1. Généralités

Tous les végétaux fournis par l'Entrepreneur devront être conformes aux critères de qualités demandés, exempts de plaies et de toutes attaques de parasites. La ramure sera régulière, bien fournie, l'enracinement en parfait état.

L'Entrepreneur devra s'inquiéter dès la consultation des disponibilités du ou des pépiniéristes ainsi que des sites de prélèvement possibles des boutures, des branches de saules.

3.7.1.2. Boutures de saules

Le prélèvement de branches de saules se fera impérativement durant la période de repos de la végétation, c'est-à-dire entre fin septembre et fin mars, et de manière à ce que leur mise en place puisse s'effectuer rapidement (2 à 3 jours) après le prélèvement.

L'utilisation de matériaux morts ou malades non susceptibles d'une reprise saine est absolument proscrite. Plusieurs espèces de saules devront être présentes, ceci de manière à éviter les formations mono-spécifiques.

Les branches de saules auront une longueur ≥ 80 cm et un diamètre de 2 à 4 cm.

Il est précisé que les longueurs de matériaux définies ci-dessus sont des longueurs minimales d'aménagements finis.

La mise en jauge éventuelle ou le stockage dans l'eau doit être prévu par l'Entrepreneur et compté dans ses prix unitaires.

Elles sont ancrées dans la berge sur moitié de leur longueur.

Pour les boutures, seront privilégiées les espèces de saules suivantes :

- Salix alba (saule blanc) ;
- Salix purpurea (saule pourpre) ;
- Salix triendra (saule à 3 étamines) ;
- Salix viminalis (saule des vanniers).

3.7.1.3. Plants d'arbres et arbustes (NF V12-051 / NF V12-057)

Les végétaux auront été élevés en pleine terre. Ils ne montreront aucun signe de dessèchement ou de lésion.

Leurs racines doivent former un système suffisamment bien divisé, extrait sans blessures et proportionné à la couronne. Elles devront présenter un chevelu suffisant à la réception des plantes et avant la plantation.

Les tailles de formation en pépinière devront avoir respecté le développement et le port naturel des arbustes. Les végétaux seront tous en racines nues.

Les arbustes (type jeunes plants de catégorie 2) à racines nues feront 80-100 cm de hauteur et devront posséder un système de ramification conforme à l'espèce pour la hauteur en question (6 branches). Ce poste comprend la fourniture et la mise en oeuvre des plants, y compris leur préparation (pralinage des racines, ..) et les équipements adaptés (tuteurs, protection anti-nuisibles).

Les arbres tiges en motte feront 200 cm à 300 cm de hauteur, 6 à 8 cm de diamètre à 1 m de hauteur et devront posséder un système de ramification conforme à l'espèce pour la hauteur en question (tronc formé avec couronne, de 6-8cm de circonférence à 1m de hauteur). Ce poste comprend la fourniture et la mise en oeuvre des plants, y compris leur préparation et les équipements adaptés (tuteurs notamment).

Ces plants d'arbres seront composés, à part égal, de saules arborescents (Saule Blanc) et d'aulnes (*Alnus glutinosa*). Notons également la possibilité de diversifier le peuplement par la plantation d'érables : Erable champêtre (*Acer campestre*), Erable sycomore (*Acer pseudoplatanus*). Par ailleurs les arbustes à mettre en œuvre seront principalement composé d'Aubépine et de Sureau noir, arbustes appréciés par la pie grièche espèce présente sur notre secteur.

3.7.2. Plantations d'arbres, d'arbustes et de boutures

Les travaux de plantations comprendront le déchargement des végétaux fournis, la distribution sur le chantier, toutes suggestions de mise en place, l'ouverture du trou, la préparation du sujet, la plantation, le complément du trou avec de la terre fine, la confection d'une cuvette, le plombage à l'eau et toutes sujétions.

3.7.2.1. Principes généraux

- La pose des végétaux ligneux se fera de façon à ce que jamais le collier ne soit enterré ou ne menace de l'être dans le futur par un effondrement des terres environnantes.
- La taille des racines se fera éventuellement sur les racines sèches ou blessées. Celle de la frondaison ne se fera que si l'entrepreneur juge que le volume des branches n'est pas en proportion du système racinaire et uniquement avec l'accord du Maître d'Œuvre sur la forme à donner.
- Les plantations seront interrompues en période de gel.
- Les plantations se feront en bouquet de manière à produire une berge la plus hétérogène possible après accord du Maître d'Œuvre sur la distribution.
- Les intervalles entre la réception sur chantier et la plantation des arbres et arbustes à racines nues ne devront pas excéder 3 jours.
- En cas de plantation à travers le film protecteur, remise en état de l'endroit découpé dans le géotextile avec agrafes, y compris toutes sujétions conformes aux règles de l'art et à un travail soigné.
- Un arrosage sera fait 10 jours après avec redressement des végétaux si nécessaire.

3.7.2.2. MISE EN OEUVRE DES BOUTURES

La mise en œuvre des boutures se fera avec les étapes suivantes :

- Préparer des trous avec une pointe en métal (barre à mine) d'un diamètre légèrement plus petit que celui des boutures (densité variable) ou à l'aide d'une tarière manuelle.
- Enfoncer les boutures dans les trous en laissant dépasser à l'air libre environ un quart de la longueur, en veillant à les tourner dans le bon sens (bourgeons dirigés vers le haut).
- Les boutures doivent être relativement comprimées dans le trou généralement nécessaire à leur implantation. En d'autres termes, la bouture doit encore offrir une certaine résistance, lorsqu'on l'enfonce dans le trou et ne pas être complètement libre.
- Une fois enfoncée, l'extrémité de la bouture doit être coupée proprement (coupure nette) afin que le développement végétal soit le meilleur possible. En effet, les nouvelles branches de saules ne vont pas repartir dans les endroits où l'écorce a été abîmée ou écrasée lors de l'enfoncement.

3.7.2.3. Arbres et arbustes

Cette formation composée d'espèces pionnières regroupe (entre autres) les essences suivantes : les Saules arborescents, Fuseau, Noisetier, Sureau noir, Tilleuls, Aubépines ...

Elle pourra être implantée sous forme de bosquets plus ou moins espacés ou de manière plus linéaire en fonction de l'emprise disponible. Les saules constitueront une part de cette formation. Cette espèce sera implantée car elle présente une très bonne capacité de reprise.

Les espèces dites fructifères seront également représentées et constitueront un réservoir de nourriture pour la petite faune et l'avifaune.

3.7.3. Exécution des semis - Enherbement

3.7.3.1. Généralités

L'enherbement se pratique presque exclusivement sur des surfaces remaniées et mises à nu par des travaux de terrassement.

Il s'agit d'un enherbement à réaliser sur les berges en priorité, ainsi que sur les banquettes et l'ensemble de la frayère, merlon et remblai périphérique compris.

L'ensemencement interviendra avant et après la pose des géotextiles, de manière à couvrir l'ensemble de la berge.

L'époque favorable au ré-enherbement est de la mi-octobre à la mi-mars.

3.7.3.2. Prescriptions

L'Entrepreneur se doit de justifier la provenance des graines par une copie des factures et du certificat d'origine du Service Officiel de Contrôle et de Certification des Semences et des Plantes (S.O.C.C.).

Les graines proviennent de fournisseurs agréés par le Maître d'Œuvre. Il est utilisé en priorité des espèces à croissance lente et à développement réduit, mais couvrant entièrement le sol.

Avant l'exécution des semis, l'Entrepreneur exécutera un fraissage et un réglage. Les semis seront exécutés sur les surfaces indiquées.

Il appartient à l'Entrepreneur de proposer au Maître d'Œuvre les modifications qui lui paraîtraient souhaitables si les conditions d'emploi se révèlent défavorables.

Les travaux de semis sont réalisés le plus tôt possible après les travaux de mises en œuvre et compactage de la terre végétale pour éviter les ruissellements et érosions de la berge.

Les travaux ne devront en aucun cas causer de dommages aux végétaux ligneux présents sur le site, sous peine de devoir réparer les préjudices.

L'enherbement se fera par projection hydraulique de graines ou manuellement. La dose du mélange de graines à épandre uniformément est de 30 g/m² selon un mélange adapté de 10 à 20 espèces (type mésophiles). Le roulage sera réalisé après épandage des graines.

Les espèces suivantes seront utilisées :

- *Agrostis stolonifera* (Agrostide stolonifère) ;

- *Festuca arundinacea* (Fétuque faux roseau) ;
- *Festuca rubra* (Fétuque rouge) ;
- *Lolium perenne* (Ray-grass anglais) ;
- *Lotus corniculatus* (Lotie corniculé) ;
- *Phalaris arundinacea* (Baldingère) ;
- *Trifolium repens* (Trèfle rampant) ;
- Etc.

Ces espèces constituent un mélange très bien adapté aux pieds de berges humides, supportant l'immersion provisoire.

Il est important de souligner qu'en aucun cas, des espèces envahissantes ne seront plantées, malgré leur valeur ornementale. Ces espèces d'origine exotique, telles que la Balsamine géante (*Impatiens glandulifera*) ou la Renouée du Japon (*Fallopia japonica*), colonisent rapidement le milieu en empêchant le développement d'espèces indigènes. Une attention particulière devra être portée sur ces espèces afin de limiter leur introduction lors des opérations de terrassement et de remblai par des matériaux d'apport.

Dans le cas d'un ensemencement manuel, cette dose pourra être augmentée.

3.7.3.3. TRAVAUX APRES SEMI

L'arrosage est laissé à l'appréciation de l'Entrepreneur, suivant les conditions climatiques, pour assurer une bonne végétation.

3.8. MICROPIEUX

Les dispositions générales de réalisation d'une reprise en sous-œuvre par micropieux devront être appliquées comme suit :

- Les micropieux devront être réalisés par une entreprise spécialisée, conformément aux recommandations de la norme NF EN 14199 ;
- Une vigilance particulière devra être apportée à la réalisation de la liaison entre les micropieux et la longrine de couronnement ;
- Les micropieux seront liaisonnés en tête par une longrine, elle-même liaisonnée au mur repris en sous-œuvre. Une vigilance particulière devra être apportée à la réalisation de ces liaisons. Un dimensionnement structural devra être réalisé dans le but de permettre une parfaite transmission des efforts de l'ouvrage repris vers la tête des micropieux.
- Les micropieux seront injectés et scellés au ciment pur, sous faible pression (IGU), respectant un rapport C/E>2 et un dosage minimal égal à 1200 kg/m³ ;
- La composition des ciments à mettre en œuvre devra tenir compte de l'agressivité éventuelle des eaux ;
- Réalisation d'une fiche de foration par micropieux ;
- Adaptation des longueurs de scellement des micropieux à la géologie réelle ;

- Les outils et méthodes de forage seront adaptés à chaque couche de sol rencontrée et devront permettre de respecter l'ancrage souhaité ;
- L'attention de l'Entrepreneur est attirée sur les risques de pertes d'injections et les difficultés potentielles de réalisation des micropieux dans ce contexte alluvionnaire (blocométrie pouvant être importante).

Un dossier de récolement devra être réalisé comprenant le plan de récolement des micropieux et un cahier intégrant toutes les fiches de forage (identification du micropieu, profondeur, coupe géologique, date d'exécution, volume de béton, anomalies d'exécution, ...).

Un rapport spécifique sur les essais de contrôle devra être fourni dans le dossier de récolement des ouvrages le cas échéant.

4. RECEPTION DES TRAVAUX

4.1. CONSTAT DE FIN DE TRAVAUX DE CONSTRUCTION

Dès la fin des différentes phases de travaux et suite aux vérifications et essais relatifs aux aménagements qui auraient donné satisfaction, l'Entrepreneur demande, par lettre recommandée au Maître d'œuvre, de procéder contradictoirement au constat de fin de travaux. Le Maître d'Ouvrage pouvant y assister.

Il sera procédé, dans un délai de (15) quinze jours, à une visite des aménagements en vue de vérifier leur bonne exécution et leur conformité au projet.

A l'issue de cette visite, le Maître d'Œuvre proposera au Maître d'Ouvrage de prononcer avec ou sans réserves la fin des travaux de construction. Le cas échéant, le constat de fin des travaux de construction mentionnera les omissions, imperfections ou malfaçons constatées.

L'ordre de service notifiant le constat prescrira alors le délai dans lequel l'Entrepreneur sera tenu d'exécuter ou de terminer les travaux incomplets ou de remédier aux imperfections et malfaçons. Dans ce dernier cas, un nouvel ordre de service devra constater la fin de ces imperfections et malfaçons.

4.2. DOCUMENTS A REMETTRE AU MAITRE D'OEUVRE

Après notification du constat de fin de travaux de construction, l'Entrepreneur remet au Maître d'Œuvre :

- Trois exemplaires, dont un reproductible, des plans de récolement ainsi que tous les documents d'études des ouvrages définitifs conformes à l'exécution ;

Les plans de récolement devront être exhaustifs et faire figurer l'ensemble des aménagements réalisés : emprise du nouveau lit mineur, zones de plantation, aménagements connexes, ...

Les plans et documents graphiques sont exécutés par un géomètre / topographe agréé par le Maître d'Œuvre, et remis dans un format compatible avec le logiciel AUTOCAD 2004 ou 2007, dans un système géoréférencé (référence altimétrique IGN 69) ;

- Les documents du D.C.E. (plans) corrigés en fonction des travaux réellement exécutés. La remise des plans des ouvrages réellement exécutés est à la charge des entreprises. Si la remise du DOE n'est pas faite au plus tard le jour des OPR, la réception ne peut être prononcée.

Tous les documents doivent être complets et indélébiles, établis d'une façon parfaitement lisible. Les plans et dessins doivent être entièrement cotés et dressés à une échelle suffisante pour une parfaite compréhension ; ils doivent porter toutes les indications permettant une identification rapide et sûre de leur objet et doivent présenter un cartouche avec titre du plan en référence au contenu avec N° et indice.

Les relevés pour récolement seront obligatoirement réalisés par un cabinet de géomètre, à la charge de l'Entrepreneur.

4.3. OPERATIONS PREALABLES A LA RECEPTION

Dès la fin des travaux des aménagements, l'Entrepreneur avise le Maître d'Ouvrage, par écrit, de la date à laquelle il estime que les travaux seront achevés.

Dans un délai de (20) vingt jours à compter de cette date, le Maître d'Œuvre procède après convocation de l'Entrepreneur aux opérations préalables à la réception.

Le Maître de l'Ouvrage, avisé par le Maître d'Œuvre, peut y assister ou s'y faire représenter.

Les opérations préalables à la réception comportent :

- La reconnaissance des ouvrages exécutés ;
- La constatation des résultats des épreuves, contrôles et essais effectués et récapitulés dans un état global, fournis par l'Entrepreneur ;
- La constatation éventuelle de l'inexécution des prestations de détails prévues au marché ;
- La constatation éventuelle d'imperfections ou malfaçons ;
- La constatation du repliement des installations de chantier et la remise en état des lieux ;
- La constatation de la remise effective des documents d'entretien des berges et des plans d'ouvrages exécutés.

Ces opérations font l'objet d'un procès-verbal dressé sur le champ par le Maître d'Œuvre et signé par lui et par l'Entrepreneur.

Dans un délai de (5) cinq jours ouvrables suivant la date du procès-verbal, le Maître d'Œuvre fait connaître à l'entrepreneur s'il a ou non proposé au Maître d'Ouvrage de prononcer la réception des ouvrages et, dans l'affirmative, la date d'achèvement des travaux qu'il a proposée de retenir ainsi que les réserves dont il a éventuellement proposé d'assortir la réception.

Si le Maître d'Ouvrage prononce la réception, il fixe la date retenue pour l'achèvement des travaux. La réception prend effet à la date fixée pour l'achèvement des travaux. La réception des ouvrages ne peut être prononcée que si les dossiers des ouvrages exécutés sont remis en totalité au Maître d'Ouvrage.

4.4. RECEPTION

A la fin de l'ensemble des travaux de chantier, il sera procédé au constat de parfait achèvement des travaux. Il ne sera effectué que lors de la parfaite exécution de l'ensemble des prestations et qu'après la réalisation des demandes éventuelles de mise en conformité formulées par le Maître d'Œuvre.

Jusqu'à cette date, sauf décision du Maître d'Ouvrage ou du Maître d'Œuvre, l'Entrepreneur sera entièrement responsable de la conservation de ses ouvrages et devra prendre toutes précautions pour en assurer le maintien (protection des végétaux notamment).

Seul le Maître d'Ouvrage pourra éventuellement autoriser, compte tenu de la complète finition de certaines zones du chantier, à faire procéder à des réceptions partielles.

La date de constat de parfait achèvement des travaux fixe le départ :

- De la remise de tous les ouvrages ;
- De la garantie de reprise des végétaux.

Le constat sera annoncé après vérification du parfait état des surfaces, des équipements et des plantations.

La garantie portant sur les deux cycles végétatifs suivant la réception, un **constat de reprise** des végétaux sera établi chaque mois de septembre anniversaire.

ANNEXES



- 1- PLANS DES AMENAGEMENTS PROJETES
- 2- RAPPORT GEOTECHNIQUE G2-PRO



ANNEXE 1

PLANS DES AMENAGEMENTS PROJETES

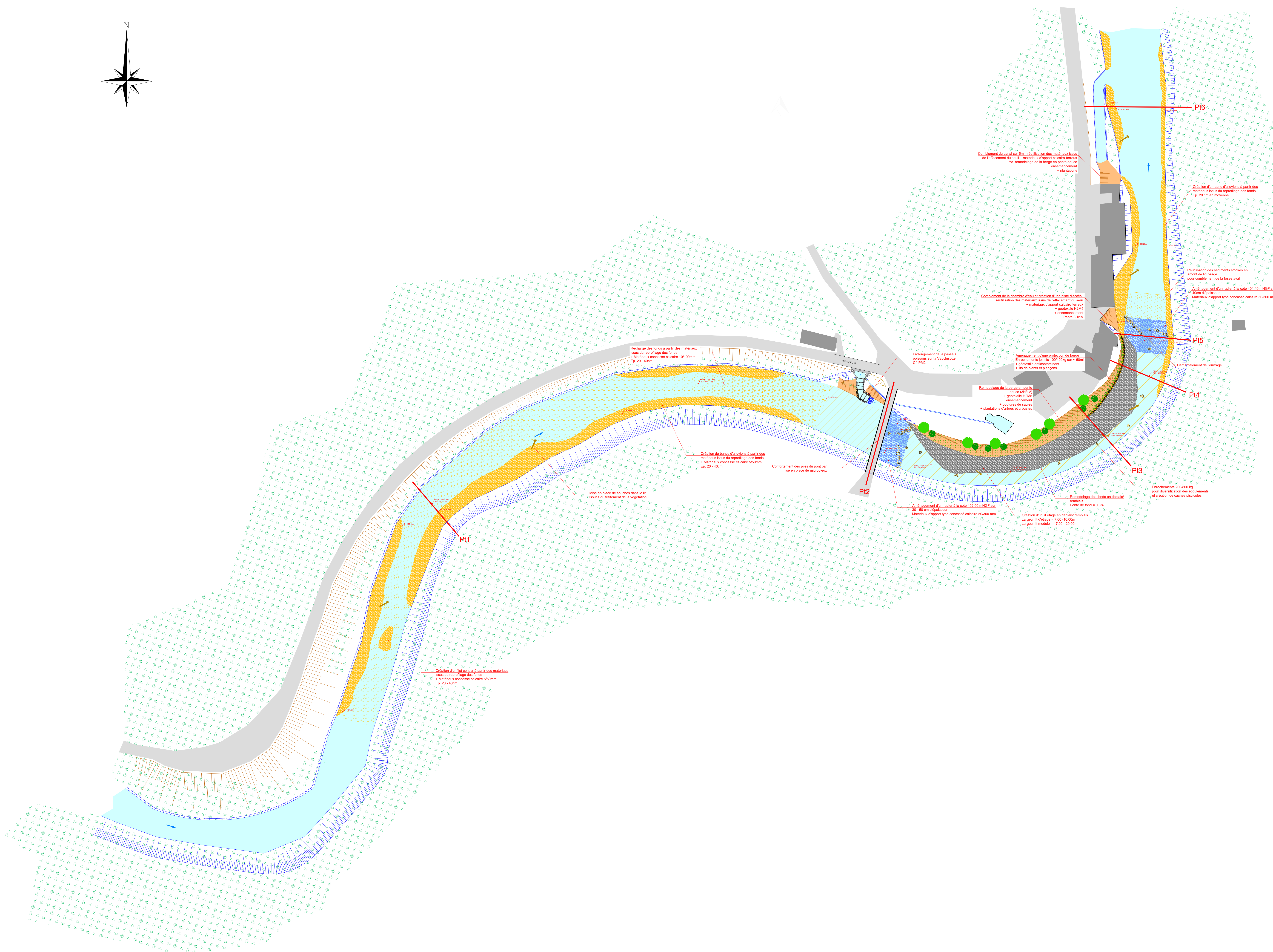
Restauration de la continuité écologique sur le secteur aval du Dessoubre Site de la Voyèze

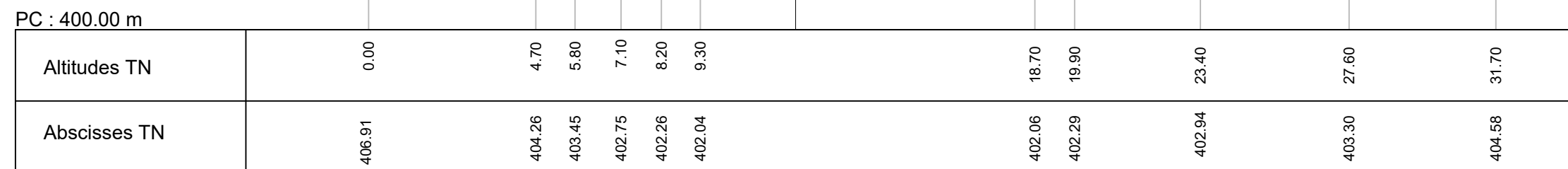
Projet

Plan n°1

Plan de masse des aménagements

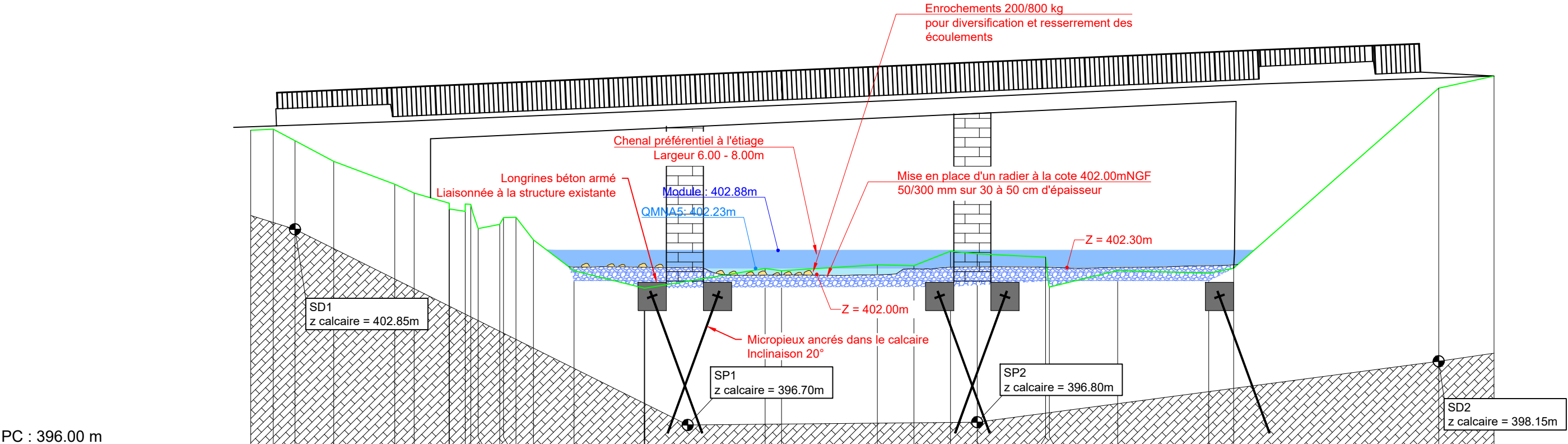
Indice	MODIFICATION(S)	Etabli par	Date	Verifié par	Date
A	Document original	QRR	24/02/2022	MMML	24/02/2022
B	Modifications diverses	QRR	04/03/2022	MMML	04/03/2022
C	Modifications diverses	QRR	10/03/2022	MMML	10/03/2022
D	Conservation partielle du canal	QRR	24/03/2022	MMML	24/03/2022
E	Diminution de la largeur du lit fissage	QRR	31/03/2022	MMML	31/03/2022
EMISSION ORIGINALE					
N° d'affaire		4161946	Etabli par	QRR	
N° du plan		PM1	Date	24/02/2022	
Echelle(s)		1/800	Verifié par	MMML	
			Date du contrôle	28/02/2022	





Altitudes exprimées en mNGF/ IGN69

Profil en travers n°1



PC : 396.00 m

Altitudes TN	0.00	0.80	1.57	2.94	5.10	5.79	7.03	7.60	7.79	8.05	8.82	8.88	10.01	11.45	13.95	18.22	18.80	22.19	23.49	24.79	25.73	28.16	28.29	30.71	33.93	34.82	42.08	44.04
Abscisses TN	407.13	407.17	406.76	406.03	405.22	404.91	404.35	404.52	404.51	403.65	403.80	404.05	403.25	402.16	401.54	402.24	402.16	402.37	402.34	402.85	402.76	402.64	401.58	402.17	402.07	402.25	408.62	409.05

Altitudes exprimées en mNGF/ IGN69

404.26
Bas mur



EPAGE Doubs-Dessoubre



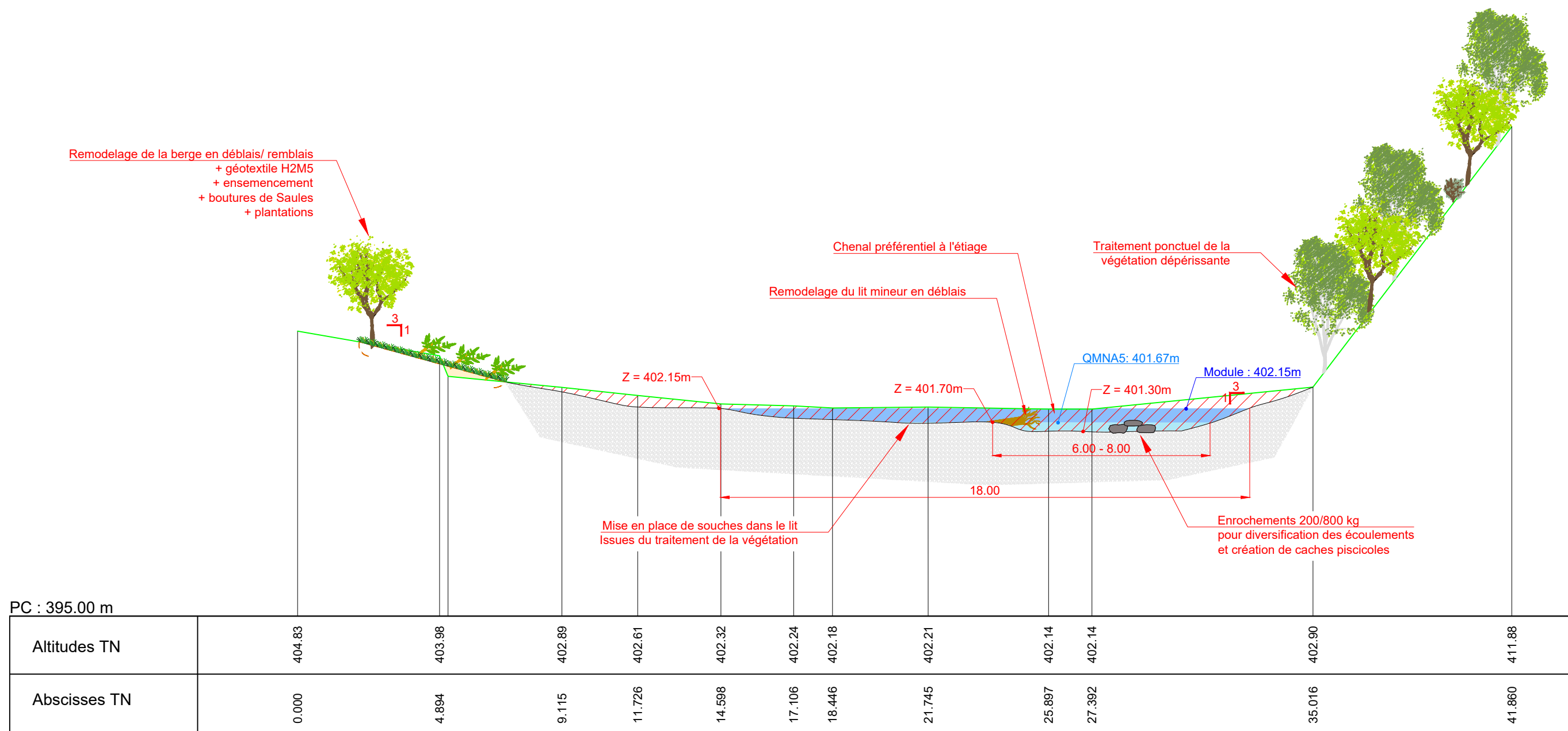
21, Avenue Albert Camus
21 000 DIJON
Tel. : 33 (0)3 80 78 95 50

Effacement du seuil de la Voyèze

PRO

N° d'affaire	4161946	Etabli par : QRR	Vérifié par : MML	N° de Plan	Indice	Format
Echelle(s)	1/150	Date : 31/03/2022	Date : 31/03/2022	Pt2	E	A3

Profil en travers n°2



PC : 395.00 m

Altitudes exprimées en mNGF/ IGN69



EPAGE Doubs-Dessoubre



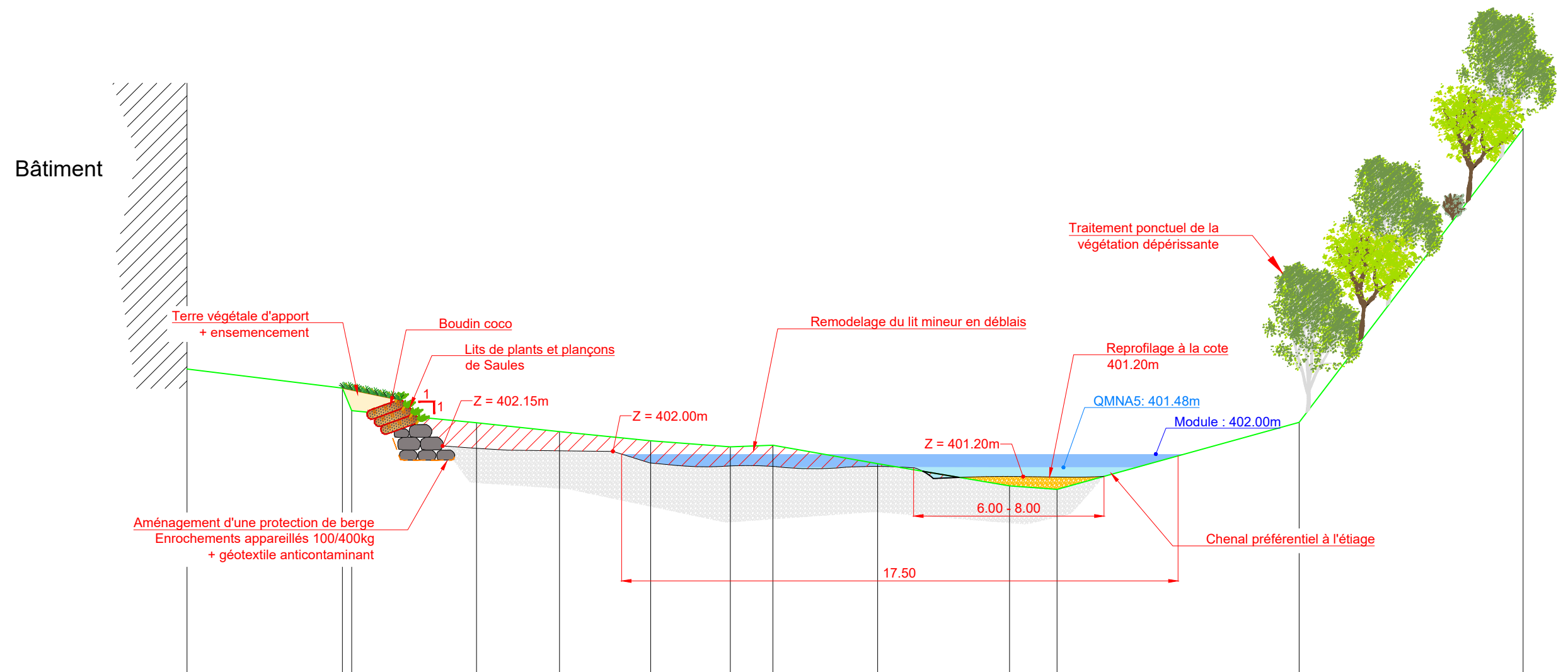
21, Avenue Albert Camus
21 000 DIJON
Tel. : 33 (0)3 80 78 95 50

Effacement du seuil de la Voyèze

PRO

N° d'affaire	4161946	Etabli par : QRR	Vérifié par : MML	N° de Plan	Indice	Format
Echelle(s)	1/150	Date : 31/03/2022	Date : 31/03/2022	Pt3	E	A3

Profil en travers n°3



PC : 395.00 m

Altitudes TN	404.58	403.98	402.89	402.61	402.32	402.13	402.18	401.60	400.90	400.79	402.90	412.15
Abscisses TN	0.000	4.894	9.115	11.726	14.598	17.106	18.446	21.745	25.897	27.392	35.016	42.06

Altitudes exprimées en mNGF/ IGN69



EPAGE Doubs-Dessoubre



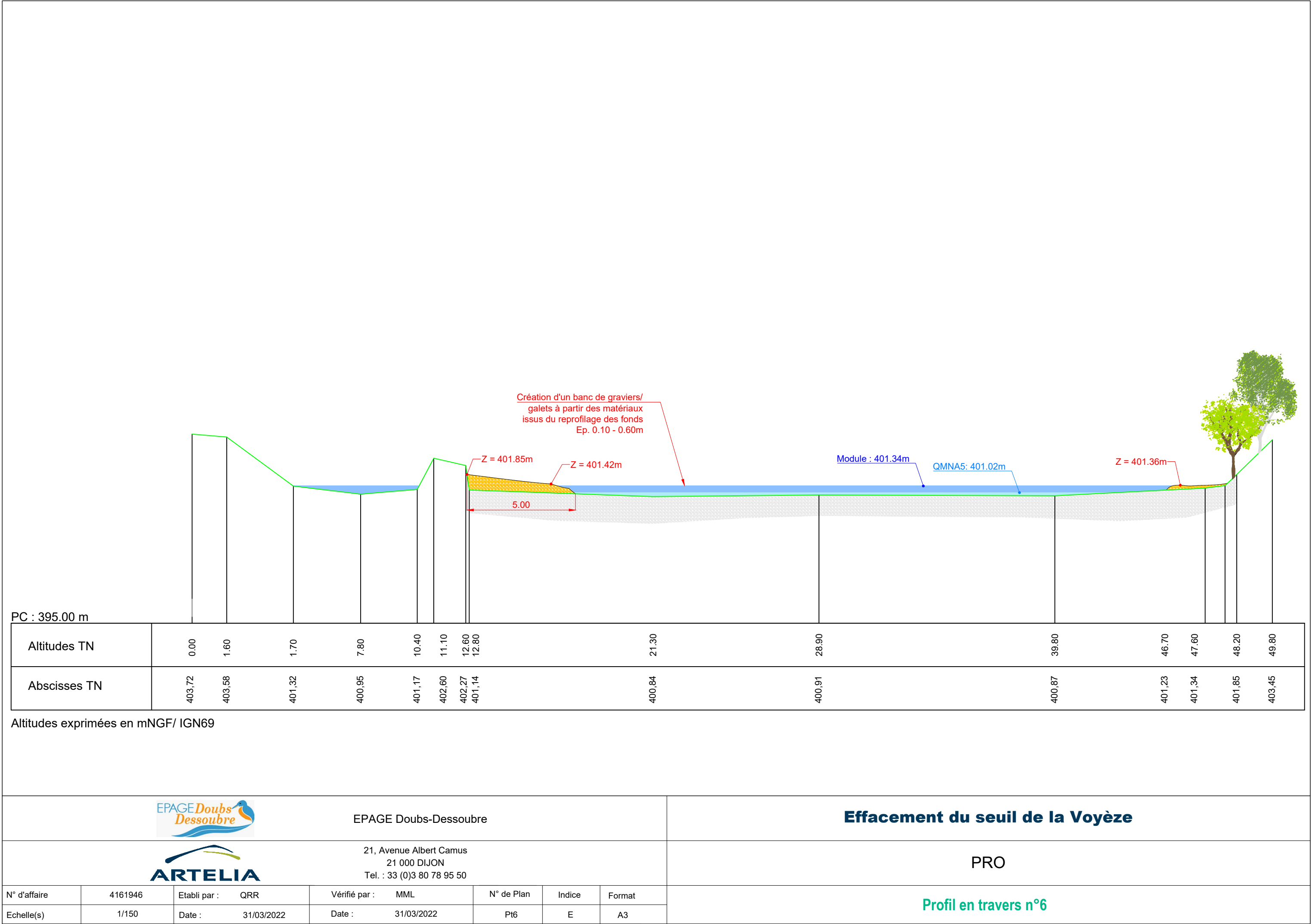
21, Avenue Albert Camus
21 000 DIJON
Tel. : 33 (0)3 80 78 95 50

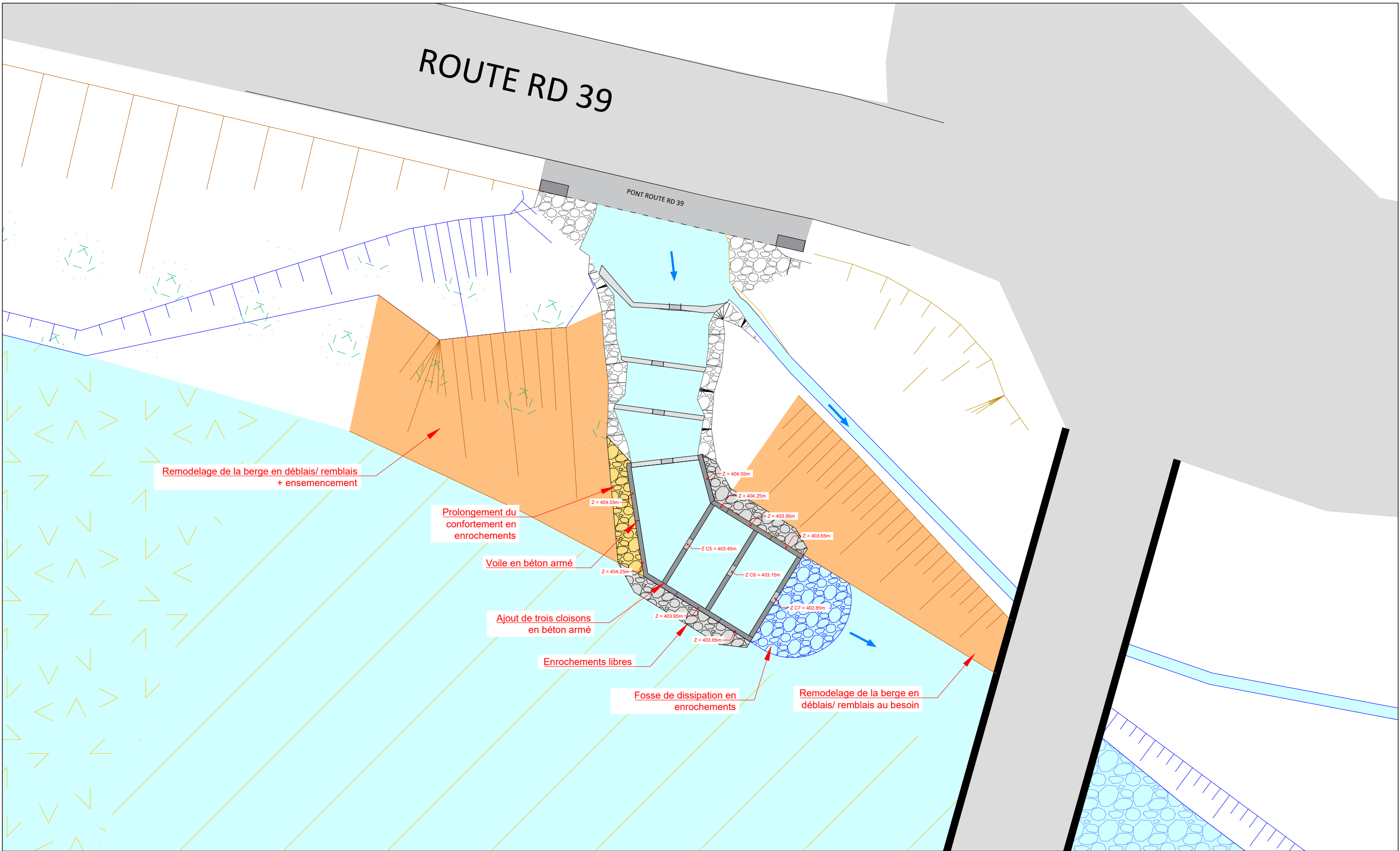
Effacement du seuil de la Voyèze

PRO

N° d'affaire	4161946	Etabli par : QRR	Vérifié par : MML	N° de Plan	Indice	Format
Echelle(s)	1/150	Date : 31/03/2022	Date : 31/03/2022	Pt4	E	A3

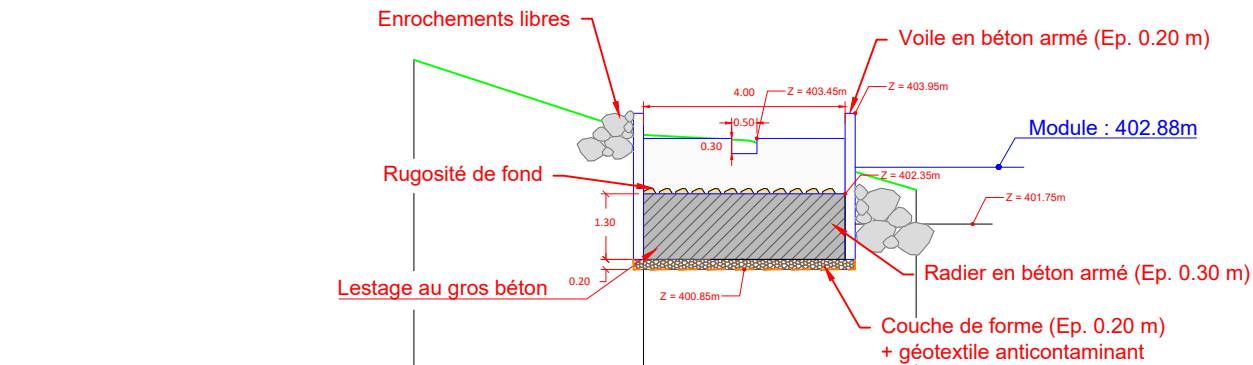
Profil en travers n°4





 EPAGE Doubs-Dessoubre							Effacement du seuil de la Voyèze	
 21, Avenue Albert Camus 21 000 DIJON Tel. : 33 (0)3 80 78 95 50							PRO	
N° d'affaire	4161946	Etabli par : QRR	Vérifié par : MML	N° de Plan	Indice	Format	Plan de masse du prolongement de la passe à poissons sur la Vauclusotte	
Echelle(s)	1/150	Date : 31/03/2022	Date : 31/03/2022	PM2	E	A3		

Profil en travers au droit de la cloison C6 :

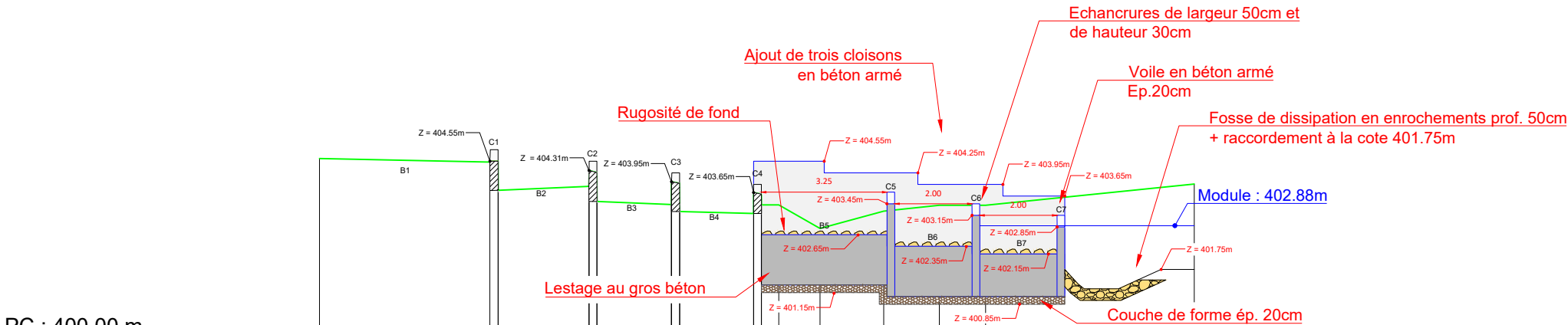


PC : 398.00 m

Altitudes TN	405.01	403.52	403.41	402.43
Abscisses TN	0.000	4.557	6.652	9.967

Altitudes exprimées en mNGF/ IGN69

Profil en long de la passe à poissons :



PC : 400.00 m

Altitudes TN	404.62	404.53 404.55	403.90 404.26	403.43 403.98	403.20 403.70 403.42	402.81	403.26	403.41	403.41	403.96
Abscisses TN	0.000	4.408 4.621	6.970 7.174	9.102 9.314	11.229 11.430 11.881	12.947	14.596	16.035	17.230	22.628

Altitudes exprimées en mNGF/ IGN69



EPAGE Doubs-Dessoubre



21, Avenue Albert Camus
21 000 DIJON
Tel. : 33 (0)3 80 78 95 50

Effacement du seuil de la Voyèze

PRO

N° d'affaire	4161946	Etabli par : QRR	Vérifié par : MML	N° de Plan	Indice	Format
Echelle(s)	1/150	Date : 31/03/2022	Date : 31/03/2022	Pt-Pàp	E	A3

Profil en longitudinal et en travers du prolongement de la passe à poissons sur la Vauclusotte



ANNEXE 2

RAPPORT GEOTECHNIQUE G2-PRO

**PONT DE LA VOYEZE
COMMUNE DE VAUCLUSOTTE (25)**

**AMENAGEMENT DES PILES DU PONT DANS LE
CADRE DU PROJET D'EFFACEMENT DU SEUIL**

ETUDE DE PROJET

A LA DEMANDE ET POUR LE COMPTE DU SYNDICAT MIXTE DOUBS DESSOUBRE



Document	21-404_I_1_0_PRO	
Indice	Modifications	Date
0	Version initiale	03/08/2021
A	Modification suite à la réunion du 19/08/2021	20/09/2021
B	Mise à jour suites aux reconnaissances complémentaires	29/11/2021

Nombre de pages : 41 + 8 annexe(s)



LIEU :	Pont de la Voyèze
COMMUNE :	Vauclusotte (25)
OBJET :	Aménagement des piles du pont dans le cadre du projet d'effacement du seuil
TYPE DE MISSION :	Mission G2 – Phase PRO
CLIENT :	Syndicat mixte Doubs Dessoubre
DOSSIER SUIVI PAR :	J. POURREAU

CHARGE D'AFFAIRE :	D. CASTELLANET
CHEF DE PROJET :	A. FAURE / E.REY
INTERVENANTS :	E. MAGAT, B. BOUNIOL, C. BETTEGA
NOMBRE DE PAGES :	41 + Annexes

Référence document :	21-404_I_1_B_PRO
----------------------	------------------

Rédacteur : E. MAGAT

Contrôle : A. FAURE
/ A. SQUILLACI

Visa :

Visa :

SOMMAIRE

1 - PRESENTATION	6
1.1 - Introduction.....	6
1.2 - Contexte de l'étude	6
1.3 - Objectifs de l'étude	7
1.4 - Limites de l'étude	7
1.5 - Documents de référence	7
2 - CONTEXTE DE SITE.....	8
2.1 - Contexte géomorphologique	8
2.2 - Caractéristiques de l'ouvrage.....	9
2.1 - Contexte géologique	11
2.2 - Contexte hydrogéologique	12
2.2.1 - Ouvrages hydrauliques	12
2.3 - Contexte vis-à-vis des risques naturels	13
2.3.1 - Contexte vis-à-vis du risque sismique	13
2.3.2 - Mouvement de terrain.....	13
2.3.3 - Inondations	13
2.3.4 - Retrait gonflement des argiles	13
2.4 - Contexte environnemental	14
3 - SYNTHESE ET ANALYSE DES DONNEES DISPONIBLES	15
3.1 - Désordres observés sur l'ouvrage	15
3.1 - Effet de l'arasement du seuil.....	15
3.2 - Descentes de charge	16
4 - RECONNAISSANCES ET DIAGNOSTIC	17
4.1 - Reconnaissances géotechniques	18
4.2 - Reconnaissances géophysiques	20
4.2.1 - Mode opératoire	20
4.2.2 - Résultats.....	21
4.3 - Relevé topographique	22
4.4 - Inspection de l'ouvrage	23
4.5 - Vérification de la capacité portante	23
4.5.1 - Calcul de la contrainte admissible.....	23
4.5.2 - Vérification de la portance	24
4.6 - Synthèse des reconnaissances.....	25
4.7 - Diagnostic.....	27
4.8 - Solutions de protection du pont de la Voyèze	27
5 - DIMENSIONNEMENT DES SOLUTIONS DE CONFORTEMENT	28
5.1 - Hypothèses de calcul	28
5.1.1 - Catégorie et type d'ouvrage.....	28
5.1.2 - Conditions sismiques	28
5.1.3 - Conditions hydrauliques	28
5.1.4 - Prise en compte de la corrosion.....	28

5.1.5 - Hypothèse de matériaux	29
5.1.6 - Descente de charge	29
5.2 - Méthode de calcul	29
5.2.1 - Vérification de la capacité portante des micropieux	29
5.2.2 - Valeur caractéristique de frottement axial unitaire limite	31
5.2.3 - Résistance structurale des micropieux.....	32
5.2.4 - Vérification des micropieux au flambement.....	32
5.2.5 - Classe des micropieux.....	33
5.2.6 - Coefficients partiels sur les résistances	33
5.3 - Résultat des calculs	34
5.3.1 - Descentes de charge.....	34
5.3.2 - Vérification de la capacité portante des micropieux	35
5.3.3 - Vérification de la résistance structurale des micropieux	36
5.3.4 - Vérification au flambement	36
5.3.5 - Tassement	37
5.3.6 - Récapitulatif	37
5.3.7 - Liaison en tête	37
5.4 - Coût et durée des solutions.....	38
5.5 - Recommandations générales	38
5.5.1 - Contrainte environnementale	38
5.5.2 - Contrainte géométrique	38
5.5.3 - Contrainte d'accès	39
5.5.4 - Sensibilité de l'ouvrage	39
5.5.5 - Réalisation des pistes d'accès	39
5.5.6 - Réalisation des micropieux	39
5.6 - Incertitudes et aléas	40
5.6.1 - Caractéristiques mécaniques.....	40
5.6.2 - Descentes de charge.....	40
5.6.3 - Longrine de fixation	40
5.6.4 - Modèle géologique et suivi.....	40
5.6.5 - Enchaînement des missions géotechniques	41

ANNEXES

Annexe n°1 : Restauration de la continuité écologique sur le secteur aval du Dessoubre au droit des seuils de « Fleurey », « Neuf Gouffre » et la « Voyèze », Diagnostic – Avant-projet et propositions, ref. 4 16 1946, 13/09/2019, Artelia

Annexe n°2 : Diagnostic pont et seuil de la Voyèze, Rapport d'étude géotechnique G5, 10/09/2020, Hydrogéotechnique

Annexe n°3 : Etude géotechnique – Pont de la Vaclusotte, 24/06/2019, Icseo

Annexe n°4 : Analyse de l'ouvrage et de ses fondations – Proposition de solutions techniques, 07/07/2021, SRiGC

Annexe n°5 : Résultat des reconnaissances géophysique

Annexe n°6 : Résultat des calculs de dimensionnement des micropieux – Pile P1 et P2

6.0. Modélisation Foxta pour les descentes de charge

6.2. Vérification de la capacité portante

Annexe n°7 : Résultat des calculs de dimensionnement des micropieux – Culée C3

6.0. Modélisation Foxta pour les descentes de charge

6.1. Vérification de la capacité portante

Annexe 8 : Calcul de la charge critique de flambement Foxta – Vérification du flambement

Annexe 9 : Compte-rendu des reconnaissances complémentaires, 21-404_II_1_A, 23/11/2021, Géolithe

Annexe 10 : Extrait de la norme N FP 94-500 – Mission d'ingénierie géotechnique, de novembre 2013

1 - PRESENTATION

1.1 - INTRODUCTION

Le présent rapport d'étude a été réalisé par le Bureau d'Ingénierie - Conseils GEOLITHE à la demande et pour le compte du Syndicat mixte Doubs Dessoubre.

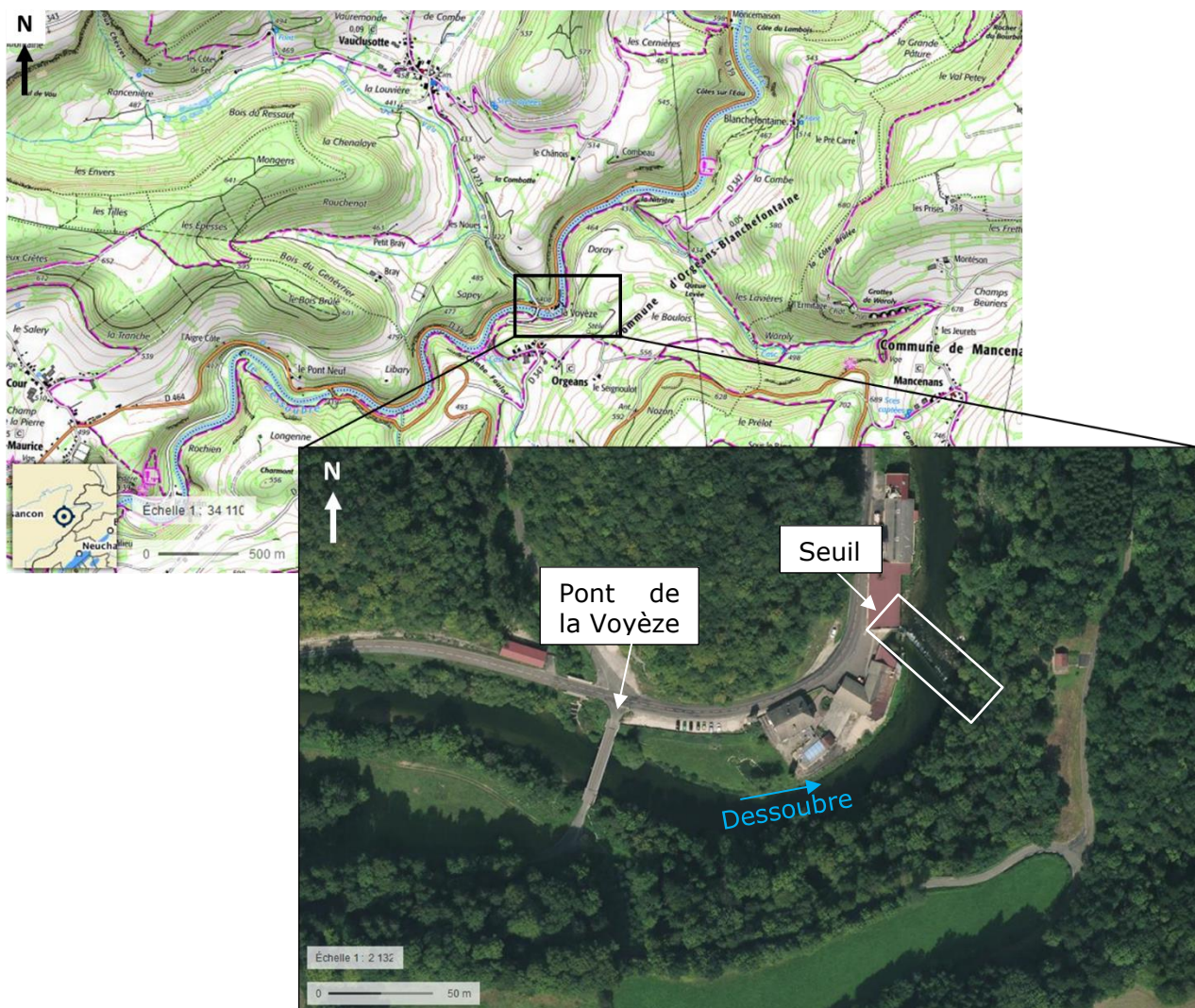
Dans le cadre des travaux de restauration de la continuité écologique sur le secteur aval du Dessoubre, il est envisagé d'abaisser le seuil situé à l'aval du pont de la Voyèze, sur les communes de Vaclusotte et d'Orgeans-Blanchefontaine. Les études d'avant-projet ont mis en évidence un risque d'impact de l'effacement du seuil sur les fondations du pont.

L'objet de ce rapport est l'étude des aménagements envisageables éventuels à mettre en œuvre sur les piles et les culées du pont pour prendre en compte le nouveau contexte hydraulique.

Il s'agit d'une mission géotechnique de projet G2-PRO conformément à la classification des missions d'ingénierie géotechnique (NF P 94-500, novembre 2013).

1.2 - CONTEXTE DE L'ETUDE

Le pont de la Voyèze est situé dans le cours du Dessoubre sur les communes de Vaclusotte et d'Orgeans-Blanchefontaine au lieu-dit La Voyèze. L'ouvrage est situé en amont du seuil de la Voyèze. La localisation de ces éléments est détaillée ci-dessous :



Localisation du site d'étude (source : geoportail.gouv.fr)

Le Syndicat mixte Doubs Dessoubre prévoit l'effacement du seuil de la Voyèze.

L'effacement du seuil conduira à une modification des conditions hydrauliques au droit des piles du pont (abaissement de la ligne d'eau, augmentation des vitesses d'écoulements, apparition des phénomènes d'érosion...). Ces modifications auront un impact sur la stabilité des piles du pont.

L'objet de cette étude est de déterminer les aménagements et/ou confortements envisageables pour assurer la stabilité des piles du pont suite à l'effacement du seuil, en lien avec la détermination de l'emplacement du substratum.

1.3 - OBJECTIFS DE L'ETUDE

Les objectifs de l'étude sont les suivants :

- Analyse du contexte géologique et général du site
- Présentation et analyses des reconnaissances géotechnique, naturaliste et géophysique
- Etablir un modèle géotechnique
- Analyse et évaluation des solutions techniques de renforcement du bâti à mettre en œuvre
- Dimensionnement des solutions géotechniques de renforcement provisoire ou durable des terrains des appuis
- Définition des risques, du phasage des travaux, du coût des solutions techniques

1.4 - LIMITES DE L'ETUDE

Cette étude ne comprend pas une étude hydraulique du site.

Elle se limite à l'analyse de la stabilité du pont suite à l'abaissement du seuil de la Voyèze et l'étude d'aménagements envisageables pour conforter les piles et les culées.

La stabilité du canal d'aménagé dont un tronçon est situé sous la pile nord du pont n'est pas comprise dans l'étude.

1.5 - DOCUMENTS DE REFERENCE

Les documents suivants nous ont été transmis pour cette étude :

- Restauration de la continuité écologique sur le secteur aval du Dessoubre au droit des seuils de « Fleurey », « Neuf Gouffre » et la « Voyèze », Diagnostic – Avant-projet et propositions, 13/09/2019, Artelia. Ref : 4 16 1946
- Diagnostic pont et seuil de la Voyèze, Rapport d'étude géotechnique G5, 10/09/2020, Hydrogéotechnique
- Etude géotechnique – Pont de la Vaclusotte, 24/06/2019, Icseo

Les documents de référence utilisés dans le cadre de cette étude sont les suivants :

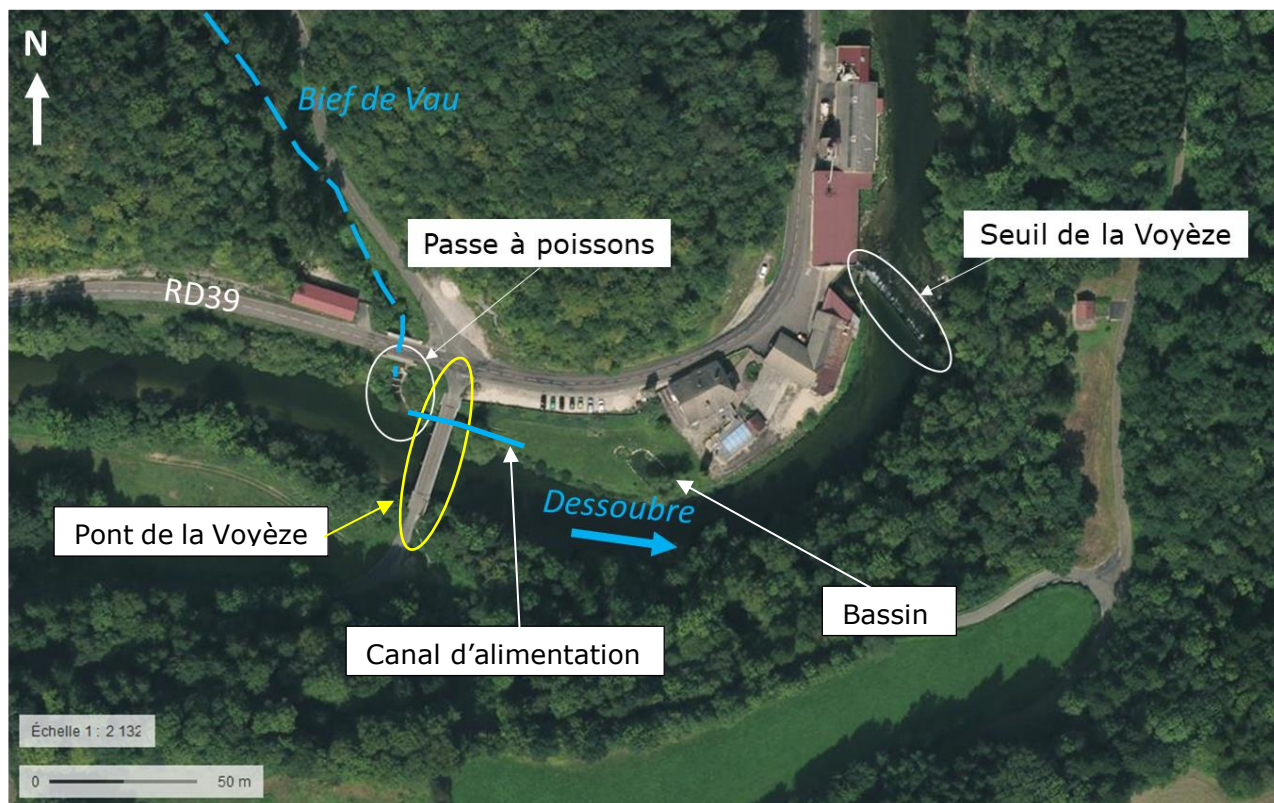
- Norme NF P 94 500 – Mission d'ingénierie géotechnique
- Eurocode 7 – Partie 1 : Règles générales du calcul géotechnique
- Zonage sismique de la France, 1^{er} mai 2011 (article D. 563-8-1 du code l'environnement)
- Carte géologique de Maiche au 1/50 000^{ème}, feuille n°504, édition BRGM
- Banque de données des crues – Station de Rosureux, Hydrofrance

2 - CONTEXTE DE SITE

2.1 - CONTEXTE GEOMORPHOLOGIQUE

Le pont de la Voyèze est situé au fond de la vallée du *Dessoubre*, large de 50 m et profonde de 45 m environ au droit du pont. Il est relié à la RD39 circulant en rive droite du Dessoubre.

Le pont est entouré au nord-ouest par une passe à poisson qui fait le lien entre le *Bief de Vau* et le *Dessoubre* et à l'est par le seuil de la Voyèze. Sous la pile nord, un canal permet l'alimentation du bassin du riverain.



Éléments morphologiques (source image aérienne : geoportail.gouv.fr)



(à gauche) Passe à poissons (à droite) Canal d'alimentation (source : syndicat mixte Doubs Dessoubre)

2.2 - CARACTERISTIQUES DE L'OUVRAGE

Le pont de la Voyèze est constitué initialement de pierres maçonnées. Il a été en partie rénové en 2009 avec du béton projeté mis en œuvre pour conforter les piles.

La date de construction du pont n'est pas connue avec précision ; il est néanmoins visible sur les cartes d'Etat-major (année 1820 – 1866).

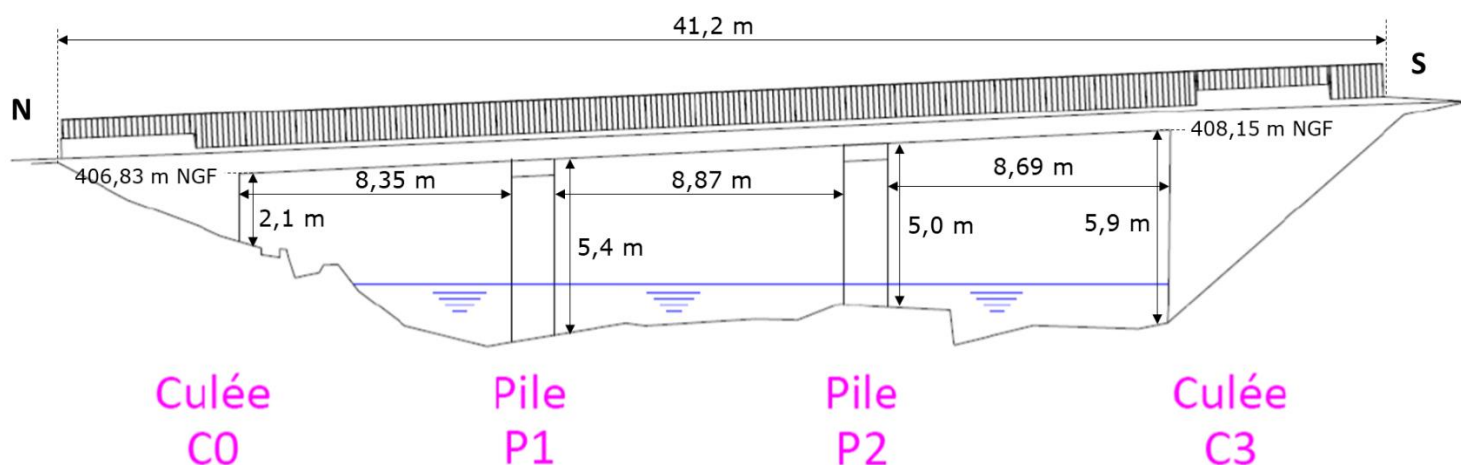
Le pont est constitué d'un tablier type PRAD de 3 travées de 8,65 m de portée moyenne appuyé sur 2 culées en béton armé et deux piles mixte BA/maçonnerie.

L'ouvrage présente les caractéristiques géométriques suivantes :

- Longueur totale de l'ouvrage : 41,2 m
- Longueur du tablier entre joint de dilatation : 31,05 m
- Largeur totale du tablier : 5,4 m
- Largeur circulée en bordure : 4,2 m
- 2 trottoirs de : 0,6 m
- Tablier intérieur allant de 406,83 m NGF à 408,15 m NGF

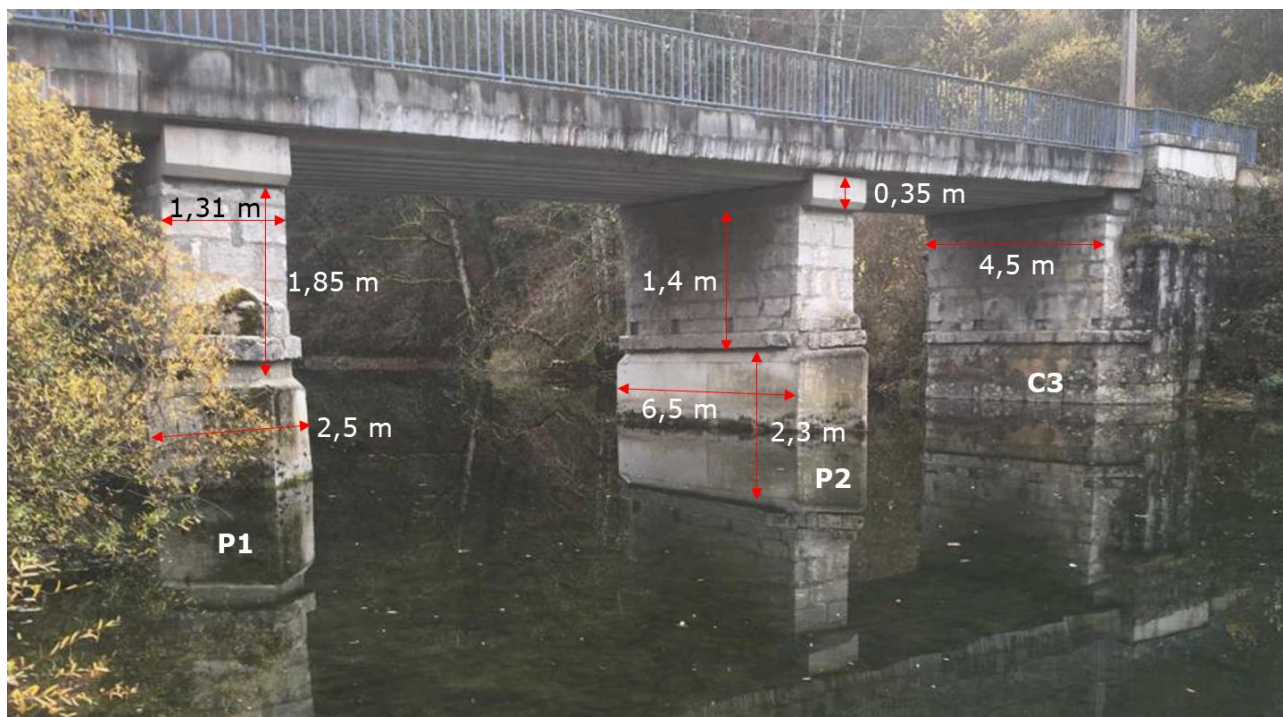
Les caractéristiques géométriques des piles sont les suivantes :

- Chevêtre de 4,87 m de longueur * 1,31 m de largeur * ~0,35 m de hauteur
- Partie supérieure de la pile constituée de maçonnerie de section 4,5 m de longueur * 1,31 m de largeur * ~1,4 m de hauteur pour P1 et ~1,85 m pour P2
- Partie inférieure de la pile constituée de maçonnerie et béton armé de section 5,5 m de longueur * 1,6 m de largeur * ~2,3 m de hauteur
- Fondation non visible et non accessible, repérée dans les sondages d'HydroGéotechnique (cf §4). On retient une hypothèse conservatrice d'un débord de 0,5 m. Les semelles de fondations sont estimés de 6,5 m de longueur * 2,5 m de largeur



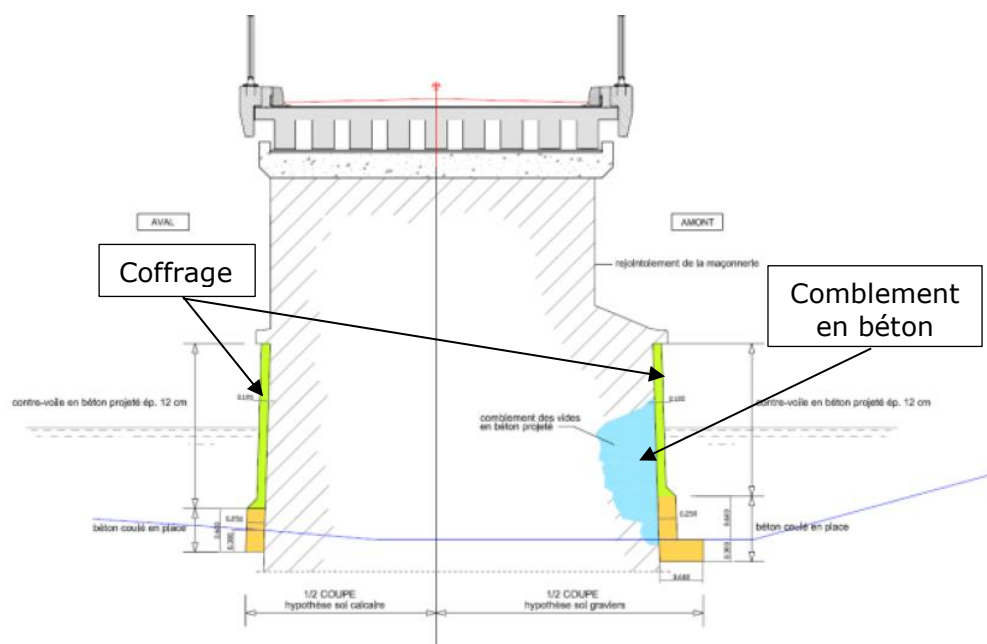
Eléments géométriques du pont de la Voyèze vu depuis l'amont

La numérotation des culées et des piles est reprise dans la suite du rapport.



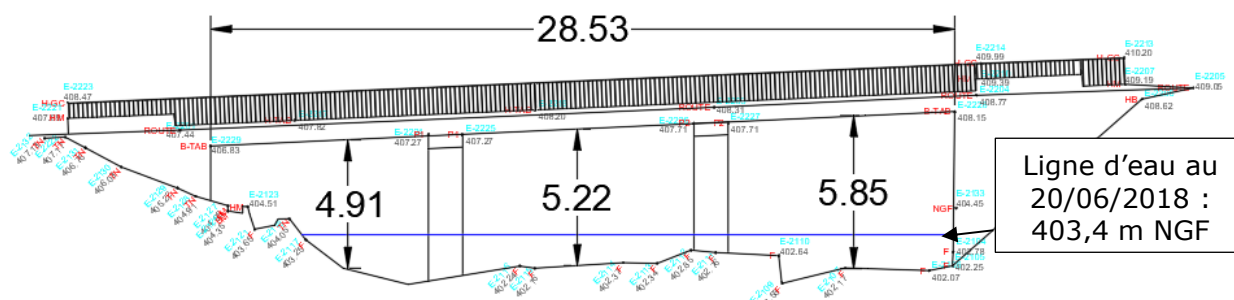
Éléments géométriques des piles du pont

Aucun plan détaillant l'ouvrage et ses fondations n'est disponible. Le mode de fondation n'est pas connu. En 2009, les piles ont été renforcées par comblement des vides par du béton par l'entreprise de travaux Clivo.



Extrait de la coupe transversale de principe de coffrage pour renforcement (source : extrait du rapport Artelia, plan Arteis)

Un relevé topographique effectué en 2018 par Veodis 3D donne les informations suivantes :

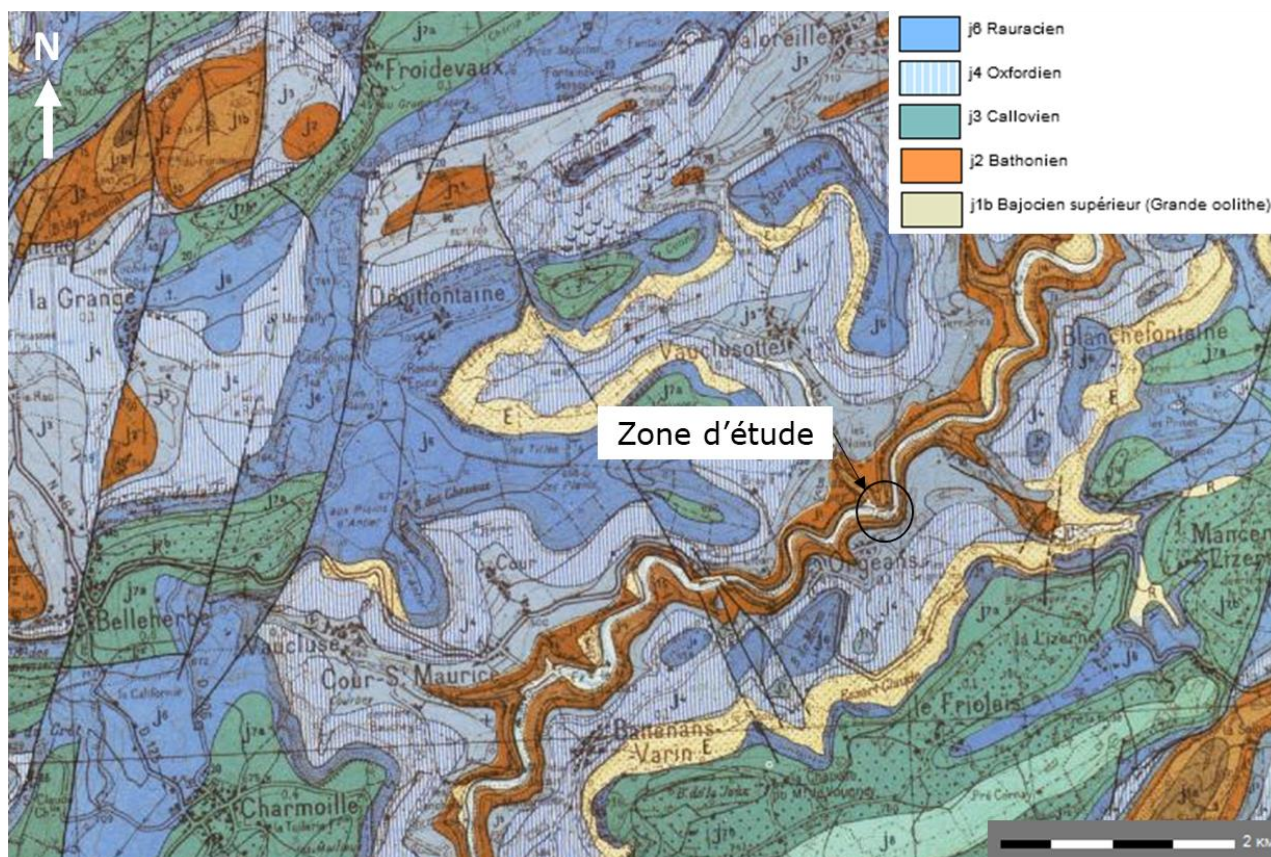


Elévation du pont de la Voyèze (source : Veodis 3D)

2.1 - CONTEXTE GEOLOGIQUE

D'après la carte géologique au 1/50 000^{ème} (feuille de Maise), le site d'étude se situe en fond de la vallée du Dessoubre. Le cours d'eau a mis à l'affleurement les formations du Bathonien (j2) et du Bajocien supérieur (j1b). Il s'agit de calcaires compacts en bancs massifs, souvent profondément lapiazés en surface. La formation du Bajocien inférieur est caractérisé par du calcaire oolithique, massif dans l'ensemble mais présentant souvent des stratifications obliques qui entraînent un délitage en plaquettes irrégulières.

Le fond de la vallée est rempli par des alluvions récentes.



Extrait de la carte géologique de la France, feuille de Maise (source : BRGM)

Au nord du site d'étude, des affleurements de calcaires massifs sont visibles.



Affleurement rocheux visible côté Nord de la route à proximité du pont

Aucun sondage de BSS n'est disponible à proximité du site d'étude.

2.2 - CONTEXTE HYDROGÉOLOGIQUE

Le Dessoubre draine un important bassin versant hydrogéologique (615 km²) de nature karstique. Il est alimenté au droit du pont de la Voyèze par le Bief de Vau.

La station hydrométrique de Saint-Hyppolyte est située à 5 km en aval du secteur d'étude. Les débits caractéristiques du Dessoubre au droit de la station hydrométrique sont synthétisés dans le tableau suivant (source : rapport 4 16 1946, Artelia) :

Cours d'eau	Surface BV (km ²)	Débits caractéristiques (m ³ /s)			Débits caractéristiques (m ³ /s) - Crues					Maximum Instantané (Q _I /X)	Source
		Module	Etiage QMNA5	Etiage VCN10 2 ans	2 ans	5 ans	10 ans	20 ans	50 ans		
Le Dessoubre à Saint-Hyppolyte	615	13.70	1.30	1.20	130	150	170	180	200	179 m ³ /s (Le 22/01/2018)	Banque HYDRO

Avec :

- Q₁₀ : 1,7 m³/s
- Q₅₀ : 6,18 m³/s
- Q₉₀ : 35,6 m³/s

Le *Dessoubre* est un cours d'eau à caractère torrentiel. De par la forme de son bassin versant, il réagit très vite aux intempéries. Il n'est donc pas rare de rencontrer plusieurs crues d'occurrence biennale par année.

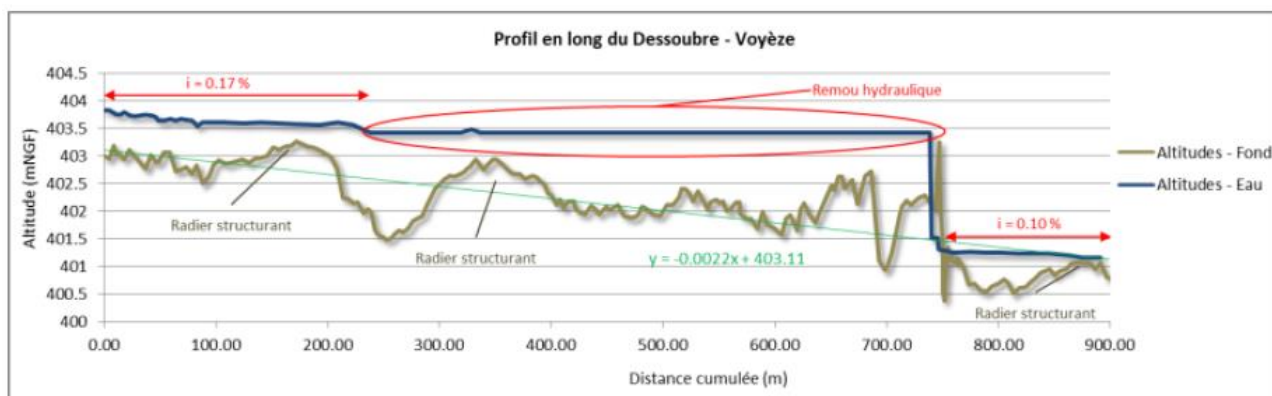
Le forage SP1 donne un niveau de nappe à 402,6 m NGF le 29/05/2019.

2.2.1 - Ouvrages hydrauliques

Le pont est situé dans la zone d'influence du seuil de la Voyèze situé en amont de l'ouvrage. La longueur déversante de cet ouvrage est de l'ordre de 43 m. La longueur totale de l'ouvrage dans le sens de l'écoulement est d'environ 5 à 7 m. Sa crête est arasée à une cote comprise entre 403,23 et 403,31 m NGF.

Il est constitué de parement amont et aval en moellons (blocs de calcaire) soigneusement maçonnés en surface.

Cet ouvrage provoque un remous hydraulique jusqu'à 550 à 600 m en amont.



Profil en long du fond du lit du Dessoubre – ouvrage de la Voyèze

2.3 - CONTEXTE VIS-A-VIS DES RISQUES NATURELS

2.3.1 - Contexte vis-à-vis du risque sismique

Selon le zonage sismique de la France en vigueur depuis le 1^{er} mai 2011, la commune de Vaclusotte est située en zone de sismicité 3 (modérée) sur une échelle de 5.

2.3.2 - Mouvement de terrain

Sans objet.

2.3.3 - Inondations

La commune de la Vaclusotte ou d'Orgeans-Blanchefontaine ne possèdent pas de PPRI. 7 inondations sont recensées sur la commune (de 1840 à 1983) suite à des crues nivales, crues pluviales et laves torrentielle principalement.

2.3.4 - Retrait gonflement des argiles

D'après les cartes d'aléa au retrait-gonflement des argiles, le site d'étude est compris dans une zone d'exposition moyenne.



Carte de l'aléa retrait-gonflement des argiles (source : BRGM)

2.4 - CONTEXTE ENVIRONNEMENTAL

Le pont de la Voyèze est compris dans une **zone Natura 2000** Directive **Habitat** (id. FR4301298 – Vallées du Dessoubre, de la Reverotte et du Doubs) et **oiseaux** (id. FR4312017 – Vallées du Dessoubre, de la Reverotte et du Doubs), dans une zone naturelle d'intérêt écologique faunistique et floristique (**ZNIEFF**) **type II** (id. 430007813, vallée du Dessoubre et ses falaises attenantes) et se trouve à proximité immédiate d'une zone naturelle d'intérêt écologique faunistique et floristique (**ZNIEFF**) **type I** (id. 43002007 – falaise de la Voyèze).



Zonage des ZNIEFF (en verts) (source : geoportail.gouv.fr)



Site Natura 2000 (en vert) (source : geoportail.gouv.fr)

Ce zonage implique des contraintes environnementales fortes lors de la réalisation des travaux. Un dossier Loi sur l'Eau sera à prévoir.

3 - SYNTHÈSE ET ANALYSE DES DONNÉES DISPONIBLES

3.1 - DÉSORDRES OBSERVÉS SUR L'OUVRAGE

D'après les données transmises, le pont de la Voyèze ne présente actuellement pas de désordres apparents de structure.

Suite à des vides repérés dans les piles, des travaux de comblement au béton projeté ont été réalisés en 2009. Aucune donnée n'est disponible sur ces travaux.

Des phénomènes d'affouillement ont été repérés sur les piles du pont lors du relevé topographique de 2018 par Veodis 3D. L'affouillement observé est compris entre 0,6 et 1 m par rapport au fond actuel de la rivière. Il reste à ce jour sans impact sur la structure de l'ouvrage.

La présence de matériaux sensibles à l'érosion (alluvions récentes) accentue la sensibilité de l'ouvrage aux phénomènes d'érosion et d'affouillement.

3.1 - EFFET DE L'ARASEMENT DU SEUIL

Actuellement, la présence du seuil impose à la rivière un lit homogène jusqu'à 600 m en amont de l'ouvrage du fait du colmatage par les sables et les limons et des hauteurs d'eau importantes.

Le seuil empêche le développement de phénomènes d'érosions latéraux de part et d'autre de la zone de retenue (zone amont du seuil).

Cette zone de retenue dans lequel se situe le pont de la Voyèze est donc une zone de faible vitesse d'écoulement avec peu de changement morphologique des berges.

La suppression du seuil conduira au rétablissement d'un régime turbulent, à des phénomènes d'érosion sur les berges de la zone de retenue et à une diminution de la hauteur d'eau au droit des piles du pont.

Tabl. 18 - Synthèse de l'impact de l'effacement sur les niveaux d'eau

Débit		Barrage de la Voyèze			Pont de la Voyèze		
Fréquence	Valeur (m/s)	Etat initial (mNGF)	Etat aménagé (mNGF)	Ecart (m)	Etat initial (mNGF)	Etat aménagé (mNGF)	Ecart (m)
QMNA5	1.3	403.35	401.66	1.69	403.35	402.28	1.07
Q50%	6.2	403.46	401.94	1.52	403.49	402.56	0.93
Module	13.7	403.59	402.17	1.42	403.67	402.84	0.83
3*Module	41.1	403.90	402.57	1.33	404.19	403.53	0.66
Q2	130.0	404.35	403.26	1.09	405.46	404.71	0.75
Q5	150.0	404.70	403.37	1.33	405.66	404.91	0.75
Q10	170.0	404.81	403.48	1.33	405.85	405.10	0.75
Q20	180.0	404.87	403.54	1.33	405.93	405.20	0.73
Q50	200.0	404.97	403.64	1.33	406.10	405.38	0.72

Tabl. 19 - Synthèse de l'impact de l'effacement sur les vitesses d'écoulement

Débit		Barrage de la Voyèze				Pont de la Voyèze			
Fréquence	Valeur (m/s)	Etat initial (m/s)	Etat aménagé (m/s)	Facteur d'augmentation	Ecart (%)	Etat initial (m/s)	Etat aménagé (m/s)	Facteur d'augmentation	Ecart (%)
QMNA5	1.3	0.02	1.00	50.0	4900	0.04	0.11	2.8	175
Q50%	6.2	0.09	1.94	21.6	2056	0.19	0.35	1.8	84
Module	13.7	0.18	2.43	13.5	1250	0.37	0.58	1.6	57
3*Module	41.1	0.45	3.25	7.2	622	0.79	1.00	1.3	27
Q2	130.0	1.16	4.18	3.6	260	1.41	1.74	1.2	23
Q5	150.0	1.17	4.35	3.7	272	1.51	1.85	1.2	23
Q10	170.0	1.27	4.48	3.5	253	1.61	1.95	1.2	21
Q20	180.0	1.32	4.55	3.4	245	1.65	1.99	1.2	21
Q50	200.0	1.41	4.67	3.3	231	1.74	2.08	1.2	20

4 - RECONNAISSANCES ET DIAGNOSTIC

3 campagnes de reconnaissances géotechniques et géophysiques ont été réalisées au droit du site d'étude, associées à une inspection visuelle de l'ouvrage :

- Campagne Icseo, 19/05/2020
 - Sondage avec essai pressiométrique SP1
 - Sondage destructif SD1
- Campagne Hydro-géotechnique, juin 2020 :
 - Sondages carottés SC1, SC2 et SC seuil
 - Reconnaissances de fondations RF1 et RF2
- Campagne Géolithe, du 7 au 9 juin 2021
 - 1 profil de 24 m de longueur en sismique coulé
- Campagne Geolithe/ECR, du 25 au 29 octobre 2021
 - 3 sondages carottés à travers les piles et la culée C3

Sondage	Profondeur / Longueur	Cote de la tête de sondage
SP1	10,5 m	408,65 m NGF
SD1	10 m	406,75 m NGF
SC1	5,8 m	405,55 m NGF
SC2	5 m	405,49 m NGF
SC seuil	3,5 m	403,28 m NGF
RF1	1,5 m	405,00 m NGF
RF2	1,3 m	404,87 m NGF
PE1	24 m	-
SC1-SD1 (pile P1)	11,9 m	408 m NGF
SC2-SD2 (pile P2)	13,2 m	408,3 m NGF
SC3-SD3 (culée C3)	10,6 m	408,8 m NGF

L'implantation des reconnaissances est détaillée dans la figure suivante :

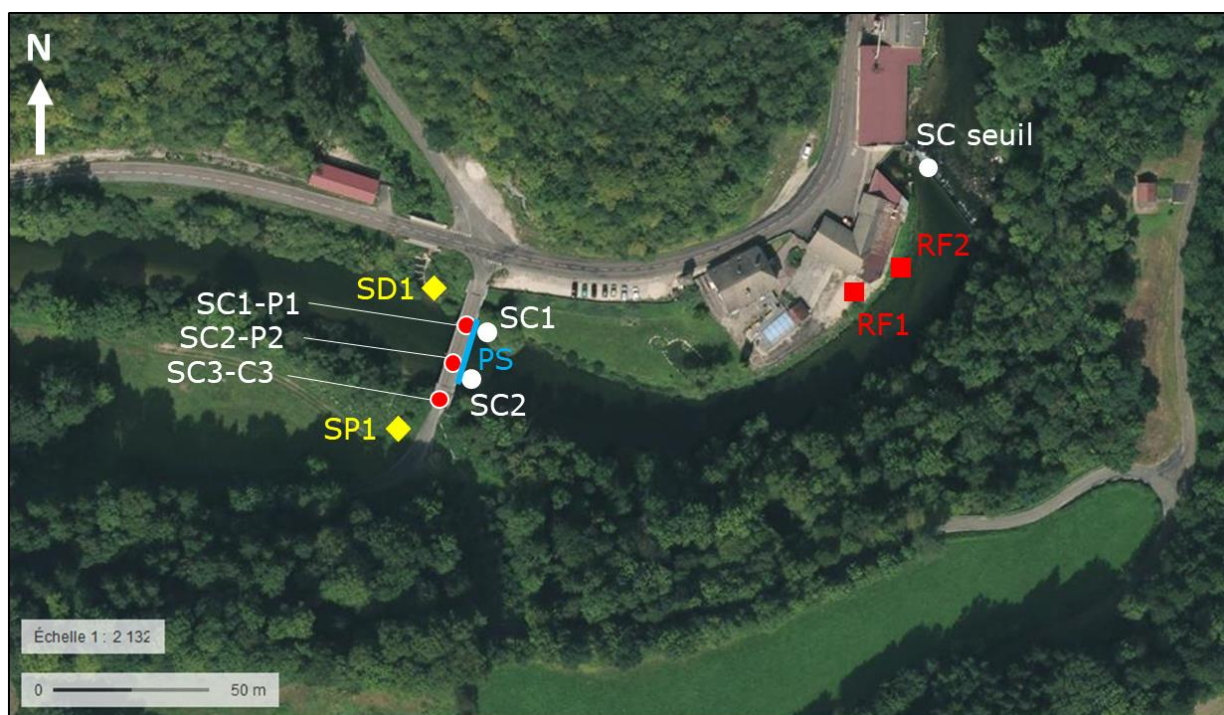


Schéma d'implantation des sondages

4.1 - RECONNAISSANCES GEOTECHNIQUES

Culée C0 (Nord) et C3 (Sud) :

Les reconnaissances effectuées au droit des culées consistaient en un sondage destructif jusqu'à 10 m de profondeur (SD1), un sondage destructif avec essai pressiométrique tous les 1 m jusqu'à 10,5 m (SP1) et un sondage carotté vertical prolongé en sondage destructif à travers la maçonnerie de culée C3 jusqu'à 10,6 m de profondeur (SC3-SD3).

Ces sondages mettent en évidence :

- Une couche de remblai variant entre 3,6 et 3,9 m d'épaisseur de caractéristiques mécaniques médiocres (p_l^* variant entre 0,75 et 0,84 MPa et E_m variant entre 6,6 et 10,8 MPa)
- Des alluvions fines localement graveleuses (limons argileux, argiles sableuses avec passes caillouteuses) repérées au Sud de caractéristiques médiocres à moyennes (p_l^* variant entre 0,24 et 1,6 MPa et E_m variant entre 1,0 et 16,2 MPa)
- Le toit du calcaire atteint à -3,9 m (Nord) et -9,8 m (Sud) de profondeur. A noter que le toit du calcaire n'est pas reconnu au droit de SC3-SD3.

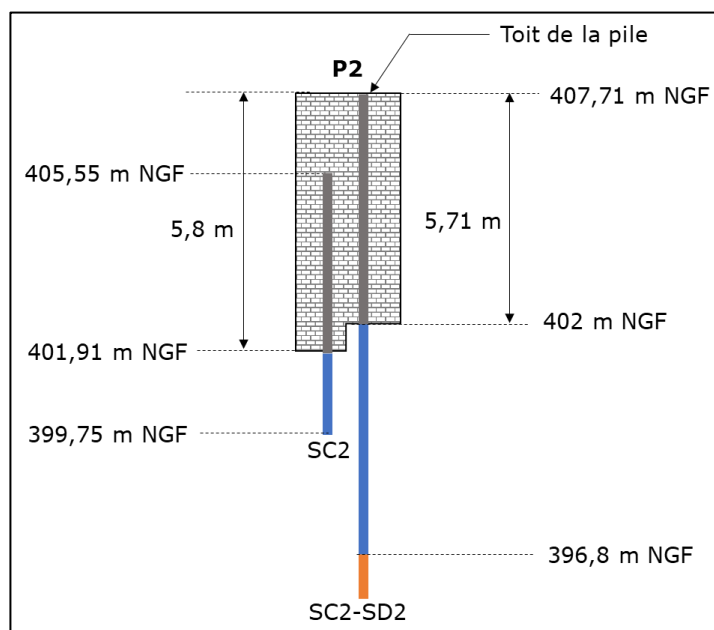
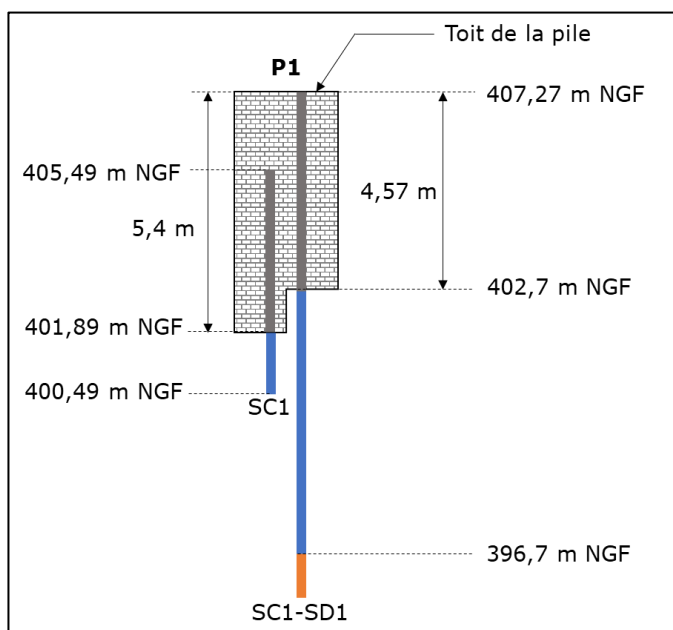
Soit un approfondissement du substratum du nord vers le sud ayant pour conséquence une épaisseur variable des alluvions.

Pile P1 (Nord) et P2 (Sud) :

4 sondages carottés ont été effectués au droit des piles cotés amont :

- SC1 et SC1-SD1 sur la pile P1 (nord) respectivement jusqu'à 5,8 m et 11,9 m de profondeur
- SC2 et SC2-SD2 sur la pile P2 (sud) respectivement jusqu'à 5,0 m et 13,2 m de profondeur

Ces sondages mettent en évidence une base des piles à 402 m NGF en moyenne. Une différence entre la base de la pile est observée entre les sondages. Les sondages SC1 et SC2 d'Hydrogéotechnique ont été réalisés sur l'avancée de la pile. Il est possible que cet élément, utilisé pour limiter les turbulences au droit des piles, ne soit pas fondé à la même profondeur.

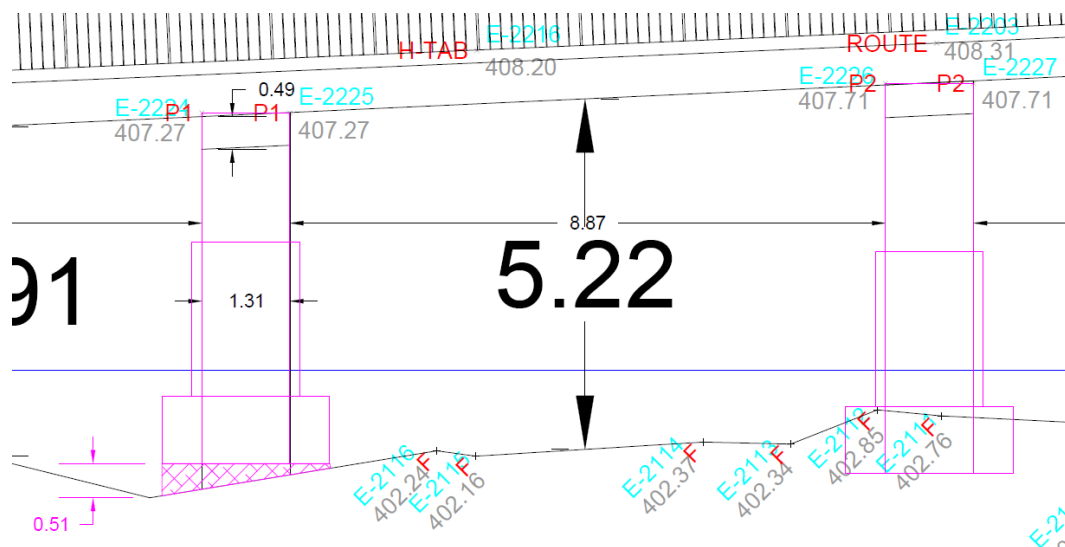


Maçonnerie Alluvions Calcaire

Récapitulatif des informations fournies par les sondages carottés

Remarque :

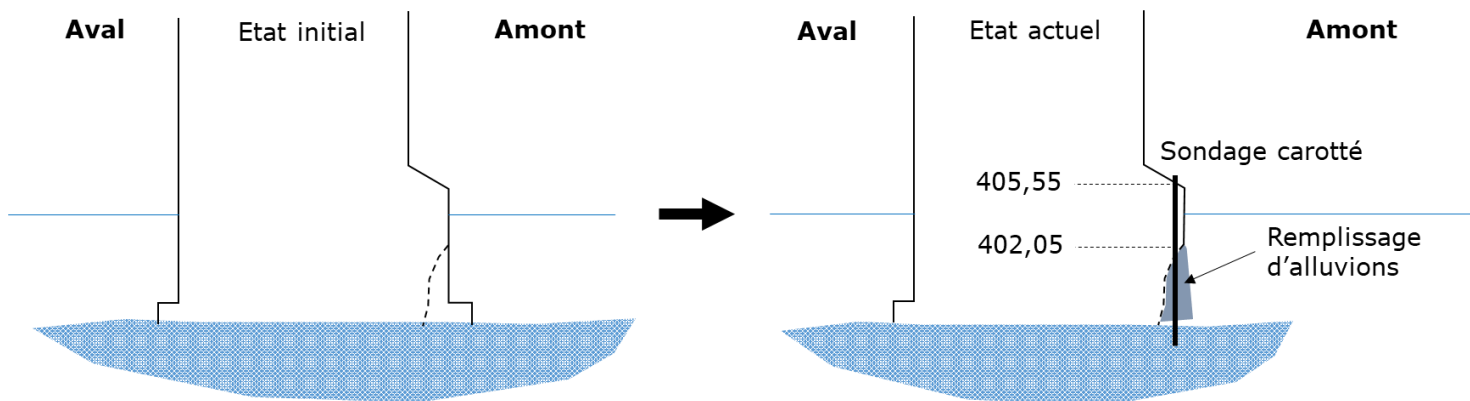
Les résultats des forages carottés au droit des piles ne sont pas cohérents avec la topographie relevée en 2018. La pile P2 serait fondée au calcaire, non retrouvé dans le forage SC2. La pile P1 serait fondée 0,5 m au-dessus du fond de la rivière.



Implantation des piles (en rose) (source : SRiGC)

Plusieurs explications peuvent être avancées :

- La pile P2 a été « érodée » en base puis la zone « érodée » a été remplie par des matériaux charriés lors des crues (sable, grave, gravier), ce qui peut expliquer les alluvions trouvées dans les carottes avant le fond du cours d'eau



- Le relevé bathymétrique a évolué entre 2018 et 2019 (cf. §4.3)

Remarque sur RF1 et RF2 :

Des reconnaissances de fondation ont été réalisées au droit des bâtiments à proximité du seuil. Les fouilles ont été descendues jusqu'aux cotes 402,47 et ~403,5 m NGF sans trouver le calcaire. Les bâtiments sont assis sur des remblais argilo-graveleux.

Les PV des essais et les rapports associés sont disponibles en annexe.

4.2 - RECONNAISSANCES GEOPHYSIQUES

1 profil de sismique réfraction coulé en rivière a été réalisé le long du pont coté aval. Il a permis de reconnaître le toit du calcaire.

4.2.1 - Mode opératoire

Le mode opératoire appliqué sur le terrain est conforme aux recommandations du Code de Bonne Pratique de la Géophysique appliquée (Fiche 92.1 SIS 13) édité par l'AGAP-Qualité (Association pour la Qualité en Géophysique Appliquée non pétrolière). La société Géolithe est agréée par l'AGAP-Qualité.

4.2.1.1 - Objectif

La sismique réfraction aquatique coulée est une méthode de géophysique non-destructrice qui permet de calculer l'épaisseur des formations géologiques sous le fond d'un cours ou plan d'eau, en fonction de la vitesse de propagation des ondes sismiques de compression (P) dans les différentes couches.

4.2.1.2 - Principe

Cette méthode est basée sur une augmentation de la vitesse sismique avec la profondeur, hypothèse généralement réaliste du fait du tassement progressif des couches meubles avec la profondeur et/ou d'un degré d'altération décroissant des massifs rocheux lorsque la profondeur augmente.

4.2.1.3 - Mise en œuvre et acquisition des données in-situ

Cette campagne de sismique réfraction aquatique comportait 1 profil unitaire de 12 hydrophones/traces sismiques espacé(e)s de 2 m, soit une longueur totale de 24 mètre les tirs extrêmes.

Les hydrophones sont des capteurs de pression coulés sur le fond du cours d'eau et immobilisés par des poids morts (parpaings) régulièrement espacés le long du linéaire. Le profil a été réalisé ici à l'aval immédiat du pont de la Voyèze (distance moyenne 1m) depuis les piles.

L'enregistreur sismique utilisé était une Geode S24 de marque Geometrics, avec une fréquence d'échantillonnage égale à 16 000 Hz, et une durée d'enregistrement égale à 1 seconde pour chaque tir réalisé.

La source sismique était un canon à air de 20 cc alimenté par des bouteilles d'air comprimé (de plongée). Le temps zéro était transmis au sismographe par un boîtier de tir avec une parfaite simultanéité avec le déclenchement du tir.

Sur le profil, 5 tirs ont réalisés : 2 tirs en bouts de ligne, 1 au centre et 2 intermédiaires aux $\frac{1}{4}$ et $\frac{3}{4}$ du profil. 2 tirs supplémentaires ont été réalisés au-delà de l'emprise du dispositif donc des culées du pont (tirs offset) pour estimer au plus juste la vitesse intrinsèque des ondes de compression dans le substratum rocheux calcaire.

4.2.1.4 - Traitement et interprétation des données

La sismique réfraction repose sur le pointé des premières arrivées sismiques (ondes de compression dites ondes P).

Ce pointé des premières arrivées sismiques (ondes P) a été réalisé à l'aide du logiciel WINSISM V.16 permettant de pointer manuellement et directement sur les enregistrements digitaux.

Compte tenu de la présence d'une bi-couche, la méthode d'interprétation utilisée était celle des intercepts.

Le rendu des résultats est présenté sous la forme d'une coupe sismique 2D au droit du profil réalisé.

4.2.1.5 - *Implantation - Positionnement*

Le profil a été réalisé transversalement au Dessoubre, à l'aval immédiat du pont. La bathymétrie a été relevée au droit de chacun des hydrophones pour replacer l'altimétrie du fond et du sommet des couches interfaces mis en évidence en sismique.

Un relevé de la côte relative du cours d'eau (par rapport au pont) a été réalisé au moment des mesures ainsi qu'un levé des altitudes « absolues » de la route au droit du pont au GPS de précision RTK (précision pluri-centimétrique) de marque Septentrio.

Ceci permet un recalage en absolu du fond du cours d'eau et de la côte du toit du rocher.

A noter que la côte altimétrique relevée au niveau de la route au droit du bord de la culée sud (côté Dessoubre) est égal au centimètre près à celle précisée sur la vue en élévation transmise par le Syndicat Mixte Doubs-Dessoubre (408,77 m NGF).

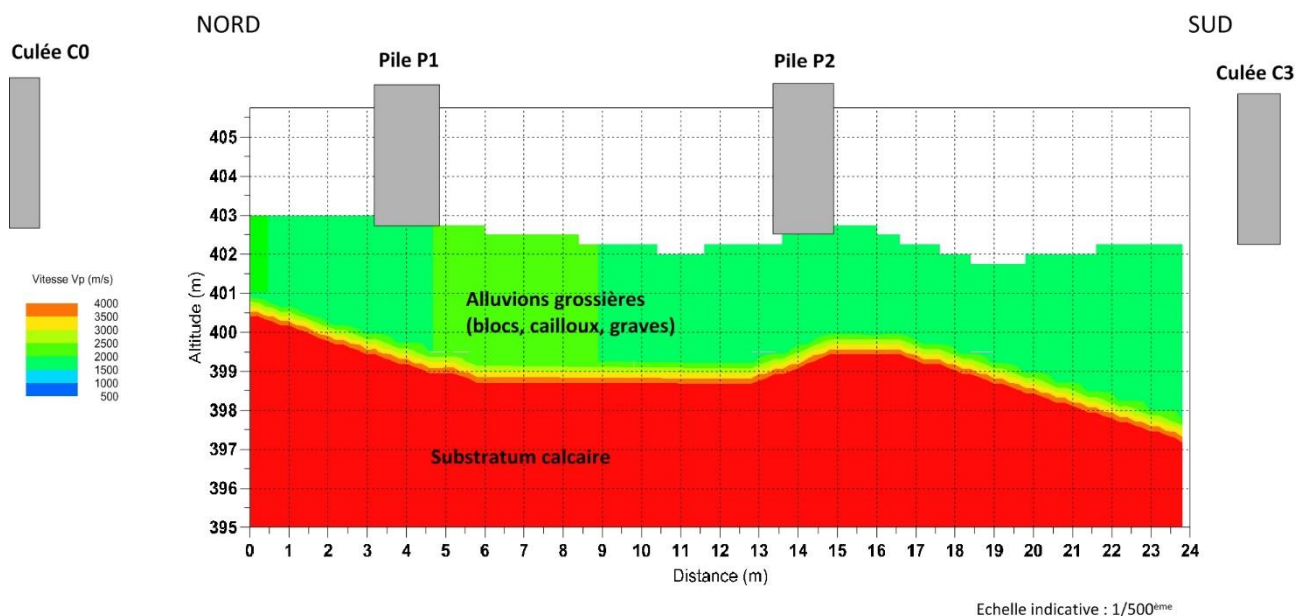
4.2.2 - *Résultats*

Les résultats de sismique réfraction mettent en évidence un modèle de sol bi-couche, montrant de la surface vers la profondeur :

- couche 1 : alluvions (graves, cailloux, blocs)
 - vitesse sismique V_p comprise entre 1500 et 2000 m/s
 - épaisseur comprise entre 2,5 et 4 m (moyenne 3 m)
- couche 2 : substratum rocheux calcaire
 - vitesse sismique intrinsèque 4700 m/s.

Profil transversal au Dessoubre

Aval immédiat du pont de la Voyèze



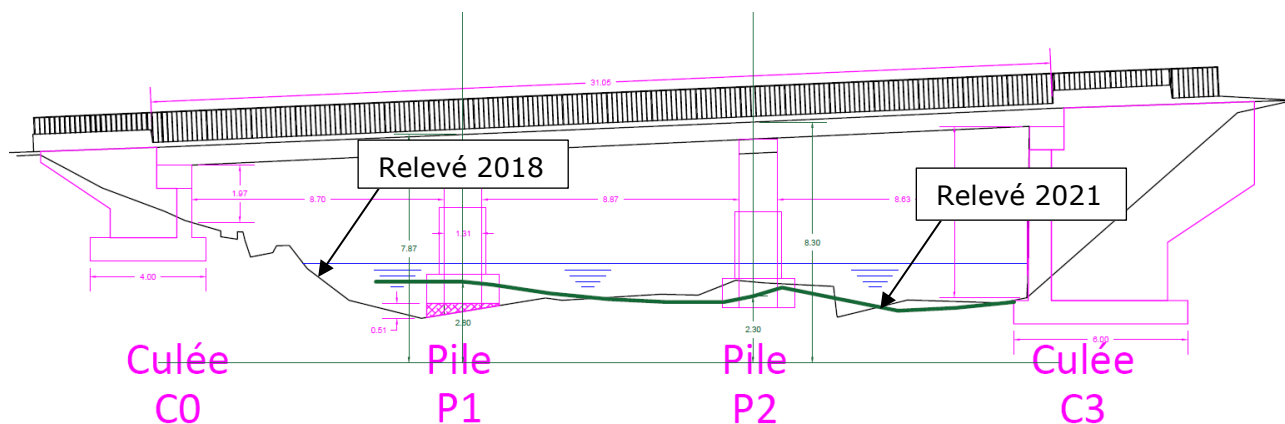
Profil sismique coulé

Les hodochrones et le profil transversal sont disponibles en annexe.

4.3 - RELEVÉ TOPOGRAPHIQUE

Un relevé topographique et bathymétrique a été réalisé en 2018 par l'entreprise Veodis 3D. Un relevé bathymétrique a été effectué lors des mesures géophysiques Géolithe 2021. Le relevé de 2018 a été effectué à l'aval des piles, le relevé de 2021 à l'amont des piles. La superposition des deux bathymétries est donc une projection. Des variations locales peuvent exister.

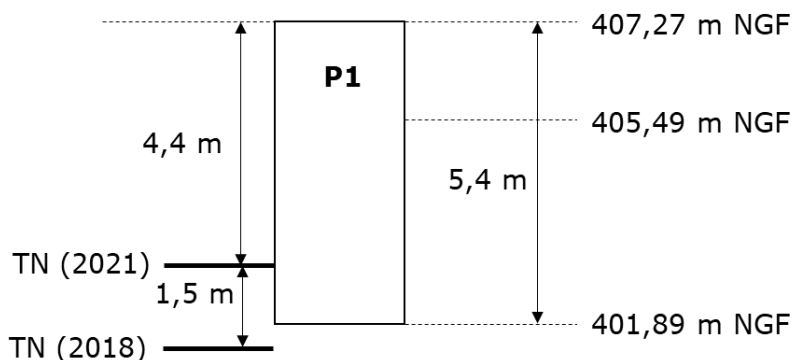
Les résultats sont les suivants :



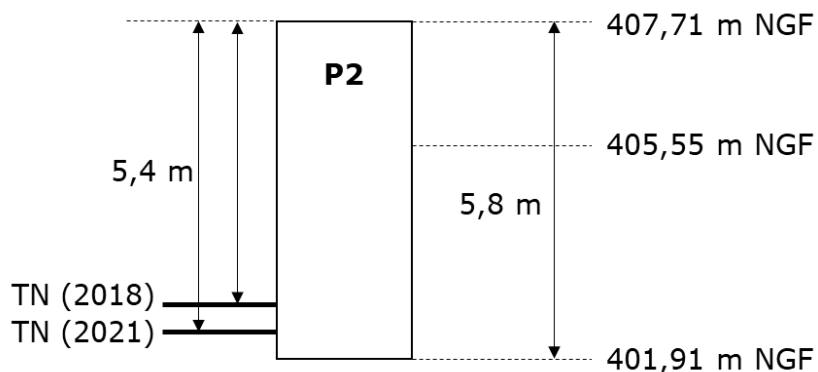
Comparaison entre les relevés bathymétrique 2018/2021

Le fond du cours d'eau évolue entre 2018 et 2020. Les différences sont peu marquées (entre 0,3 et 0,9 m) du fait de l'effet de la retenue et correspondent au transport et à l'apport des matériaux alluvionnaires lors des crues et des décrues.

Le relevé effectué en 2021 permet d'expliquer l'incohérence entre les forages carottés de 2019 et la topographie de 2018.



Relevé schématisé de la topographie au droit de la pile P1



Relevé schématisé de la topographie au droit de la pile P2

4.4 - INSPECTION DE L'OUVRAGE

Une inspection de l'ouvrage a été réalisée lors des relevés géométriques par le bureau d'étude SRIGC.

Les maçonneries et le béton et la chaussée sont en bon état. Les culées, les piles, la structure du pont et la chaussée ne présentent aucun désordre apparent.

4.5 - VERIFICATION DE LA CAPACITE PORTANTE

Une vérification de la capacité portante de fondations des piles et de la culée est vérifiée avec la norme NF P 94-261, avec comme hypothèse des fondations superficielles reposant sur les alluvions.

4.5.1 - *Calcul de la contrainte admissible*

La méthode de calcul est décrite ci-dessous.

La contrainte associée à la résistance nette du terrain sous la fondation, q_{net} , est définie par la formule suivante (Annexe D2.3) :

$$q_{net} = k_p p_{le}^* i_\delta i_\beta$$

Avec :

k_p : facteur de portance (Annexe D2.3 Figure D2.3 courbe Q3-4)

i_δ : coefficient de réduction de la portance lié à l'inclinaison de la charge ; il vaut 1 dans le cas d'une charge verticale

i_β : coefficient de réduction de la portance lié à la proximité d'un talus ; il vaut 1 en l'absence de talus sous la base de la fondation

P_{le}^* : pression limite nette équivalente (annexe D2.2) prise égale à la moyenne géométrique des pressions limites nettes situées dans une tranche de terrain comprise entre D et D+h_r avec D la profondeur de la semelle et h_r = 1,5*largeur de la semelle = 3,75 m

La valeur caractéristique de la résistance du terrain de fondation est définie par la formule suivante (NF P 94-261 § 9.1 (3)) :

$$R_{v,k} = \frac{A' q_{net}}{\gamma_{R;d,v}}$$

Avec :

A' : surface de la fondation

$\gamma_{R;d,v}$: coefficient de modèle associé à la méthode de calcul = 1,2 pour la méthode pressiométrique

La valeur de calcul de la résistance nette du terrain sous la fondation est déduite de la formule suivante (NF P 94-261 § 9.1 (3))

$$R_{v;d} = \frac{R_{v,k}}{\gamma_{R,v}}$$

Avec :

$\gamma_{R,v}$: facteur partiel de sécurité sur la portance égale à 1,4 aux ELU en situation durable et transitoire (Tableau B3.3 – Jeu R2) et égale à 2,3 aux ELS quasi permanents et caractéristiques.

Les coefficients partiels suivants sont appliqués :

Coefficients partiels de modèle		
sur qnet	$\gamma_{R;d;v}$	1,2
Facteurs partiels sur les résistances		
ELU durable et transitoire	$\gamma_{R;v}$	1,4
ELS caractéristique	$\gamma_{R;v}$	2,3
Facteurs partiels sur les actions		
ELU durable et transitoire	γ_G	1,35
	γ_Q	1,50
ELS caractéristique	γ_G	1,00
	γ_Q	1,00

Le calcul de P_{le}^* se fait sur une épaisseur de $1,5 \times B$ sous la fondation.

Nous avons négligé de manière sécuritaire la contrainte q_0 du sol en place au niveau d'assise de la fondation.

4.5.2 - Vérification de la portance

Les piles et les culées sont considérées comme monobloc de manière à avoir des charges uniformément réparties. Aucun talus n'est pris en compte.

En approximant les piles et culée à une fondation rectangulaire de $2,5 \times 6,5$ m et de $4,5 \times 6$ m, le calcul de P_{le}^* s'effectue entre 0 m et 3,75 m de profondeur pour les piles et de 0 à 6,8 m de profondeur pour la culée, soit au niveau des alluvions. Au vu des mesures disponibles, on retiendra pour les piles et la culée :

$$P_{le}^* = 0,74 \text{ MPa.}$$

La contrainte admissible obtenue vaut :

$$\sigma_{adm} \text{ ELU} = k_p \times P_{le}^* / (1,2 \times 1,4) = 0,8 \times 740 / 1,68 = 352 \text{ kPa aux ELU}$$

Soit :

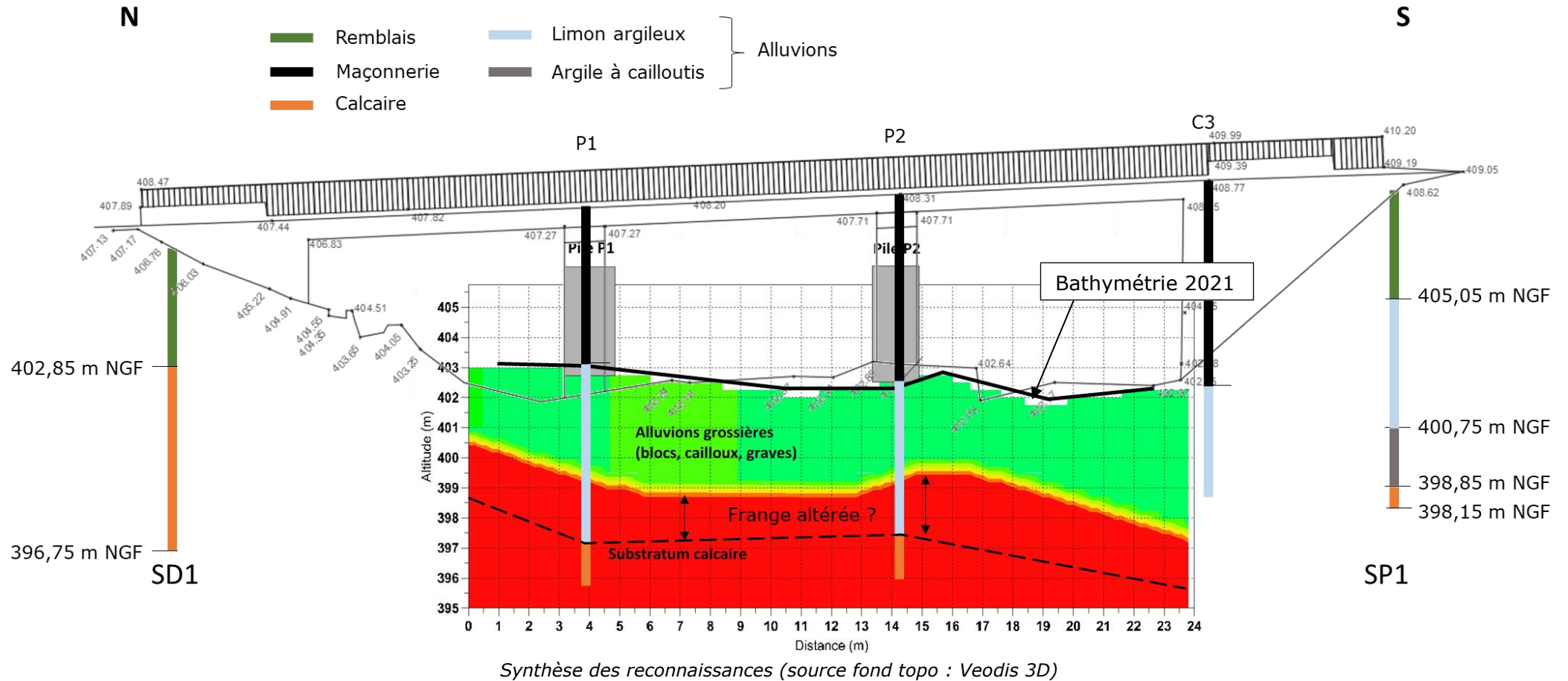
	Descente de charge	Coefficient de sécurité F
Pile P1	230 kPa	1,5
Pile P2	235 kPa	1,5
Culée C3	425 kPa	0,83 < 1,0

L'analyse de la capacité portante montre qu'il n'y aurait pas de défaut de portance des alluvions avec les descentes de charge fournies pour les piles P1 et P2. La culée C3 serait en limite de stabilité ($F < 1,0$).

Néanmoins, cette vérification est effectuée selon les normes en vigueur auxquelles l'ouvrage ne répond pas (construction antérieure à 1820). Des variations latérales et horizontales des caractéristiques des alluvions sont également possibles et peuvent modifier la valeur de la contrainte admissible. Au vu de l'absence de désordres au droit de l'ouvrage, il convient donc de considérer avec précaution cette vérification de la capacité portante.

4.6 - SYNTHÈSE DES RECONNAISSANCES

L'ensemble des reconnaissances réalisées au droit du pont sont synthétisés sur la figure suivante :



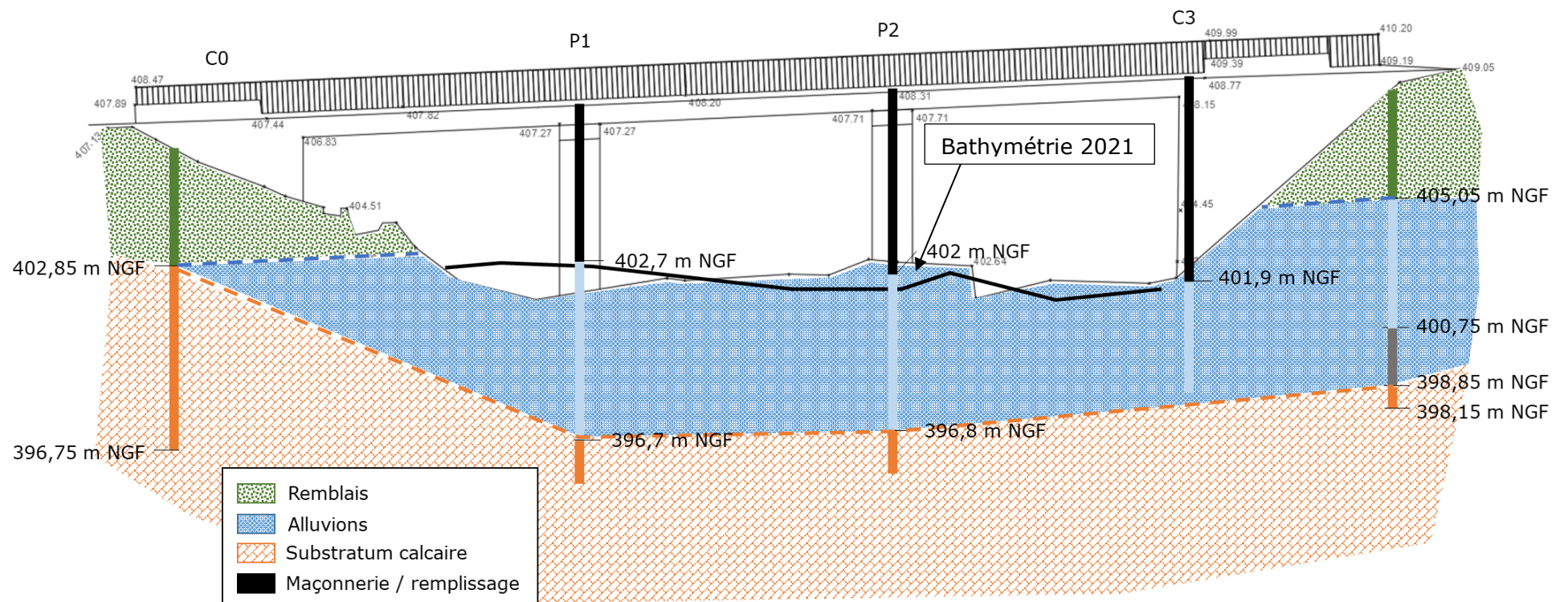
Le modèle géotechnique retenu dans la suite du projet peut se présenter ainsi :

Couche	PI* (MPa)	E _m (MPa)	γ (kN/m ³)	α (-)
Remblais	0,76	8,1	18* ¹	0,5
Alluvions	0,74	3,1	18* ¹	0,5
Calcaire	2,5-5,0* ¹	50-100* ¹	24* ¹	0,5

*¹ pris par hypothèse, par connaissance de terrains similaires

*² coefficients partiels $\gamma_{Rd1} = 1,4$ et $\gamma_{Rd2} = 1,1$ en considérant la procédure « modèle de terrain » pour des micropieux rattachés aux pieux de catégorie 18 travaillant en compression

Le substratum calcaire s'approfondit du nord vers le sud. L'épaisseur d'alluvions varie entre 0 et 6,2 m du nord vers le sud avec 5 m en moyenne sous les piles. Ces alluvions sont recouvertes au droit des culées par 3,5 m de remblais.



Modèle géotechnique

4.7 - DIAGNOSTIC

Les reconnaissances réalisées mettent évidence un approfondissement du calcaire du nord vers le sud. L'épaisseur des alluvions varie entre 0 (culée C0) et 6,2 m au niveau de la culée C3.

Des phénomènes d'affouillement sont observés localement au droit des piles sans qu'aucun désordre structurel ne soit observé sur l'ouvrage ou la chaussée.

D'après les reconnaissances réalisées, les conclusions suivantes peuvent être avancées :

- La culée C0 est fondée sur le calcaire, présent à partir de 402,85 m NGF
- Les piles P1 et P2 sont fondées superficiellement sur les alluvions (limon argileux et argile sableuse)
- La culée C3 est fondée superficiellement sur les alluvions (limon argileux et argile sableuse)

Dans l'état actuel, il n'y a pas de problème constaté de structure ou de fondation. L'arasement du seuil provoquera une augmentation des vitesses d'écoulement et un changement de régime hydraulique, ce qui augmentera les phénomènes d'érosion au droit des berges et d'affouillement au droit des piles.

En prenant comme hypothèse que les piles et la culée C3 sont fondées sur les alluvions, des phénomènes d'affouillement peuvent se produire.

A terme, des phénomènes peuvent déstabiliser l'assise des piles et de la culée et provoquer des désordres structurels sur l'ouvrage.

Les aménagements à mettre en œuvre suite à l'arasement du seuil concerneront uniquement les piles P1 et P2 et la culée C3.

4.8 - SOLUTIONS DE PROTECTION DU PONT DE LA VOYEZE

Les reconnaissances complémentaires effectuées du 25 au 29 octobre 2021 (21-404_II_1_A_CR, Géolithe, 23/11/2021) ont conclu que les piles et la culée étaient fondées sur les alluvions, et donc potentiellement affouillable après l'arasement du seuil. Une solution de confortement est donc étudiée.

Cette solution consiste au renforcement structurel des piles du pont et de la culée par reprise en sous-œuvre des fondations via des micropieux.

Solution de confortement :

Micropieux inclinés réalisés depuis la base des piles avec la tête ancrée dans une longrine en BA. Les têtes des micropieux sont fichées dans la longrine pour assurer un appui homogène et éviter la destruction de la maçonnerie. Cette longrine devra être liaisonnée à la structure existante pour assurer un report efficace des charges. Les micropieux sont forés inclinés en raison de la faible hauteur entre la tête le corps de la pile. Des comblements en béton ayant été réalisés, les longrines pourront être fixées dans les parties bétonnées, sous réserve de la bonne tenue du béton.

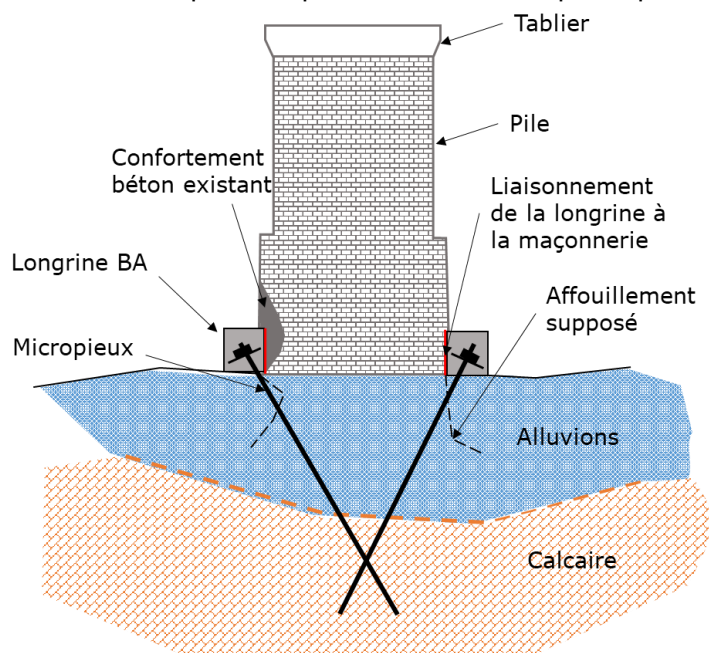


Schéma de la solution de confortement

5 - DIMENSIONNEMENT DES SOLUTIONS DE CONFORTEMENT

5.1 - HYPOTHESES DE CALCUL

5.1.1 - Catégorie et type d'ouvrage

La reprise en sous-œuvre par micropieux est considérée comme un ouvrage permanent de catégorie d'importance II pour une durée d'utilisation de 75 ans.

5.1.2 - Conditions sismiques

D'après le zonage sismique de la France en vigueur depuis le 1^{er} mai 2011 (D 563-8-1), la commune de Vaclusotte est située en zone sismique 3 (modérée) sur 5.

En l'absence d'essais spécifiques, la classe de sol sera retenue à A (« Rocher ou autre formation géologique de ce type comportant une couche superficielle d'au plus 5 m de matériau moins résistant »).

La catégorie d'importance de l'ouvrage est prise à II (« Ceux dont la défaillance présente un risque moyen pour les personnes »), à confirmer par le maître d'ouvrage.

Les coefficients sismiques à retenir sont les suivants :

Zone de sismicité	3 (moyenne)
Accélération maximale de référence agr	1,1 m/s ²
Classe d'ouvrage	A risque normal
Catégorie d'importance de l'ouvrage	II
γ_I	1
Accélération de calcul ag	1,1 m/s ²
$a = a_g / g$	0,110
avg/ag	0,9
Classe de sol	A
Paramètre de sol (S)	1
Coefficient de réduction r	1
k_h	0,010
k_v	0,055

5.1.3 - Conditions hydrauliques

Les alluvions sont considérées comme entièrement saturées. Les phases de crue et de décrue n'auront pas d'influence sur les micropieux, les calculs seront menés avec un niveau d'eau moyen à 403,6 m NGF. La nappe n'a pas d'influence sur les calculs.

5.1.4 - Prise en compte de la corrosion

La norme NF P 94-262 concernant les fondations profondes indique que les épaisseurs d'acier sacrifiées à la corrosion sont fonction de la durée de vie de l'ouvrage et de l'agressivité du milieu environnant.

En considérant une durée de vie de 75 ans et une agressivité moyenne (sols naturels toujours saturés), l'épaisseur sacrifiée à la corrosion est de 0,9 mm (cf. tableau 4.1 de l'Eurocode 3 partie 5).

Durée d'utilisation de projet	5 ans	25 ans	50 ans	75 ans	100 ans
Sols naturels intacts (sable, limon, argile, schiste, ...)	0,00	0,30	0,60	0,90	1,20
Sols naturels pollués et sites industriels	0,15	0,75	1,50	2,25	3,00
Sols naturels agressifs (marais, marécages, tourbe...)	0,20	1,00	1,75	2,50	3,25
Remblais non compactés et non agressifs (argile, schiste, sable, limon, ...)	0,18	0,70	1,20	1,70	2,20
Remblais non compactés et agressifs (cendres, scories...)	0,50	2,00	3,25	4,50	5,75

5.1.5 - Hypothèse de matériaux

Il s'agira de micropieux **type II** (catégorie 18, cf. Annexe A, §A.9 de la NF P 94 262) forés simple de classe 1b.

Les caractéristiques de l'armature sont résumées dans le tableau suivant :

Diamètre de forage	B	250 mm
Type de micropieux	-	Type II
Armature	-	Tube pétrolier 168 ep. 15,8
Module d'élasticité	E	210 000 MPa
Inertie	EI	4323 kN.m ²
Limite élastique	fy	560 MPa
Diamètre extérieur	ϕ_{ext}	168 mm
Section avant corrosion	S₀	75,7 cm ²
Perte d'épaisseur liée à la corrosion	ΔE_p	0,9 mm
Section corrodée	S_c	71 cm ²
Résistance à la compression	N_{Rd}	3974 kN
Résistance en flexion élastique	M_{Rd}	138 kN.m
Résistance à l'effort tranchant	V_{Rd}	1461 kN

5.1.6 - Descente de charge

En base des piles et de la culée, les efforts ont été calculés par SRIGC (cf. §3.2 et annexe 4).

Pour les piles P1 et P2, on retient comme hypothèse (sécuritaire et défavorable) que l'intégralité de ces efforts sont repris par les micropieux.

Pour la culée C3, la descente de charge de 8 562 kN est obtenue en considérant une hauteur de terre de 6,5 sous la chaussée. Cette descente de charge s'applique en prenant en compte une semelle de 6,0*4,5 m. La zone soumise à un risque d'affouillement correspond à l'extrémité nord de la semelle. Sur cette zone, le poids seul de la culée et du tablier sont pris en compte (le poids des terres est considéré repris par le reste de la semelle). La descente de charge obtenue est de 3434 kN.

5.2 - METHODE DE CALCUL

La justification du soutènement s'effectue en vérifiant :

- La capacité portante des micropieux
- La résistance structurelle des micropieux
- Le tassement en tête
- Le flambement des armatures

Ces vérifications sont menées selon la norme NF P 94-262 – Fondations profondes et l'Eurocode 3 – Calcul des structures en acier. Elles sont réalisées via le logiciel Foxta, module Groupi+ et Piecoef+. Les micropieux sont considérés comme encastres en tête.

5.2.1 - Vérification de la capacité portante des micropieux

Les calculs seront menés via la méthode de terrain décrite dans la norme NF P 94 262 et basée sur des résultats de profils d'essais de sols. La justification de la capacité portante de la fondation s'établit en vérifiant l'inégalité suivante :

$$F_{c;d} \leq R_{c;d} \quad (9.2.1.1)$$

$F_{c;d}$ est la valeur de calcul de la charge de compression axiale sur la fondation profonde ;

$R_{c;d}$ est la valeur de calcul de la portance de la fondation profonde.

Pour cette méthode, la valeur caractéristique de la portance $R_{c;k}$ doit être déterminée par :

$$R_{b;k} = A_b q_{b;k} \text{ et } R_{s;k} = \sum_i A_{s,i} q_{s,i;k} \quad (9.2.4.1) \text{ et } (9.2.4.2)$$

$$q_{b;k} = \frac{q_b}{\gamma_{R;d1} \gamma_{R;d2}} \text{ et } q_{s,i;k} = \frac{q_{s,i}}{\gamma_{R;d1} \gamma_{R;d2}} \quad (9.2.4.3) \text{ et } (9.2.4.4)$$

q_b désigne la valeur de la pression résistante limite à la base d'une fondation profonde ;

$q_{s,i}$ désigne la valeur de frottement axial unitaire limite de la fondation profonde pour la i ème couche de terrain ;

$q_{b;k}$ désigne la valeur caractéristique de la pression résistante limite à la base d'une fondation profonde ;

$q_{s,i;k}$ désigne la valeur caractéristique de frottement axial unitaire limite de la fondation profonde pour la i ème couche de terrain.

$\gamma_{R;d1}$ est la valeur du coefficient partiel de modèle lié à la dispersion du modèle de calcul (Article 9.2.5) ; sa valeur est présentée dans les annexes F et G ;

$\gamma_{R;d2}$ est la valeur du coefficient partiel lié au calage des méthodes de calcul décrites dans les annexes F et G sur la pratique antérieure (Article 9.2.5).

Les coefficients partiel $\gamma_{R;d1}$ et $\gamma_{R;d2}$ sont déterminés via le tableau suivant :

Tableau F.2.1 — Valeur des coefficients de modèle pour la méthode pressiométrique

	Procédure du « pieu modèle » (utilisation des coefficients ξ ou de l'Annexe D de la norme NF EN 1990)		Procédure du « modèle de terrain »	
	Procédure du « modèle de terrain »		$\gamma_{R;d2}$ Compression	$\gamma_{R;d2}$ Traction
	$\gamma_{R;d1}$ Compression	$\gamma_{R;d1}$ Traction		
Pieux non ancrés dans la craie de classe 1 à 7 hors pieux de catégorie 10 et 15	1,15	1,4	1,1	
Pieux ancrés dans la craie de classe 1 à 7 hors pieux de catégorie 10 et 15	1,4	1,7		
Pieux de catégorie 10, 15, 17, 18, 19 et 20 dans les sables, les sols intermédiaires et les roches	1,4	1,7		
Pieux de catégorie 10, 15, 17, 18, 19 et 20 dans l'argile, les craies et les marnes	2,0	2,0		

On retient pour des micropieux de catégorie 18 ancrés dans le calcaire, $\gamma_{R;d1} = 1,7$ en traction et 1,4 en compression) et $\gamma_{R;d2} = 1,1$ (traction et compression).

5.2.2 - Valeur caractéristique de frottement axial unitaire limite

La valeur caractéristique de frottement axial unitaire limite est calculée dans le calcaire. Elle est négligée dans les alluvions.

Elle est déterminée selon l'annexe F.5.2 de la norme NF P 94-262 telle que :

$$q_s(z) = \alpha_{\text{pieu-sol}} f_{\text{sol}} [p_l^*(z)] \quad (\text{F.5.2.1})$$

$p_l^*(z)$ est la pression limite nette à la profondeur z ;

$\alpha_{\text{pieu-sol}}$ est un paramètre adimensionnel qui dépend à la fois du type de pieu et du type de sol défini dans le tableau F.5.2.2 ;

f_{sol} est une fonction qui ne dépend que du type de sol et des valeurs de p_l^* .

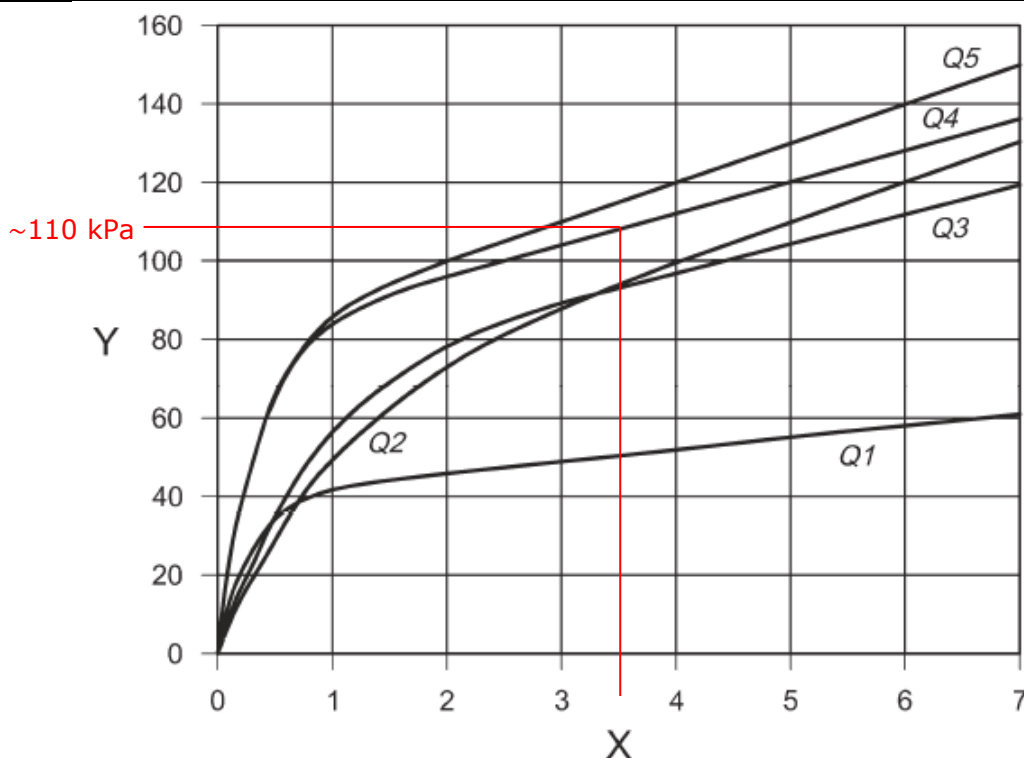
(3) Les fonctions f_{sol} sont définies pour les différents types de sol par les équations suivantes (Figure F.5.2.1) :

$$f_{\text{sol}} (p_l^*) = (ap_l^* + b) (1 - e^{-cp_l^*}) \quad (\text{F.5.2.2})$$

Les valeurs des paramètres a , b et c sont définies dans le tableau F.5.2.2 pour des valeurs de pression limite nette p_l^* en MPa et des valeurs f_{sol} en MPa.

Pour des micropieux de type II rattachés à des pieux forés simple de type 1, on obtient :

$\alpha_{\text{pieu-sol}}$	1,5 (marne et calcaire-marneux)
Courbe f_{sol}	Q4
$a ; b ; c$	0,008 ; 0,08 ; 3



Légende : $X : p_l^* \text{ [MPa]} - Y : f_{\text{sol}} \text{ [kPa]}$

Soit : $q_{s,k} = 1,5 * 110 = 165 \text{ kPa}$. Cette valeur est à pondérer par $\gamma_{R;d1}$ et $\gamma_{R;d2}$.

5.2.3 - Résistance structurale des micropieux

Il convient de satisfaire le critère suivant (§6.2.1 de la norme NF 94-262) :

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rd}} \leq 1,00$$

Avec :

N_{Ed} : valeur de calcul de l'effort normal

$M_{y,Rd}$ et $M_{z,Rd}$: valeur de calcul du moment fléchissant selon l'axe y ou z

5.2.4 - Vérification des micropieux au flambement

Pour une barre comprimée, la résistance au flambement est vérifiée par l'inégalité suivante :

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1.0$$

Avec :

N_{Ed} : valeur de calcul de l'effort de compression

$N_{b,Rd}$: résistance de calcul de la barre comprimée au flambement

La charge critique de flambement de calcul s'écrit (NF EN 1991-1-1) :

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi * A * f_y}{\gamma_{M1}}$$

Avec :

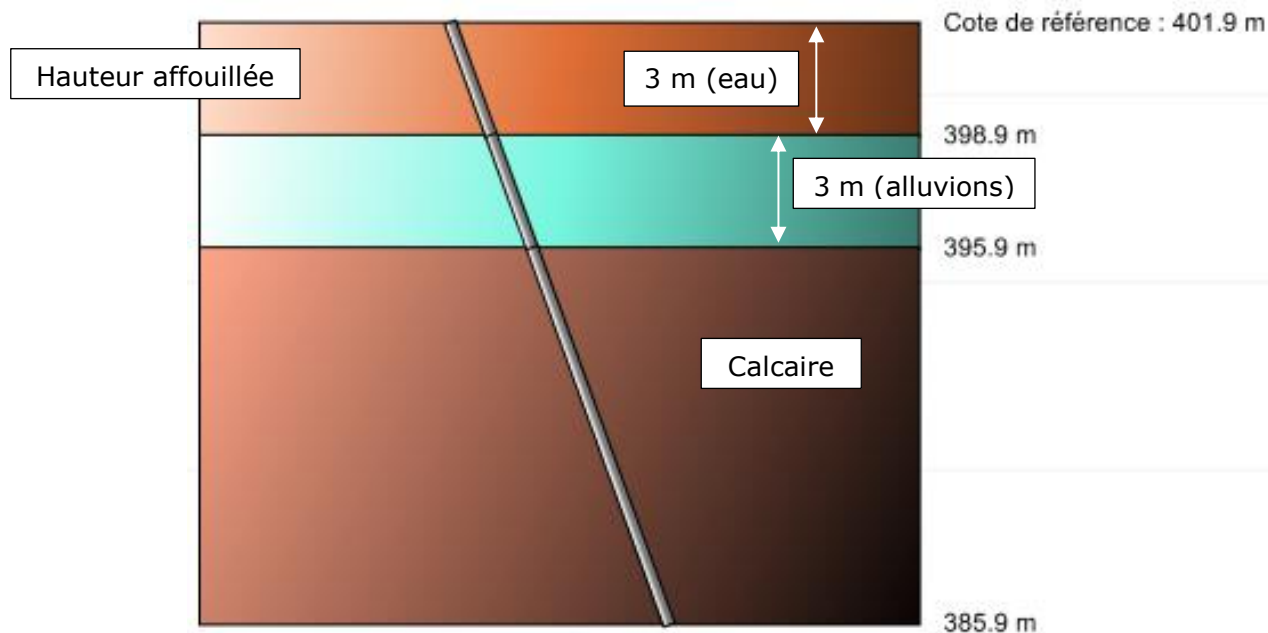
χ : coefficient de réduction fonction de l'effort normal critique de flambement élastique N_{cr} , calculé avec le module Piecoef+ de Foxta

A : la section transversale de la barre, prise **après corrosion**

f_y : limite élastique de l'acier, ici égale à 560 MPa

γ_{M1} : coefficient partiel sur le matériau

Le flambement sera vérifié pour un scénario défavorable en considérant la hauteur maximale affouillée d'alluvions soit 3 m (micropieux considérés hors sol sur 3 m). Soit :



Hypothèses pour la vérification au flambement

5.2.5 - Classe des micropieux

Les micropieux utilisés dans cette étude correspondent à des tubes creux. Pour les sections tubulaires, la norme donne :

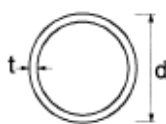
Sections tubulaires							
							
Classe	Section fléchie et/ou comprimée						
1	$d/t \leq 50\varepsilon^2$						
2	$d/t \leq 70\varepsilon^2$						
3	$d/t \leq 90\varepsilon^2$						
NOTE : Pour $d/t > 90\varepsilon^2$, voir l'EN 1993-1-6.							
$\varepsilon = \sqrt{235/f_y}$	f_y	235	275	355	420	460	
	ε	1,00	0,92	0,81	0,75	0,71	
	ε^2	1,00	0,85	0,66	0,56	0,51	

Tableau 5.2 de la norme NF P 94-262

En considérant $d = 168$ mm et $t = 15,8$ mm, les micropieux sont de classe 1.

5.2.6 - Coefficients partiels sur les résistances

Les coefficients partiels utilisés dans le dimensionnement sont donnés ci-dessous :

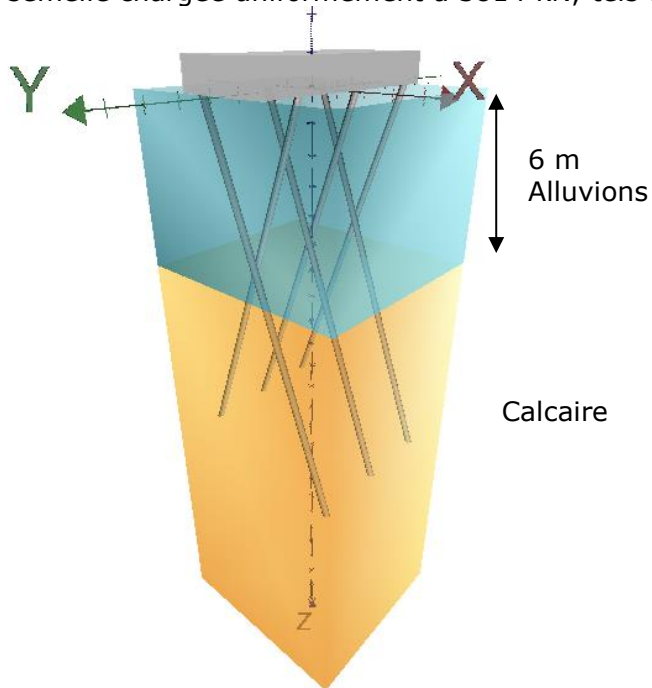
ELU durable et transitoire	compression	$\gamma_b \gamma_s \gamma_t$	1,1
	traction	$\gamma_{s;t}$	1,15
ELU accidentel	compression	$\gamma_b \gamma_s \gamma_t$	1
	traction	$\gamma_{s;t}$	1,05
ELS quasi-permanent	compression	γ_{cr}	1,1
	traction	$\gamma_{s;cr}$	1,5
ELS caractéristique	compression	γ_{cr}	0,9
	traction	$\gamma_{s;cr}$	1,1

5.3 - RESULTAT DES CALCULS

5.3.1 - Descentes de charge

Pile P1 et P2 :

Les efforts sont calculés avec le logiciel Foxta en considérant 6 pieux inclinés à 20°/verticale, encastrés en tête, avec une semelle chargée uniformément à 3814 kN, tels que :



Modèle Foxta – Pile P1 et P2

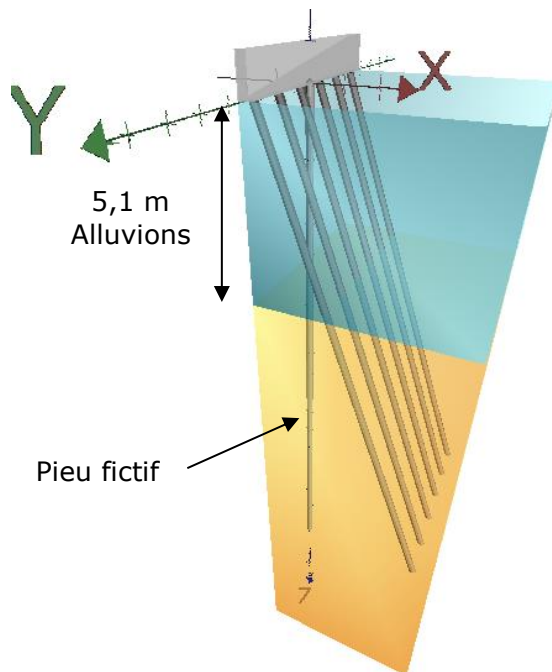
Les efforts obtenus sont les suivants. On retiendra le cas le plus défavorable soit le pieux n°2. Il s'agit des efforts obtenus en tête des micropieux.

N°pieu	T1 [kN]	M1 [kN.m]	T2 [kN]	M2 [kN.m]	Tz [kN]	Mz [kN.m]
1	40,4	-25,4	18,5	-10,5	568,4	0,001
2	-0,9	0,6	-18,5	10,5	772,4	0,001
3	20,4	-12,8	18,5	-10,5	670,5	0,001
4	-20,6	12,9	-18,5	10,5	670,0	0,001
5	0,9	-0,6	18,5	-10,5	768,3	0,001
6	-40,2	25,2	-18,5	10,5	564,7	0,001

Culée C3 :

Les efforts sont calculés avec le logiciel Foxta en considérant 6 pieux inclinés à 20°/verticale encastrés en tête, avec une semelle chargée uniformément à 3434 kN tels que :

Afin de bloquer le déplacement de la semelle pour modéliser la culée, un artifice de calcul est introduit. Il s'agit d'un pieu vertical fictif au produit d'inertie très élevé. Il est modélisé très peu rigide afin de ne pas modifier les efforts repris en tête par les micropieux.



Modèle Foxta - Culée C3

Il s'agit des efforts obtenus en tête des micropieux.

N°pieu	T1 [kN]	M1 [kN.m]	T2 [kN]	M2 [kN.m]	Tz [kN]	Mz [kN.m]
1	-43,4	26,4	0	0	593,3	0
2	-43,4	26,4	0	0	593,3	0
3	-43,4	26,4	0	0	593,3	0
4	-43,4	26,4	0	0	593,3	0
5	-43,4	26,4	0	0	593,3	0
6	-43,4	26,4	0	0	593,3	0

5.3.2 - Vérification de la capacité portante des micropieux

Pile P1 et P2 :

Les descentes de charge calculées donnent $F_{c,d} = 772$ kN.

En considérant un diamètre de forage de 250 mm et un ancrage dans le calcaire de 11 m, la résistance à la compression d'un micropieu est :

$$R_{c,d} = 825 \text{ kN} > F_{c,d} = 772 \text{ kN}$$

admissible pour un maillage de 6 micropieux par pile avec un coefficient de sécurité de 1,07.

Soit :

- 6 micropieux 17 m de long fichés de 11 m dans le calcaire
- Inclinaison : 20° avec la verticale
- Diamètre de forage : 250 mm

Culée C3 :

Les descentes de charge calculées donnent $F_{c,d} = 593$ kN.

En considérant un diamètre de forage de 250 mm et un ancrage dans le calcaire de 10 m, la résistance à la compression d'un micropieu est :

$$R_{c,d} = 750 \text{ kN} > F_{c,d} = 593 \text{ kN}$$

admissible pour un maillage de 6 micropieux par pile avec un coefficient de sécurité de 1,3.

Soit :

- 6 micropieux 16 m de long fichés de 10 m dans le calcaire
- Inclinaison : 20° avec la verticale
- Diamètre de forage : 250 mm

Le détail des calculs est visible en annexe.

5.3.3 - Vérification de la résistance structurale des micropieux

Pile P1 et P2 :

En prenant en compte le cas le plus défavorable :

- $M_{x,Ed} = 26 \text{ kN.m}$
- $M_{y,Ed} = 11 \text{ kN.m}$
- $N_{Ed} = 772 \text{ kN}$

L'inégalité suivante est vérifiée :

$$\frac{772}{3974} + \frac{11}{138} + \frac{26}{138} = 0,46 \leq 1,00$$

Par ailleurs, l'effort tranchant est largement admissible pour les armatures ($V_{Ed} = 40,4 \ll V_{Rd} = 1461 \text{ kN}$).

La résistance structurale des micropieux est donc vérifiée.

Culée C3 :

En prenant en compte le cas le plus défavorable :

- $M_{x,Ed} = 0 \text{ kN.m}$
- $M_{y,Ed} = 0 \text{ kN.m}$
- $N_{Ed} = 538 \text{ kN}$

L'inégalité suivante est vérifiée :

$$\frac{538}{3974} + \frac{26,4}{138} = 0,33 \leq 1,00$$

Par ailleurs, l'effort tranchant est largement admissible pour les armatures ($V_{Ed} = 43,4 \ll V_{Rd} = 1461 \text{ kN}$).

La résistance structurale des micropieux est donc vérifiée.

5.3.4 - Vérification au flambement

La vérification est faite pour le cas le plus défavorable :

- 3 m de longueur libre dans l'eau
- 3 m dans les alluvions
- 11 m dans le calcaire
- Chargement en tête du micropieu de 772 kN

Le module Piecoef+ donne (cf. annexe) $N_{cr} = 7954 \text{ kN}$

Soit : $\chi = 0,72$ soit $N_{b,Rd} = 2863 \text{ kN}$

L'inégalité suivante est vérifiée :

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{772 \text{ kN}}{2863 \text{ kN}} \leq 1,0$$

Le flambement est vérifié pour des micropieux de 168 mm de diamètre épaisseur 15,8 mm pour les piles et la culée.

5.3.5 - Tassement

Piles P1 et P2 :

Un tassement théorique de 0,5 cm est obtenu, considéré acceptable.

Culée C3 :

Un tassement théorique de 0,5 cm est obtenu, considéré acceptable.

5.3.6 - Récapitulatif

Piles P1 et P2

- 6 micropieux 17 m de long fichés de 11 m dans le calcaire (pour chaque pile)
- Inclinaison : 20° avec la verticale
- Diamètre de forage : 250 mm
- Micropieux $\varnothing$ 168 ep.15,8 mm

Culée C3

- 6 micropieux 16 m de long fichés de 10 m dans le calcaire
- Inclinaison : 20° avec la verticale
- Diamètre de forage : 250 mm
- Micropieux $\varnothing$ 168 ep.15,8 mm

5.3.7 - Liaison en tête

Les têtes de micropieux seront noyées dans des longrines béton armé via des platines en acier. Ces longrines de couronnement des micropieux devront être structurellement liaisonnées aux structures existantes (piles + culée) de façon à permettre le transfert des efforts.

La vérification des dimensions de la platine et le dimensionnement du ferrailage de la longrine béton armé sera faite en phase d'exécution.

5.4 - COUT ET DUREE DES SOLUTIONS

Les couts et les durées des travaux présentés ci-dessous sont donnés à titre indicatif et ne constituent pas un chiffrage ou un planning arrêté.

La solution de confortement est estimée à 211 k€ pour une durée de 6 à 7 semaines hors période de préparation.

L'intervention en rivière nécessitera l'établissement d'un dossier Loi sur l'Eau avec une problématique d'impact sur une zone Natura2000. L'accès aux piles et à la culée sera fait par la création d'une piste de chaque côté du pont ou une machine de forage sur barge.

L'inclinaison des micropieux permet également une meilleure reprise des efforts horizontaux pouvant survenir lors des affouillements piles.

Est donné ci-dessous un détail estimatif. Ces prix comprennent les procédures d'une intervention en rivière, qui pourront être intégrées aux autres interventions (arasement du seuil, recherche sédimentaire...) :

Poste	Unité	Prix unitaire HT	Qts ou long. d'appli.	Quantité unitaire	Quantité ouvrage	Aléas	Total quantité	Montant partiel
Installation et repli de chantier								
Installation de chantier	F	40 000,00 €	1	1	1	0%	1	40 000,00 €
Accès aux piles - création de piste	F	20 000,00 €	1	1	1	0%	1	20 000,00 €
Abattage	U	200,00 €	1	1	4	20%	5	1 000,00 €
Battardage	F	25 000,00 €	1	1	1	0%	1	25 000,00 €
Mesures de protection dans le cadre Natura2000	F	10 000,00 €	1	1	1	0%	1	10 000,00 €
Etude d'exécution - DOE - protection des réseaux - Dossier Loi sur l'Eau	F	10 000,00 €	1	1	1	0%	1	10 000,00 €
Solution B								
Longrine en BA (coffrage, ferrailage, coulage)	m3	1 000,00 €	2,08	2	4	20%	10	10 000,00 €
Micropieux (forage, fourniture, scellement)	ml	250,00 €	300	1	300	20%	360	90 000,00 €
Essai de traction de conformité	U	1 500,00 €	2	1	2	0%	2	3 000,00 €
Essai de traction de contrôle	U	600,00 €	3	1	3	0%	3	1 800,00 €

5.5 - RECOMMANDATIONS GENERALES

5.5.1 - Contrainte environnementale

Les travaux seront réalisés dans un milieu fragile (cours d'eau classé en site Natura2000 au titre de la directive habitat et de la directive oiseau). De ce fait, d'importantes contraintes pourront être imposées pendant les travaux. L'ensemble de ces mesures devra être détaillé lors de la rédaction d'un dossier Loi sur l'Eau déposés et validé préalablement au démarrage des travaux.

Une sécurité vis-à-vis des crues devra être observée. Pour minimiser le risque et faciliter les opérations, les travaux pourront être réalisés en période d'étiage. Toutefois, il est nécessaire que l'entreprise qui réalisera les travaux respecte certaines précautions, en particulier une vigilance par rapport à la météorologie et au niveau du Dessoubre (www.vigicrue.gouv.fr). Aucun matériaux ne devra être stocké à proximité immédiate du lit et les engins devront être mis en sécurité en fin de journée.

5.5.2 - Contrainte géométrique

Le pont est de faible hauteur (5 m en moyenne sous le tablier au droit des piles). **Cette hauteur représente une contrainte dans le choix des machines de forage, dont le mât devra être adapté à la hauteur sous le tablier.** Celles-ci devront permettre de forer des micropieux de 16 à 17 m dans un espace réduit.

A noter que les armatures prévues pèsent 55 kg/ml. Les tubes ne pourront pas être manipulés par un opérateur seul.

5.5.3 - Contrainte d'accès

La solution demandera une intervention en rivière avec l'aménagement d'une piste depuis chaque berge pour amener la machine de forage jusqu'aux piles. Cette machine peut également être disposée sur une barge. Il s'agit de solutions lourdes. Elles seront accompagnées par la mise en place d'un batardeau entourant les piles pour assécher la zone de travail.

5.5.4 - Sensibilité de l'ouvrage

Le pont de la Voyèze est un ouvrage ancien (fondation antérieure à 1820, tablier réalisé en 2010) réalisé en maçonnerie bétonnée, avec des reprises en béton, et des fondations a priori sur des alluvions. L'ensemble est sensible aux vibrations induites par les forages.

Il sera nécessaire d'instrumenter le pont pendant la réalisation des forages.

5.5.5 - Réalisation des pistes d'accès

La zone de travaux devra être mise à sec avec un batardeau. Une pêche de sauvegarde et une capture des espèces éventuellement présentes sur site seront réalisées.

Des abattages d'arbres ponctuels seront réalisés, limités aux zones de création des pistes d'accès au lit de la rivière.

Les travaux s'effectuent dans le lit majeur du Dessoubre. Des mesures particulières pour réduire les impacts des travaux seront à mettre en œuvre :

- Des places de dépôt pour le matériel nécessaire au chantier seront définies pour le mettre hors d'atteinte de toutes eaux
- Aucun matériau non utilisé dans la journée ne soit stocké dans lit
- Substances potentiellement polluantes (huiles, hydrocarbures...) seront stockées hors de la zone d'expansion de crue
- Prévention des pollutions chimiques accidentelles
- Des kits anti-pollution seront mis à disposition sur site par l'entreprise (bac + feuilles absorbantes + géotextile filtre type bidim pour contention
- Une fois les travaux terminés, les lieux seront remis en état. Les matériaux utilisés pour la réalisation de la piste d'accès seront évacués.
- Afin de minimiser les risques en périodes de crues, les travaux seront programmés, de préférence, lorsque les probabilités d'occurrence des crues sont minimales.

5.5.6 - Réalisation des micropieux

Les dispositions générales de réalisation d'une reprise en sous-œuvre par micropieux devront être appliquées comme suivant :

- Les micropieux devront être réalisés par une entreprise spécialisée, conformément aux recommandations de la norme NF EN 14199
- Une vigilance particulière devra être apportée à la réalisation de la liaison entre les micropieux et la longrine de couronnement
- Les micropieux seront liaisonnés en tête par une longrine, elle-même liaisonnée au mur repris en sous-œuvre. Une vigilance particulière devra être apportée à la réalisation de ces liaisons. Un dimensionnement structurel devra être réalisé dans le but de permettre une parfaite transmission des efforts de l'ouvrage repris vers la tête des micropieux
- Les micropieux seront injectés et scellés au ciment pur, sous faible pression (IGU), respectant un rapport C/E > 2 et un dosage minimum égal à 1200 kg/m³
- La composition des ciments à mettre en œuvre devra tenir compte de l'agressivité éventuelle des eaux
- Réalisation d'une fiche de foration par micropieux

- Adaptation des longueurs de scellement des micropieux à la géologie réelle
- Les outils et méthodes de forage seront adaptés à chaque couche de sol rencontrée et devront permettre de respecter l'ancrage souhaité.
- Il conviendra d'attirer l'attention de l'Entreprise sur les risques de pertes d'injections et les difficultés potentielles de réalisation des micropieux dans ce contexte alluvionnaire (blocométrie pouvant être importante)

Un dossier de récolement devra être réalisé comprenant, le plan de récolement des micropieux, et un cahier intégrant toutes les fiches de forage (identification du micropieu, profondeur, coupe géologique, date d'exécution, volume de béton, anomalies d'exécution,)

Un rapport spécifique sur les essais de contrôle devra être fourni dans le dossier de récolement des ouvrages le cas échéant.

5.6 - INCERTITUDES ET ALEAS

5.6.1 - Caractéristiques mécaniques

Les calculs de micropieux ont été réalisés à l'aide de valeurs de frottement latéral (q_s) issues d'abaques. Ces valeurs devront être confirmées par des essais de traction de conformité réalisés dans le calcaire (2 essais au minimum à réaliser).

5.6.2 - Descentes de charge

Les descentes de charge utilisées pour le dimensionnement des micropieux n'intégraient pas la prise en compte d'effets dynamiques (vitesse du courant sur les micropieux dans le cas d'un transport solide lors des crues ni la prise en compte d'un choc d'embâcles contre les piles). Ces éléments devront potentiellement être pris en compte en phase d'exécution (à confirmer et préciser par le Maître d'œuvre de l'opération)

De même, l'hypothèse de descente de charge faite sur la culée doit être confirmée par le Maître d'œuvre.

5.6.3 - Longrine de fixation

Au droit des piles P1 et P2 et de la culée C3, les têtes de micropieux seront mises en place dans des longrines en béton armé. Afin d'assurer le report des charges supportés par les piles et la culée dans les micropieux, un liaisonnement soigné des longrines à la maçonnerie devra être réalisé. Ce liaisonnement devra être étudié par un bureau d'étude spécialisé.

Les longrines supportant les têtes de micropieux seront ferraillées. Le ferraillage devra être calculé et précisé par un bureau d'étude structure spécialisé.

5.6.4 - Modèle géologique et suivi

Il nous apparaît nécessaire qu'un suivi de l'avancement de la réalisation de l'ouvrage soit réalisé afin de confirmer ou infirmer les hypothèses géotechniques. Dans ce sens les forages pourront constituer des reconnaissances à l'avancement.

Des éléments nouveaux détectés au cours du chantier peuvent rendre caduques certaines conclusions du présent rapport et remettre en cause les dispositifs décrits. Il pourrait s'agir :

- D'une position des horizons géologiques qui ne serait pas concordante avec le modèle géologique interprété. Notamment, au droit de la culée C3, la position du calcaire est issue d'une extrapolation et peut varier.
- De nature de matériaux différents et de plus mauvaise qualité géotechnique que celles prévues
- De zones décomprimées/altérées étendues par rapport au modèle considéré

Les conditions géologiques, géotechniques et hydrogéologiques, reconnues ou supposées, et l'ouvrage nécessiteront un contrôle et une surveillance géotechnique lors de l'exécution qui pourront être réalisés dans le cadre d'une mission de suivi d'exécution (mission G3 phase Suivi) et d'une mission de supervision géotechnique d'exécution (mission G4).

5.6.5 - Enchaînement des missions géotechniques

Une mission géotechnique d'exécution (G3) à la charge du titulaire du marché de travaux comprendra *a minima* :

- la définition et la réalisation d'un programme de reconnaissances et essais complémentaires si jugés nécessaires par l'Entreprise de travaux (mission G3 – phase étude)
- la justification des ouvrages basée sur des modèles géotechniques établis selon les résultats de l'ensemble des reconnaissances et essais (mission G3 – phase étude)
- la mise à jour éventuelle des modèles géotechniques et adaptation des ouvrages de confortement d'après le suivi géotechnique d'exécution (mission G3 – phase suivi)

Par ailleurs, il est recommandé que les travaux fassent l'objet d'une supervision géotechnique en phase d'exécution (mission G4), à la charge du maître d'ouvrage.

ANNEXES

Annexe 1

Restauration de la continuité écologique sur le secteur aval du Dessoubre au droit des seuils de « Fleurey », « Neuf Gouffre » et la « Voyèze », Diagnostic – Avant-projet et propositions, ref. 4 16 1946, 13/09/2019, Artelia



Restauration de la continuité écologique sur le secteur aval du Dessoubre au droit des seuils de « Fleurey », « Neuf Gouffre » et la « Voyèze »

DIAGNOSTIC – AVANT-PROJET ET PROPOSITIONS – OUVRAGE DE LA VOYEZE

Indice :	Etabli par :	Le :	Vérifié par :	Le :
A	APT	18/09/2019	NDU	13/09/20159
B				
C				

Ville & Transport - INE

Agence de Bourgogne / Franche-Comté

21, Avenue Albert Camus
21000 DIJON
Tel. : +33 (0)3 80 78 95 50



ARTELIA
Passion & Solutions

Restauration de la continuité écologique sur le secteur aval du Dessoubre au droit des seuils de « Fleurey », « Neuf Gouffre » et la « Voyèze »
Diagnostic – Avant-Projet et propositions – Ouvrage de la Voyèze

SOMMAIRE

Section 1	Préambule	6
1.	CONTEXTE ET OBJECTIFS DE LA MISSION	7
2.	SECTEURS D'ETUDE	8
3.	DONNEES D'ENTREE	10
4.	OBJET DU PRESENT RAPPORT	10
Section 2	Etat des lieux & diagnostic	11
1.	CONTEXTE HYDROLOGIQUE	12
1.1.	CARACTERISTIQUE DU BASSIN VERSANT	12
1.2.	HYDROLOGIE DU DESSOUBRE	12
1.2.1.	Données d'entrée	12
1.2.2.	Synthèse des données disponibles	13
1.2.2.1.	DEBITS CARACTERISTIQUES	13
1.2.2.2.	DEBITS CLASSES	13
2.	FONCTIONNEMENT GEOMORPHOLOGIQUE	14
2.1.	CONTEXTE GEOLOGIQUE	14
2.2.	ANALYSE HISTORIQUE ET PRINCIPALES EVOLUTIONS MORPHOLOGIQUES	17
2.2.1.	Données d'entrée	17
2.2.2.	Analyse historique et action anthropique	17
2.2.3.	Historique des crues	18
2.2.4.	Evolution de la vallée et style morphologique	19
2.2.5.	Synthèse	21
2.3.	CARACTERISTIQUES MORPHOMETRIQUES	22
2.3.1.	Méthode et protocole de terrain	22
2.3.2.	Analyse de la largeur et de la profondeur de plein bord	23
2.3.2.1.	LARGEUR DE PLEIN BORD	23
2.3.2.2.	PROFONDEUR DE PLEIN BORD	27
2.3.2.3.	RAPPORT LARGEUR/PROFONDEUR DE PLEIN BORD	27
2.3.3.	Analyse du profil en long	27
2.4.	ANALYSE GEOMORPHOLOGIQUE	30
2.4.1.	Activité morpho-sédimentaire	30
2.4.1.1.	NOTION D'APPORTS SOLIDES	30
2.4.1.2.	OBSERVATIONS DE TERRAIN ET IMPACT DES OUVRAGES	31
2.4.1.3.	CAPACITES DE CHARRIAGE	38
2.4.2.	Capacités d'ajustement morphologique	39
2.4.2.1.	PUISSANCE SPECIFIQUE	39
2.4.2.2.	FORCES TRACTRICES	40
2.4.2.3.	SYNTHESE	41
2.5.	CONSTAT D'EQUILIBRE ET TENDANCE EVOLUTIVE	41
2.5.1.	Profil en long	41
2.5.2.	Mobilité latérale	41
2.5.3.	Zoom sur les risques induits par le dérasement des ouvrages	41
2.6.	CONCLUSION SUR LA COMPOSANTE GEOMORPHOLOGIQUE	42
3.	CONTEXTE HYDRO-ECOLOGIQUE	43
3.1.	DESCRIPTION DU PEUPLEMENT ET DES ENJEUX LOCAUX	43
3.1.1.	Classement des cours d'eau	43
3.1.2.	Contexte piscicole	43
3.1.3.	Classement en catégories piscicoles	44

Restauration de la continuité écologique sur le secteur aval du Dessoubre au droit des seuils de « Fleurey », « Neuf Gouffre » et la « Voyèze »

Diagnostic – Avant-Projet et propositions – Ouvrage de la Voyèze

3.2.	PEUPLEMENT PISCICOLE	44
3.2.1.	Nature du peuplement	44
3.2.2.	Evolution au cours des dernières décennies	46
3.2.3.	Qualité de l'habitat piscicole	46
3.2.4.	Statuts de protection des espèces piscicoles	48
4.	LA VALLEE DU DESSOUBRE ET SA RICHESSE ECOLOGIQUE	49
4.1.	LA VALLEE DU DESSOUBRE, DE LA REVEROTTE ET DU DOUBS	49
4.1.1.	Présentation de la zone Natura 2000	49
4.1.2.	Principaux habitats naturels et espèces patrimoniales	49
4.2.	AUTRES ZONES REGLEMENTAIRES	50
4.3.	CARTE DE SYNTHESE	51
	Section 3 Aménagement de l'ouvrage de la Voyèze	52
1.	PRESENTATION DE L'OUVRAGE DE LA VOYEZE	53
1.1.	NATURE ET FONCTIONNEMENT DU COMPLEXE	53
1.1.1.	Déversoir de la Voyèze	53
1.1.2.	Vanne de décharge	54
1.1.3.	Canal usinier	54
1.2.	CONTEXTE PHYSIQUE ET ECOLOGIQUE	55
1.3.	PRINCIPAUX EFFETS DU SEUIL	56
1.4.	PRINCIPAUX ENJEUX DU COMPLEXE	56
1.4.1.	Bâti riverain	56
1.4.2.	Pont de la Voyèze	56
1.4.3.	Passe à poissons de la Vauclusotte	58
2.	FONCTIONNEMENT HYDRAULIQUE	59
2.1.	PREMIERS ELEMENTS HYDRAULIQUE	59
2.2.	METHODOLOGIE	59
2.3.	MODELISATION HYDRAULIQUE	60
2.3.1.	Hypothèse de calcul	60
2.3.2.	Calage du modèle	60
2.3.3.	Sensibilité du modèle	61
2.3.4.	Résultats	61
2.3.4.1.	HAUTEUR DE CHUTE	61
2.3.4.2.	REMOUS LIQUIDE	61
2.3.4.3.	VITESSES AU DROIT DU COMPLEXE HYDRAULIQUE	62
2.3.4.4.	EVALUATION DE L'AFFOUILLEMENT AU DROIT DU PONT DE LA VOYEZE A L'ETAT INITIAL	63
3.	CONTEXTE GEOTECHNIQUE DU SITE	64
3.1.	OBJECTIFS	64
3.2.	RESULTATS DES INVESTIGATIONS	65
3.2.1.	Diagnostic visuel	65
3.2.2.	Mission d'études d'avant-projet	66
4.	PHILOSOPHIE GENERALE D'INTERVENTION	68
4.1.	ATTENTES DU MAITRE D'OUVRAGE	68
4.2.	ETUDES ANTERIEURES	68
4.3.	LOGIQUE D'INTERVENTION PROPOSEE	68
5.	FAISABILITE TECHNIQUE DU DERASEMENT DE L'OUVRAGE	70
5.1.	CONSTRAINTES LOCALES ET INCERTITUDES	70
5.1.1.	Bâti riverain	70
5.1.2.	Ouvrage d'art	73
5.1.3.	Continuité écologique du ruisseau de la Vauclusotte	74
5.2.	ANALYSE HYDRAULIQUE DE L'EFFACEMENT	74
5.3.	SYNTHESE DE L'ETUDE DE FAISABILITE	78

Restauration de la continuité écologique sur le secteur aval du Dessoubre au droit des seuils de « Fleurey », « Neuf Gouffre » et la « Voyèze »

Diagnostic – Avant-Projet et propositions – Ouvrage de la Voyèze

6.	SCENARIOS ALTERNATIFS	79
6.1.	SCENARIO 1 : ARASEMENT DE L'OUVRAGE	79
6.1.1.	Principes d'intervention	79
6.1.2.	Implantation	79
6.1.3.	Arasement de l'ouvrage franchissable de conception	80
6.1.4.	Recharge sédimentaire	80
6.1.5.	Accompagnement du bâti	81
6.1.6.	Reprise de la passe à poissons	81
6.1.7.	Principales incidences	81
6.1.8.	Contraintes réglementaires	83
6.1.9.	Estimation financière	83
6.2.	SCENARIO 2 : ABAISSEMENT DE L'OUVRAGE	83
6.2.1.	Principe d'intervention	83
6.2.2.	Implantation	84
6.2.3.	Abaissement de l'ouvrage	84
6.2.4.	Restauration de la continuité écologique	87
6.2.4.1.	HYPOTHESES DE DIMENSIONNEMENT	87
6.2.4.2.	IMPLANTATION	88
6.2.4.3.	TYPES DE DISPOSITIF	88
6.2.4.4.	PRE-DIMENSIONNEMENT : PASSE A BASSINS SUCCESSIFS	88
6.2.4.5.	RESULTATS DE FONCTIONNEMENT DE LA PASSE A POISSONS	91
6.2.5.	Accompagnement du bâti	92
6.2.6.	Reprise de la passe à poisson de la Vauclusotte	93
6.2.7.	Principales incidences attendues	94
6.2.7.1.	IMPACT HYDRAULIQUE	94
6.2.7.2.	IMPACT MORPHO-SEDIMENTAIRE	94
6.2.7.3.	IMPACT SUR LA CONTINUITE ECOLOGIQUE ET HABITATS AQUATIQUES	94
6.2.7.4.	IMPACT SUR LE PLAN PAYSAGER	94
6.2.8.	Contraintes réglementaires	94
6.2.9.	Estimation financière	95
6.3.	SCENARIO 3 : CREATION D'UN DISPOSITIF DE FRANCHISSEMENT	95
6.3.1.	Principe d'intervention	95
6.3.2.	Restauration de la continuité piscicole	95
6.3.2.1.	HYPOTHESES DE DIMENSIONNEMENT	95
6.3.2.2.	IMPLANTATION	96
6.3.2.3.	TYPES DE DISPOSITIF	96
6.3.2.4.	PRE-DIMENSIONNEMENT	96
6.3.2.5.	RESULTATS DE FONCTIONNEMENT DE LA PASSE A POISSONS	98
6.3.3.	Principales incidences attendues	100
6.3.3.1.	IMPACT HYDRAULIQUE	100
6.3.3.2.	IMPACT MORPHO-SEDIMENTAIRE	100
6.3.3.3.	IMPACT SUR LA CONTINUITE ECOLOGIQUE ET HABITATS AQUATIQUES	100
6.3.3.4.	IMPACT SUR LE PLAN PAYSAGER	100
6.3.4.	Contraintes réglementaires	100
6.3.5.	Estimation financière	100
7.	BILAN DE L'AMENAGEMENT DE L'OUVRAGE	101
7.1.	LIMITES ET BESOINS D'ETUDES COMPLEMENTAIRES	101
7.1.1.	Bâti et ouvrage d'art riverain au barrage de la Voyèze	101
7.1.2.	Conception de passe à poissons	101
7.2.	COMPARAISON MULTI-CRITERE DES SOLUTIONS ALTERNATIVES	102
7.3.	RECOMMANDATIONS ARTELIA	103

Restauration de la continuité écologique sur le secteur aval du Dessoubre au droit des seuils de « Fleurey », « Neuf Gouffre » et la « Voyèze »

Diagnostic – Avant-Projet et propositions – Ouvrage de la Voyèze

TABLEAUX

TABL. 1 - STATION HYDROMETRIQUE DE SAINT-HIPPOLYTE	13
TABL. 2 - DEBITS CARACTERISTIQUE DE LA STATION LA PLUS PROCHE	13
TABL. 3 - DEBITS CLASSEES CARACTERISTIQUES	14
TABL. 4 - RELEVES DES PRINCIPALES CRUES	18
TABL. 5 - ANALYSE DU PARAMETRE DE SHIELDS	29
TABL. 6 - SYNTHÈSE DES MESURES GRANULOMETRIQUES (EN MM)	38
TABL. 7 - CALCUL DES PUISSANCES SPECIFIQUES DU DESSOUBRE	40
TABL. 8 - CALCUL DES FORCES TRACTRICES DU DESSOUBRE SUR LE SECTEUR D'ETUDE	40
TABL. 9 - REPARTITION DES DIFFERENTES ESPECES LE LONG DU DESSOUBRE	45
TABL. 10 - IAM OBTENUS SUR LES STATIONS DU DESSOUBRE	47
TABL. 11 - STATUTS ET MESURES DE PROTECTION DES ESPECES PISCICOLES RECENSEES	48
TABL. 12 - LISTES DES ZONES D'INTERET ECOLOGIQUE	50
TABL. 13 - HISTORIQUES DES INONDATIONS SUR LA COMMUNE DE LA VAUCLUSOTTE (GEORISQUES)	59
TABL. 14 - DONNEES DE CALAGE DU MODELE HYDRAULIQUE	61
TABL. 15 - HAUTEUR DE CHUTE – VOYEZE	61
TABL. 16 - REMOUS HYDRAULIQUE – VOYEZE	61
TABL. 17 - EVALUATION DE L'AFFOUILLEMENT THEORIQUE (Q2) – VOYEZE	64
TABL. 18 - SYNTHÈSE DE L'IMPACT DE L'EFFACEMENT SUR LES NIVEAUX D'EAU	76
TABL. 19 - SYNTHÈSE DE L'IMPACT DE L'EFFACEMENT SUR LES VITESSES D'ECOULEMENT	76
TABL. 20 - SYNTHÈSE DE L'IMPACT DE L'EFFACEMENT SUR LES FORCES TRACTRICES EN CRUE BIENNALE	77
TABL. 21 - AFFOUILLEMENT AU DROIT DU PONT DE LA VOYEZE APRES EFFACEMENT	78
TABL. 22 - SYNTHÈSE DE L'IMPACT DE L'EFFACEMENT SUR LES NIVEAUX D'EAU (RAMPE DE FOND)	82
TABL. 23 - SYNTHÈSE DE L'IMPACT DE L'EFFACEMENT SUR LES VITESSES (RAMPE DE FOND)	82
TABL. 24 - ARASEMENT PARTIEL DU BARRAGE VOYEZE – CHUTE RESIDUELLE A AMENAGER	87
TABL. 25 - VARIATION DES NIVEAUX D'EAU ET DE LA HAUTEUR DE CHUTE	88
TABL. 26 - PASSE A BASSINS SUCCESSIFS - CRITERES HYDRAULIQUES POUR LES ESPECES CIBLES	89
TABL. 27 - CARACTERISTIQUE DE LA PASSE A BASSINS	90
TABL. 28 - RESULTATS DE FONCTIONNEMENT - QMNA5	91
TABL. 29 - RESULTATS DE FONCTIONNEMENT - QMODULE	92
TABL. 30 - RESULTATS DE FONCTIONNEMENT - Q3*MODULE	92
TABL. 31 - SYNTHÈSE DES FORCES TRACTRICES ENTRE LE PONT ET LE BARRAGE DE LA VOYEZE (CRUE BIENNALE)	93
TABL. 32 - INCIDENCES SUR LA LIGNE D'EAU AVAL DE LA PASSE A POISSONS DE LA VAUCLUSOTTE	93
TABL. 33 - INCIDENCES SUR LA LIGNE D'EAU AMONT	94
TABL. 34 - VARIATION DES NIVEAUX D'EAU ET DE LA HAUTEUR DE CHUTE	96
TABL. 35 - CARACTERISTIQUES DE LA PASSE A POISSONS A BASSINS SUCCESSIFS	97
TABL. 36 - RESULTATS DE FONCTIONNEMENT - QMNA5	98
TABL. 37 - RESULTATS DE FONCTIONNEMENT - QMODULE	99
TABL. 38 - RESULTATS DE FONCTIONNEMENT - Q3*MODULE	99

FIGURES

FIG. 1. LOCALISATION DES TROIS COMPLEXES HYDRAULIQUES SUR LE DESSOUBRE	8
FIG. 2. SECTEURS D'ETUDE	9
FIG. 3. CARTE (MODIFIEE) DU BASSIN VERSANT DU DESSOUBRE ET DU TRONÇON CONCERNE PAR L'ETUDE (SOURCE SMIX)	12
FIG. 4. COURBE DES DEBITS CLASSES DU DESSOUBRE SUR LE SECTEUR D'ETUDE	13
FIG. 5. EXTRAIT DE LA CARTE GEOLOGIQUE 1/50 000 ^E (FEUILLES DE MAICHE)	14
FIG. 6. FORMATIONS DE TUF SUR LE SECTEUR D'ETUDE	16
FIG. 7. RESURGENCE KARSTIQUES DU DESSOUBRE	16
FIG. 8. LOCALISATION DE SUPPRESSION DE BLOCS SUR LE DESSOUBRE - VIEUX MOULINS	17
FIG. 9. DESSOUBRE LORS DE LA CRUE EN JANVIER 2018	19
FIG. 10. PHOTOGRAPHIES AERIENNES DE 1937 (A GAUCHE) ET DE 1951 (A DROITE)	20
FIG. 11. PHOTOGRAPHIES AERIENNES DE 1980 (A GAUCHE) ET DE 1990 (A DROITE)	20
FIG. 12. EVOLUTION DE LA LARGEUR DE PLEIN BORD	23
FIG. 13. CARTE DE LOCALISATION DES LARGEURS DE PLEIN BORD – SEUIL DE LA VOYEZE	24
FIG. 14. CARTE DE LOCALISATION DES LARGEURS DE PLEIN BORD – SEUIL DE FLEUREY	25
FIG. 15. CARTE DE LOCALISATION DES LARGEURS DE PLEIN BORD – SEUIL DE NEUF-GOUFFRE	26
FIG. 16. EVOLUTION DE LA HAUTEUR DE PLEIN BORD	27
FIG. 17. PROFIL EN LONG DU FOND DU LIT DU DESSOUBRE – OUVRAGE DE LA VOYEZE	28
FIG. 18. PROFIL EN LONG DU FOND DU LIT DU DESSOUBRE – OUVRAGE DE FLEUREY	28
FIG. 19. PROFIL EN LONG DU FOND DU LIT DU DESSOUBRE – OUVRAGE DE NEUF-GOUFFRE	28
FIG. 20. FOND DU LIT DU DESSOUBRE	30
FIG. 21. AFFLEUREMENTS ROCHEUX	31
FIG. 22. ACCUMULATIONS DES GRAVIERS/SABLES EN AMONT ET EN AVAL DE NEUF-GOUFFRE	32
FIG. 23. ACCUMULATIONS DES GRAVIERS/SABLES EN AMONT ET EN AVAL DE FLEUREY	32
FIG. 24. SYNTHÈSE DES RESULTATS DE L'ANALYSE GRANULOMETRIQUE PAR LA METHODE DE WOLMAN – COMPARAISON DES TRONÇONS AMONT/AVAL	33

Restauration de la continuité écologique sur le secteur aval du Dessoubre au droit des seuils de « Fleurey », « Neuf Gouffre » et la « Voyèze »

Diagnostic – Avant-Projet et propositions – Ouvrage de la Voyèze

FIG. 25.	SYNTHESE DES COURBES GRANULOMETRIQUES CUMULATIVES - RADIERS	33
FIG. 26.	EVOLUTION DE LA GRANULOMETRIE DES RADIERS SUR LE PROFIL EN LONG DU DESSOUBRE	33
FIG. 27.	EVOLUTION DES HAUTEURS DE BERGES SUR LE PROFIL EN LONG DU DESSOUBRE	34
FIG. 28.	CARTE DE LOCALISATION DES MESURES GRANULOMETRIQUES – SEUIL DE LA VOYEZE	35
FIG. 29.	CARTE DE LOCALISATION DES MESURES GRANULOMETRIQUES – SEUIL DE FLEUREY	36
FIG. 30.	CARTE DE LOCALISATION DES MESURES GRANULOMETRIQUES – SEUIL DE NEUF-GOUFFRE	37
FIG. 31.	BANCS ALLUVIAUX ECHANTILLONNES	38
FIG. 32.	SYNTHESE DES COURBES GRANULOMETRIQUES CUMULATIVES - BANC	39
FIG. 33.	EROSION DE BERGES	40
FIG. 34.	LOCALISATION DES STATIONS D'INVENTAIRE SUR LE DESSOUBRE	45
FIG. 35.	CARTE DE SYNTHESE DES ENJEUX NATURELS SUR LE SECTEUR D'ETUDE	51
FIG. 36.	LOCALISATION DU SEUIL DE LA VOYEZE	53
FIG. 37.	SEUIL DE LA VOYEZE ET VUE AVAL	54
FIG. 38.	VANNE DE DECHARGE DU SEUIL DE LA VOYEZE	54
FIG. 39.	CANAL USINIER DU SITE DE LA VOYEZE	55
FIG. 40.	PHOTO DE LA FACE AMONT (GAUCHE) ET AVAL (DROITE) DU PONT DE LA VOYEZE	57
FIG. 41.	PRINCIPE DE COFFRAGE DES INTERVENTIONS DE CONFORTEMENT DU PONT	57
FIG. 42.	ELEVATION DU PONT DE LA VOYEZE	58
FIG. 43.	DESORDRES DU PONT DE LA VOYEZE	58
FIG. 44.	PASSE A PRE-BARRAGE DE LA VAUCLUCOTTE	59
FIG. 45.	REMOUS HYDRAULIQUE INDUIT PAR L'OUVRAGE DE LA VOYEZE	62
FIG. 46.	EVOLUTION DES VITESSES D'ECOULEMENT AU DROIT DU COMPLEXE HYDRAULIQUE	62
FIG. 47.	LOCALISATION DES SIGNES D'AFFOUILLEMENT AU DROIT DES PILES DU PONT DE LA VOYEZE	64
FIG. 48.	LOCALISATION DES SONDAGES SD1 ET SP1	66
FIG. 49.	COUPE SCHEMATIQUE DES COUCHES RENCONTREES AUX DIFFERENTS SONDAGES	67
FIG. 50.	RAPPEL DES PRINCIPES D'AMENAGEMENT D'OUVRAGES HYDRAULIQUES	69
FIG. 51.	SIGNE D'INSTABILITE DE TALUS	71
FIG. 52.	MUR ET ENROCHEMENT LE LONG DE L'HABITATION ET JARDIN	71
FIG. 53.	SIGNE D'INSTABILITE DU PREMIER BATIMENT ET SIGNE DE FISSURES EN BERGE	71
FIG. 54.	ENSABLEMENT IMPORTANT ET COLMATAGE A L'ENTREE DU CANAL USINIER	72
FIG. 55.	CANAL USINIER ALIMENTE PAR L'AVAL	72
FIG. 56.	BATIMENTS SITUES A L'AVAL DE L'OUVRAGE	72
FIG. 57.	PROFILS DE LIGNE D'EAU APRES EFFACEMENT TOTAL	74
FIG. 58.	COMPARAISON - PROFILS DE LIGNE D'EAU AU QMNA5	75
FIG. 59.	COMPARAISON - PROFILS DE LIGNE D'EAU AU MODULE	75
FIG. 60.	COMPARAISON - PROFILS DE LIGNE D'EAU EN CRUE BIENNALE	76
FIG. 61.	COMPARAISON DU FOND ACTUEL ET AFFOUILLEMENT MINIMAL (ORANGE) ET MAXIMAL (ROUGE)	78
FIG. 62.	SCHEMA DE SYNTHESE DES AMENAGEMENTS PROPOSES POUR L'ARASEMENT DE L'OUVRAGE	80
FIG. 63.	PROFIL EN LONG (ETAT FINAL EN VERT) DU DESSOUBRE AU DROIT DE L'OUVRAGE	82
FIG. 64.	LOCALISATION DES AMENAGEMENTS PREVUS	84
FIG. 65.	COMPARAISON - PROFILS DE LIGNE D'EAU AU QMNA5	85
FIG. 66.	COMPARAISON - PROFILS DE LIGNE D'EAU AU MODULE	86
FIG. 67.	COMPARAISON - PROFILS DE LIGNE D'EAU EN CRUE BIENNALE	86
FIG. 68.	EXEMPLE D'UNE PASSE A BASSINS SUCCESSIFS A FENTES VERTICALES	89
FIG. 69.	COMPARAISON MULTICRITERE DES SOLUTIONS ALTERNATIVES	102

Restauration de la continuité écologique sur le secteur aval du Dessoubre au droit des seuils de « Fleurey », « Neuf Gouffre » et la « Voyèze »

Diagnostic – Avant-Projet et propositions – Ouvrage de la Voyèze



SECTION 1

PREAMBULE

1. CONTEXTE ET OBJECTIFS DE LA MISSION

Le Dessoubre est une rivière comtoise coulant dans les plateaux calcaires du Jurassique. Cet affluent du Doubs, long de 34 km, est une rivière classée en première catégorie piscicole. Il prend sa source au pied du cirque de Consolation pour s'écouler vers Saint Hippolyte, où il conflue avec le Doubs.

Situé dans le département du Doubs, le Dessoubre est une rivière qui de par sa pente importante est propice à l'installation de moulins, de nombreux ouvrages ont ainsi été construits (retenue d'eau et canal de dérivation vers des moulins à eau).

Les barrages présents sur le Dessoubre génèrent des impacts importants sur le cours d'eau. Ils modifient les flux liquides, solides et biologiques : absence de courant et d'autoépuration, accumulation de sédiments dans les seuils, perturbation des processus naturels d'équilibre et de distribution des sédiments par l'effet de point dur. Ce cloisonnement est à double effet pour les biocénoses aquatiques par la dégradation des qualités physiques du milieu (réchauffement climatique, appauvrissement en teneur d'oxygène, eutrophisation au sein de la retenue d'eau) et l'immobilisation des populations piscicoles (entrave des accès aux frayères, isolement génétique des populations, etc.).

Le Syndicat Mixte d'Aménagement du Dessoubre et de Valorisation du Bassin Versant (SMIX ADVBV) est chargé de la mise en œuvre d'un programme d'aménagements issu d'un travail collectif entre élus, acteurs locaux, partenaires financiers, propriétaires et services de l'Etat.

A l'initiative des représentants du SMIX ADVBV, l'équipe du bureau d'étude ARTELIA a été mandatée afin de déterminer les conditions de faisabilité et les modalités techniques de son aménagement dans l'optique de restaurer la continuité écologique sur un tronçon du Dessoubre. Cette demande s'inscrit dans le souci du mandant de voir non seulement améliorer les connaissances actuelles vis à vis de l'état et du fonctionnement de la rivière, d'un point de vue hydro-écologique mais surtout d'un point de vue géomorphologique. Cette étude fait suite aux études préliminaires du cabinet TELEOS, réalisée en 2017, dont le montant de travaux estimé n'a pas permis d'amener les avant-projets en phase opérationnelle.

Pour rappel, l'objectif de rétablissement de la continuité écologique sur les cours d'eau est désormais un enjeu prégnant de la DCE et du SDAGE Rhône Méditerranée Corse (orientations OF. 4 et OF.6). Selon l'article L214-17 du code de l'environnement, introduit par la loi sur l'eau de 2006, découlant des directives européennes, notamment celles sur l'eau (DCE) et l'arrêté préfectoral n°13-252, le tronçon aval du Dessoubre est classé « Liste 2 » (L2_55). Des actions de restauration de la continuité écologique y sont donc obligatoires d'ici septembre 2018 et les trois ouvrages sont inscrits dans le référentiel des obstacles à l'écoulement (ROE).

La mission se décompose en plusieurs phases :

TRANCHE FERME

- **Phase 1** : Etudes d'avant-projet (AVP) pour le seuil de Fleurey et de Neuf Gouffre ;
- **Phase 2** : Elaboration des dossiers réglementaires (EDR) ;
- **Phase 3** : Etude de Projet (PRO) ;
- **Phase 4** : Maîtrise d'œuvre

TRANCHE CONDITIONNELLE

- **Phase 1** : Etudes d'avant-projet (AVP) pour le seuil de la Voyèze ;
- **Phase 2** : Elaboration des dossiers réglementaires (EDR) ;
- **Phase 3** : Etude de Projet (PRO) ;

Restauration de la continuité écologique sur le secteur aval du Dessoubre au droit des seuils de « Fleurey », « Neuf Gouffre » et la « Voyèze »

Diagnostic – Avant-Projet et propositions – Ouvrage de la Voyèze

● Phase 4 : Maitrise d'œuvre

Le présent document formalise la première phase de la tranche conditionnelle qui constitue l'avant-projet résultant d'investigations préalables comprenant : visites de terrain, levés topographiques, analyse géomorphologique, analyse hydraulique, détermination des hypothèses de dimensionnement, pré-dimensionnement de solutions techniques.

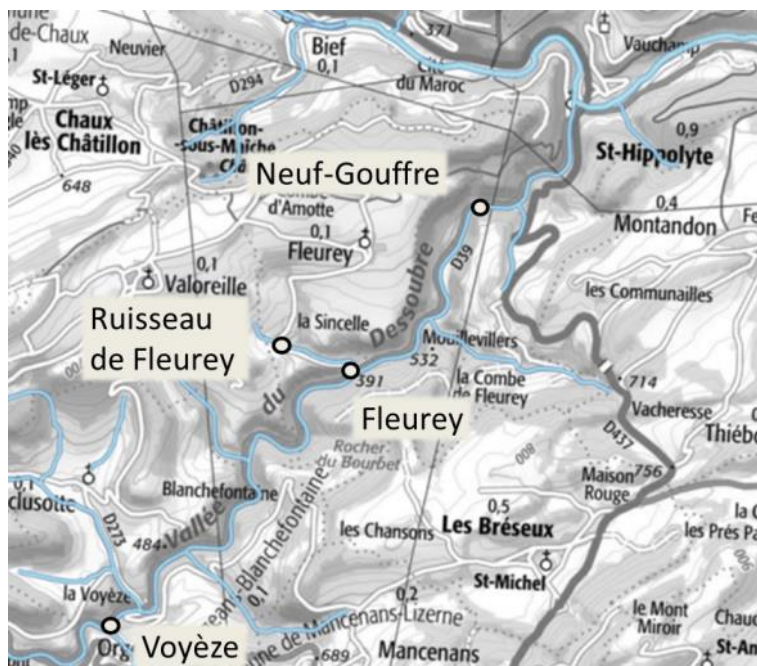


Fig. 1. Localisation des trois complexes hydrauliques sur le Dessoubre

Aussi, les objectifs de la présente mission sont :

- Réaliser un diagnostic hydro-géomorphologique du tronçon de rivière à l'étude ;
- Analyser les évolutions géomorphologiques prévisibles en cas d'effacement du seuil de la Voyèze ;
- Définir les modalités de gestion du tronçon, et les recommandations (à dire d'expert) d'intervention ou non au droit du tronçon.

2. SECTEURS D'ETUDE

Deux périmètres ont été identifiés :

- Un périmètre élargi qui correspond à un tronçon de cours d'eau suffisamment grand pour caractériser le type morphologique ainsi que les capacités morpho-dynamiques générales de la rivière.

Dans notre cas, ce tronçon d'étude dit « élargi » s'étendra sur près de 8km depuis 600m en amont du pont de la RD 273 (en amont) jusqu'à l'aval du barrage de Neuf-Gouffre (en aval).

Restauration de la continuité écologique sur le secteur aval du Dessoubre au droit des seuils de « Fleurey », « Neuf Gouffre » et la « Voyèze »

Diagnostic – Avant-Projet et propositions – Ouvrage de la Voyèze

- Un second périmètre qui correspond aux remous liquides induits par les trois barrages, c'est-à-dire, 600m pour le barrage de la Voyèze, 900m pour le barrage de Fleurey et 300m pour le barrage de Neuf-Gouffre.

Restauration de la continuité écologique sur le secteur aval du Dessoubre au droit des seuils de « Fleurey », « Neuf Gouffre » et la « Voyèze »

Carte des ouvrages et des remous liquides associés

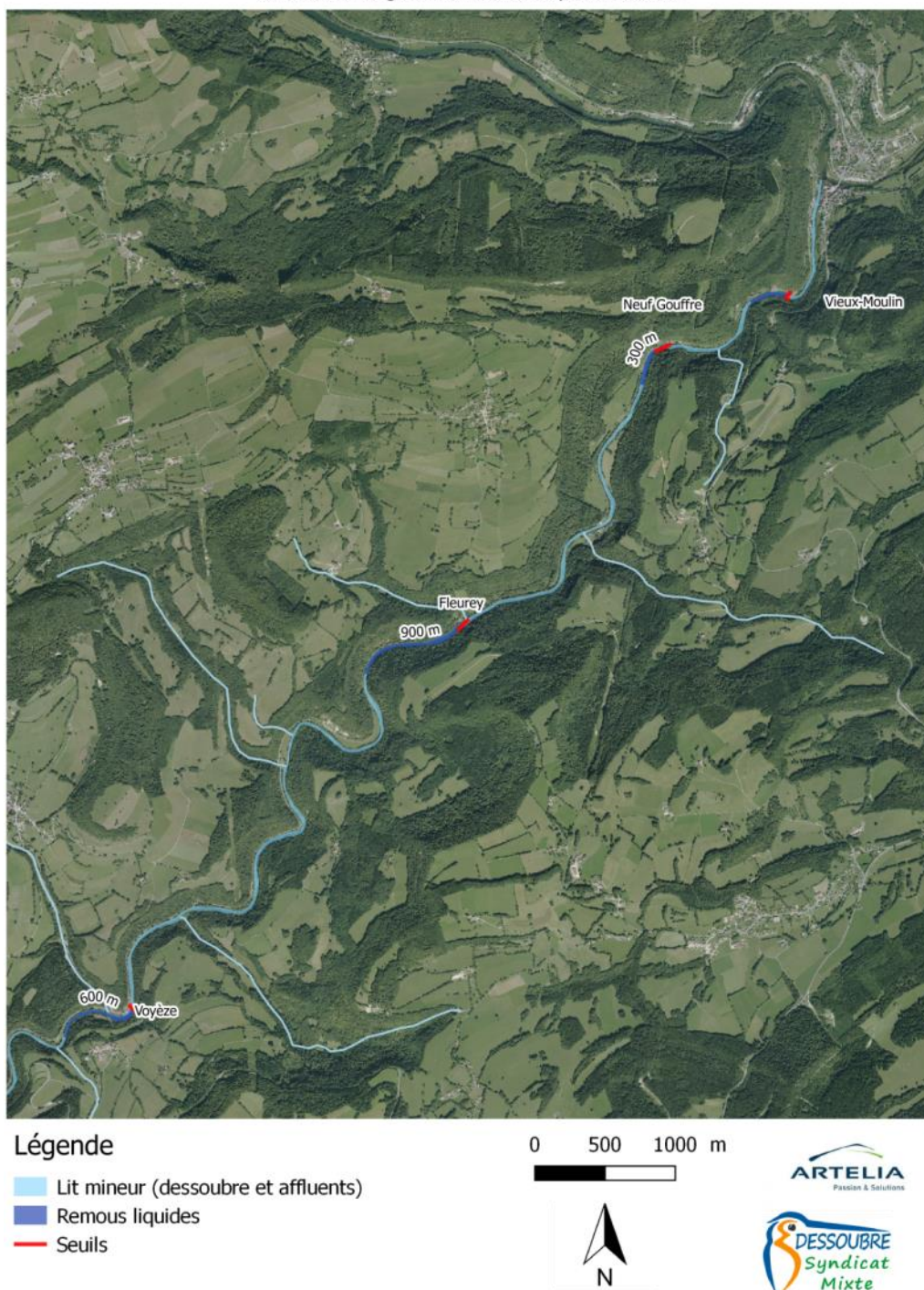


Fig. 2. Secteurs d'étude

3. DONNEES D'ENTREE

Les principales données exploitées pour cette étude sont les suivantes :

- Communauté de Communes de Saint Hippolyte, 2001 – « Schéma général de restauration et de mise en valeur du Dessoubre et de ses affluents » phase 2 et phase 3, de HORIZONS Centre Est ;
- SMIX ADVBV, 2007 – « Programme de restauration et de valorisation du bassin du Dessoubre » de RWB ;
- Communauté de Communes de Saint Hippolyte, 2011 – « Etude de l'état des peuplements piscicoles du réseau hydrographique du Dessoubre », de la Fédération départementale de pêche du Doubs et du cabinet TELEOS ;
- SMIX ADVBV, 2015 – « Détermination de solutions techniques pour la restauration de la continuité écologique sur le secteur aval du Dessoubre » de TELEOS ;
- SMIX ADVBV, 2016 – « Impact de la présence de seuils artificiels sur la qualité écologique du Dessoubre de TELEOS ;
- SMIX ADVBV, 2017 – « Avant-projet détaillé du projet de restauration hydromorphologique et de continuité écologique sur le secteur aval du Dessoubre au droit de l'ouvrage dit « Barrage de Neuf-Gouffre » ;
- SMIX ADVBV, 2017 – « Demande d'autorisation environnementale unique de travaux soumis à la loi sur l'eau du projet de restauration hydromorphologique et de continuité écologique sur le secteur aval du Dessoubre au droit du seuil de « Pont de Fleurey » ;
- SMIX ADVBV, 2017 – « Inventaire faune/flore dans la zone des projets de restauration du Dessoubre » du cabinet SPECIES.

4. OBJET DU PRESENT RAPPORT

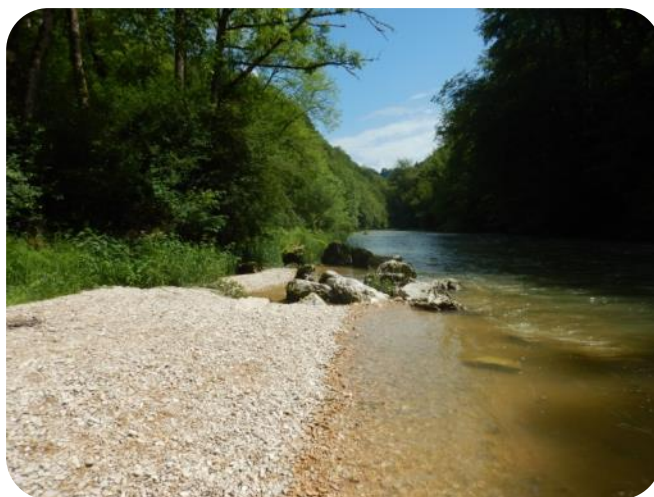
La mission est structurée autour de 3 étapes principales :

- Diagnostic général et expertise géomorphologique de Dessoubre au sein du tronçon élargi ;
- Etude de scénarii d'intervention et des incidences ;
- Etude de la solution technique retenue.

Le présent document s'attache à présenter les deux premières étapes.

Restauration de la continuité écologique sur le secteur aval du Dessoubre au droit des seuils de « Fleurey », « Neuf Gouffre » et la « Voyèze »

Diagnostic – Avant-Projet et propositions – Ouvrage de la Voyèze



SECTION 2

ETAT DES LIEUX & DIAGNOSTIC

Restauration de la continuité écologique sur le secteur aval du Dessoubre au droit des seuils de « Fleurey », « Neuf Gouffre » et la « Voyèze »

Diagnostic – Avant-Projet et propositions – Ouvrage de la Voyèze

La plupart des éléments présentés dans ce chapitre sont issus des documents de Diagnostic/Avant-Projet (Teleos 2015, 2016, 2017) ainsi que du Diagnostic/Avant-Projets réalisés par Artelia (2018).

1. CONTEXTE HYDROLOGIQUE

1.1. CARACTERISTIQUE DU BASSIN VERSANT

Le Dessoubre est une rivière de première catégorie piscicole, située au Nord Est du département du Doubs. Il prend sa source au pied du cirque de Consolation pour s'écouler sur une distance de 34km vers Saint-Hippolyte où il conflue avec le Doubs. Ce cours d'eau draine un important bassin versant hydrogéologique de nature karstique à fort potentiel biologique. Cette reculée exceptionnelle est une pièce maîtresse du patrimoine naturel et touristique franc-comtois.

Sur ce territoire, le SMIX ADVBV prévoit le rétablissement de la continuité écologique sur la partie aval du Dessoubre entre Saint-Hippolyte et le Bief de Vau de Vaclusotte, au droit des seuils de la Voyèze, de Fleurey et de Neuf-Gouffre.

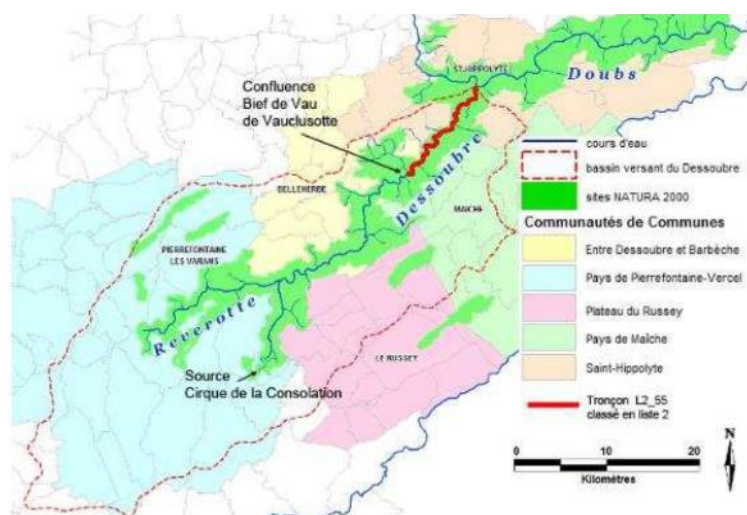


Fig. 3. Carte (modifiée) du Bassin versant du Dessoubre et du tronçon concerné par l'étude (source SMIX)

1.2. HYDROLOGIE DU DESSOUBRE

1.2.1. Données d'entrée

Plusieurs suivis hydrométriques existent sur le linéaire du Dessoubre. La station hydrométrique la plus proche du site d'étude, et qui a été retenue pour la suite de l'étude, est la station de Saint-Hippolyte (5 km en aval du secteur d'étude, au sein du périmètre d'étude élargi).

Tabl. 1 - Station hydrométrique de Saint-Hippolyte

Cours d'eau	Stations	Surface BV (km ²)	Période d'exploitation	Durée de suivi
Le Dessoubre	Saint-Hippolyte	615	1958 - 2018	60 ans

Cette station est gérée par la DREAL Bourgogne – Franche-Comté et les données collectées sont disponibles via le site de la Banque Hydro.

1.2.2. Synthèse des données disponibles

1.2.2.1. DEBITS CARACTERISTIQUES

Les débits caractéristiques retenus pour l'étude sont donnés ci-dessous.

La station considérée est exploitée depuis plus de 60 ans. Cela est suffisant pour justifier son intérêt statistique et l'exploiter afin de déterminer un régime hydrologique relatif au secteur géographique étudié.

Les débits caractéristiques du Dessoubre au droit de la station hydrométrique sont synthétisés dans le tableau suivant :

Tabl. 2 - Débits caractéristique de la station la plus proche

Cours d'eau	Surface BV (km ²)	Débits caractéristiques (m ³ /s)			Débits caractéristiques (m ³ /s) - Crues					Maximum Instantané (QIX)	Source
		Module	Etiage QMNA5	Etiage VCN10 2 ans	2 ans	5 ans	10 ans	20 ans	50 ans		
Le Dessoubre à Saint-Hippolyte	615	13.70	1.30	1.20	130	150	170	180	200	179 m ³ /s (Le 22/01/2018)	Banque HYDRO

1.2.2.2. DEBITS CLASSES

La courbe des débits classés est réalisée à partir des données hydrologiques de la station de Saint-Hippolyte.

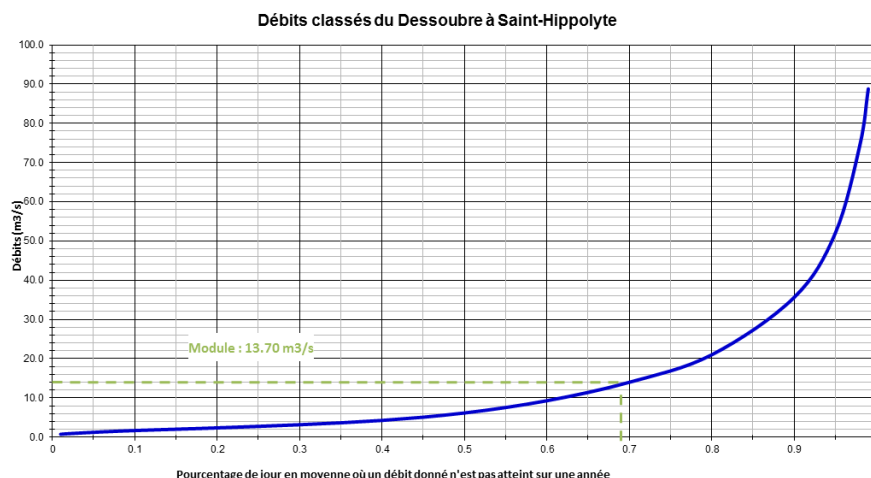


Fig. 4. Courbe des débits classés du Dessoubre sur le secteur d'étude

Tabl. 3 - Débits classés caractéristiques

2. FONCTIONNEMENT GEOMORPHOLOGIQUE

Le Dessoubre (ainsi que ses affluents) est quant à lui parsemé de nombreux seuils, vestiges des activités liées à l'utilisation de la force hydro-motrice, qui pour la plupart cloisonnent le cours d'eau, présence également de microcentrales électriques.

2.1. CONTEXTE GEOLOGIQUE

A detailed geological map of the Maiche region in France. The map displays various geological formations in different colors: blue for water bodies and rivers, green for certain land areas, and various shades of orange, yellow, and brown for different geological strata. Towns and locations labeled include Courcelles, Valoreille, Flarey, Maiche, Blanchefontaine, Mancenais-Lizerny, and Cernay. The map also shows the R. de la Seine and the R. de la Moselle. The map is oriented with North at the top.

Fig. 5. Extrait de la carte géologique 1/50 000^e (feuilles de Maiche)

Restauration de la continuité écologique sur le secteur aval du Dessoubre au droit des seuils de « Fleurey », « Neuf Gouffre » et la « Voyèze »

Diagnostic – Avant-Projet et propositions – Ouvrage de la Voyèze

Les formations pouvant être rencontrées sont :

- Fz. Alluvions récentes. Elles occupent le fond des vallées des principaux cours d'eau
- E. Éboulis. Ils existent au pied de toute barre résistante surmontant un horizon tendre plus marneux (corniche du Jurassique supérieur au-dessus des marnes oxfordiennes, dalle nacrée à son contact avec le Bathonien, Jurassique moyen au-dessus du Lias)
- J 1 b. Le Bajocien supérieur (ou Grande oolithe, ou Vésulien) est formé par 60 à 80 m de calcaire oolithique bicolore (gris bleuté ou jaune). L'ensemble est massif mais présente souvent dans le détail des stratifications obliques qui entraînent un délitage en plaquettes irrégulières. Les joints marneux ne sont pas rares
- J 2. Bathonien. Il est représenté par une puissante assise (30 à 40 m) de calcaires compacts gris clair à blancs, parfois tachetés de rose; en bancs massifs
- J 3. Callovien (30 à 40 m). Sous cette appellation ont été groupées plusieurs formations difficiles à séparer dans les conditions normales d'affleurement
 1. Au sommet, directement sous les marnes de l'Oxfordien
 2. La dalle nacrée, épaisse de 15 à 25 m, formée par des calcaires
 3. La dalle nacrée surmonte un niveau marneux d'épaisseur variable (10 à 20 m) qui parfois peut être complètement absent et est presque toujours masqué sous les éboulis de la dalle nacrée
 4. Passant graduellement aux marnes sus-jacentes, un ensemble marno-calcaire gris à roux, grumeleux, terreux, peu épais (1 à 3 m)
- J 4. Oxfordien. Il est représenté partout par un ensemble à dominante marneuse dont l'épaisseur difficile à mesurer paraît osciller entre 50 et 80 m
- J 6. Rauracien (70 à 90 m). Formation calcaire complexe où s'imbriquent différents faciès récifaux et périrécifaux
- J 7b. Le Séquanien calcaire (40 à 50 m) formé par des calcaires compacts de teinte claire en bancs réguliers
- J 8. Kimméridgien. A cet étage ont été rattachées trois formations
 1. Un ensemble de marnes et marno-calcaires à Exogyra Virgula
 2. Un ensemble très épais, monotone, formé de calcaires compacts beiges ou crème, souvent ponctués de taches rouille, en bancs massifs séparés par de très minces délits plus marneux
 3. Une formation encore à dominante calcaire mais moins monotone : calcaires à débris grumeleux jaunâtres, calcaires blancs compacts parfois à aspect crayeux, marnes grumeleuses

La vallée a été formée par l'érosion due au cours d'eau qui a incisé les premiers et seconds plateaux situés au nord du massif jurassien. L'ensemble du bassin versant se développe dans des assises calcaires karstiques du Jurassique, couplées à de nombreux horizons marneux qui contribuent à la complexification des circulations des eaux souterraines.

Ces couches imperméables permettent de collecter les eaux, qui s'infiltrant ensuite dans le relief karstique et réintègrent le réseau hydrographique sous forme de résurgences, donnant naissance à des ruisseaux, souvent de plusieurs kilomètres.

Restauration de la continuité écologique sur le secteur aval du Dessoubre au droit des seuils de « Fleurey », « Neuf Gouffre » et la « Voyèze »

Diagnostic – Avant-Projet et propositions – Ouvrage de la Voyèze

Plusieurs zones de formations tufeuses remarquables, liées à ce contexte particulier, parsèment le site. Les nombreuses failles, fractures chevauchantes et couches apparentes sous forme de vastes anticlinaux et synclinaux témoignent d'importants accidents tectoniques passés. La dénivellation entre les plateaux et le fond des vallées est importante (dénivelé total proche de 650 m) avec des versants assez abrupts et de nombreuses corniches rocheuses.



Fig. 6. Formations de tuf sur le secteur d'étude

La dureté de certaines roches est à l'origine du paysage de la vallée. Le nombre considérable et la taille des corniches présentes dans ces dernières est dû à la présence de roches calcaires dures, qui ont su résister au fil des temps à l'érosion. Le sous-sol des bassins versants de nature calcaire voit se développer un réseau karstique complexe. Cela explique l'extrême pauvreté des circulations superficielles sur les plateaux, représentées par seulement quelques écoulements de longueur très limitée, dont les exutoires sont tous souterrains (BLANT, 2001).

Par contre, la circulation d'eau en profondeur est considérable et joue un rôle primordial dans le fonctionnement hydrologique des vallées. En effet, les eaux s'infiltrant dans les failles du karst et alimentent les nombreuses résurgences qui réapparaissent dans les vallées. Les débits de celles-ci sont très variables, certaines sont temporaires alors que d'autres sont plus conséquentes.

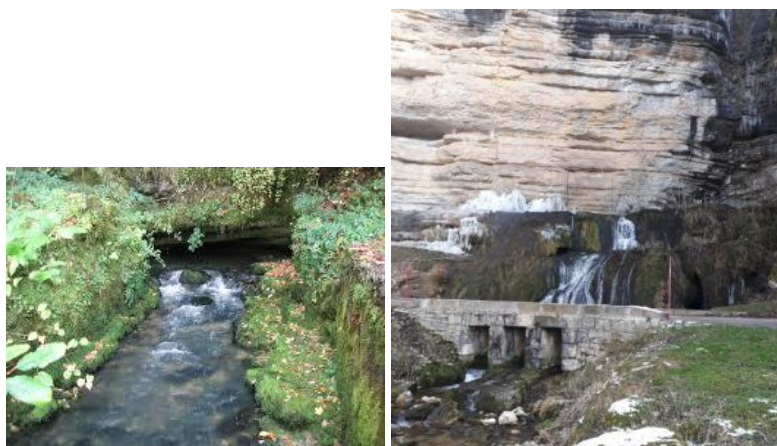


Fig. 7. Résurgence karstiques du Dessoubre

2.2. ANALYSE HISTORIQUE ET PRINCIPALES EVOLUTIONS MORPHOLOGIQUES

2.2.1. Données d'entrée

Les données d'entrée exploitées pour l'analyse des évolutions morphologiques du Dessoubre au droit du secteur d'étude sont les suivantes :

- Analyse diachronique des tracés du Dessoubre basée sur les années 1968 / 1986 et 2013 ;
- Ortho-photographie de 2013 où nous avons digitalisé le tracé du lit mineur ;
- Relevés topographiques de 2017 (TELEOS) et 2018 (VEODIS 3D) : profils en travers de 2017 et profil en long du fond du lit du Dessoubre en 2018.

2.2.2. Analyse historique et action anthropique

Depuis les années 50 environ (cette date est commune à tous les grands cours d'eau alluvionnaires de France) le Dessoubre a fait l'objet d'extractions de matériaux alluvionnaires en lit mineur, en vue de rendre praticable le cours d'eau pour le flottage du bois et d'alimenter le marché du bâtiment (reconstruction après-guerre), et le développement du réseau routier et autoroutier. L'exploitation de ces ouvrages a, d'une manière certaine et comme pour tous les seuils de la région, imposé la gestion du transport solide par excavation, export ou déplacement.

D'après les études TELEOS, les archives révèlent que :

- Le Dessoubre était utilisé pour le transport du bois « à buche perdue » ;
- Le Dessoubre a fait l'objet de prélèvement et de piégeage dans les retenues ;

Dans les archives, on retrouve également des textes que relatent la suppression d'éléments faisant obstacles au transport de bois « à buches perdues ». Les gros blocs ont systématiquement été dynamités ou déplacés dans les bords du cours d'eau.

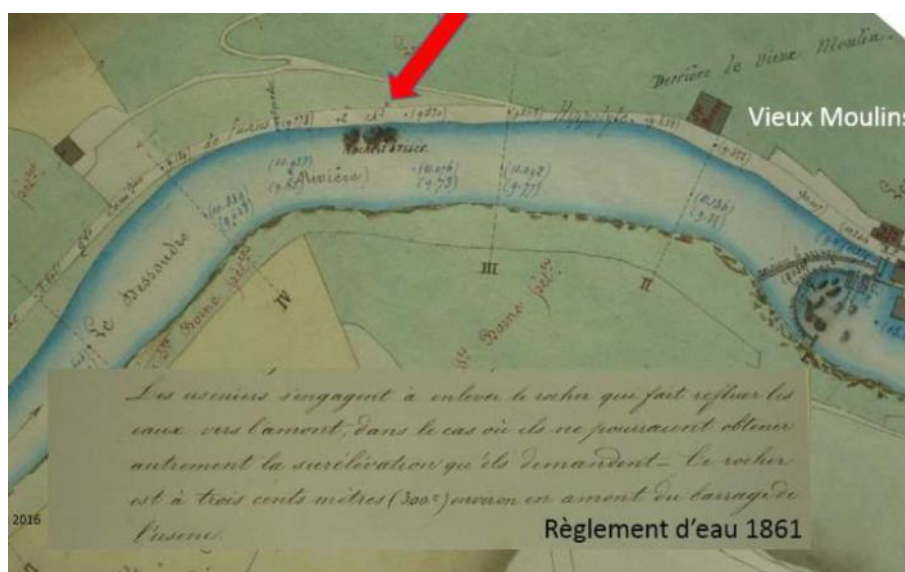


Fig. 8. Localisation de suppression de blocs sur le Dessoubre - Vieux Moulins

Restauration de la continuité écologique sur le secteur aval du Dessoubre au droit des seuils de « Fleurey », « Neuf Gouffre » et la « Voyèze »

Diagnostic – Avant-Projet et propositions – Ouvrage de la Voyèze

En conclusion, la morphologie du Dessoubre a été, aux alentours des seuils aval de Voyèze, Fleurey et Neuf Gouffre, lourdement affectée au fil du temps. Les blocs ont été retirés sur les bords ou dynamités, le granulats grossier piégé dans les retenues des seuils a été extrait. A l'édification de la route longeant le Dessoubre, les galets /graviers de la rivière ont pu vraisemblablement servir à l'assise de la route.

2.2.3. Historique des crues

Afin de relier les évolutions morphologiques éventuellement constatées avec la fréquence des débits morphogènes (c'est-à-dire capables de générer des évolutions morphologiques), nous avons extrait de la banque Hydro le relevé des crues significatives depuis 1958 enregistrés à la station hydrométrique de Saint-Hippolyte.

Tabl. 4 - Relevés des principales crues

Station de Saint-Hippolyte			
Date	Débit	Occurrence de la crue	Occurrence de la crue (Banque HYDRO)
01 janv. 1959	89	< Q2	VICENNALE SECHE
01 mar. 1960	93	< Q2	ENTRE QUINQ. ET DECENNALE SECHES
03 fév. 1961	87.9	< Q2	VICENNALE SECHE
01 mar. 1962	148	Q5	TRIENNALE HUMIDE
01-juin-63	115	< Q2	TRIENNALE SECHE
01 nov. 1963	90	< Q2	PLUS QUE DECENNALE SECHE
01 mar. 1965	119	Q2	TRIENNALE SECHE
01-août-66	141	< Q5	ENTRE BIENNALE ET TRIENNALE HUMIDE
01 déc. 1966	121	Q2	ENTRE BIENNALE et TRIENNALE SECHE
01 déc. 1967	126	Q2	ENTRE BIENNALE et TRIENNALE SECHE
01 sep. 1968	146	Q5	TRIENNALE HUMIDE
01 fév. 1970	160	< Q10	ENTRE QUINQ. ET DECENNALE HUMIDES
01 déc. 1970	63.5	< Q2	PLUS QUE CINQUANTENNALE SECHE
01 nov. 1971	91.5	< Q3	DECENNALE SECHE
01 nov. 1972	134	> Q2	ENTRE BIENNALE ET TRIENNALE HUMIDE
01 déc. 1973	104	< Q2	QUINQUENNALE SECHE
01 déc. 1974	108	< Q2	QUADRIENNALE SECHE
01 sep. 1975	101	< Q2	ENTRE QUINQ. ET DECENNALE SECHES
01 fév. 1977	127	Q2	BIENNALE
01 mar. 1978	157	Entre Q5 et Q10	QUINQUENNALE HUMIDE
01 janv. 1979	116	< Q2	TRIENNALE SECHE
01 janv. 1980	151	Q5	QUADRIENNALE HUMIDE
04 janv. 1981	164	Q10	ENTRE QUINQ. ET DECENNALE HUMIDES
09 janv. 1982	154	> Q5	QUINQUENNALE HUMIDE
25-mai-83	175	< Q20	PLUS QUE VICENNALE HUMIDE
07 fév. 1984	144	< Q5	TRIENNALE HUMIDE
09-mai-85	170	< Q20	PLUS QUE DECENNALE HUMIDE
24 janv. 1986	105	< Q2	QUINQUENNALE SECHE
19 déc. 1986	123	Q2	ENTRE BIENNALE et TRIENNALE SECHE
16 mar. 1988	144	< Q5	TRIENNALE HUMIDE
06 déc. 1988	124	Q2	ENTRE BIENNALE et TRIENNALE SECHE
15 fév. 1990	175	< Q20	PLUS QUE VICENNALE HUMIDE
30 déc. 1990	99	< Q2	ENTRE QUINQ. ET DECENNALE SECHES
22 déc. 1991	160	< Q10	QUINQUENNALE HUMIDE
29 oct. 1992	109	< Q2	QUADRIENNALE SECHE
26 janv. 1994	129	> Q2	ENTRE BIENNALE ET TRIENNALE HUMIDE
25 janv. 1995	124	Q2	ENTRE BIENNALE et TRIENNALE SECHE
25 déc. 1995	170	> Q10	PLUS QUE DECENNALE HUMIDE
13 nov. 1996	110	< Q2	QUADRIENNALE SECHE
22 déc. 1997	106	< Q2	QUINQUENNALE SECHE
20 fév. 1999	166	Q10	ENTRE QUINQ. ET DECENNALE HUMIDES
25 oct. 1999	146	< Q5	TRIENNALE HUMIDE
04 mar. 2001	128	Q2	BIENNALE
30 déc. 2001	117	< Q2	TRIENNALE SECHE
15 nov. 2002	171	> Q10	VICENNALE HUMIDE
14 janv. 2004	129	> Q2	BIENNALE
26 oct. 2004	166	Q10	DECENNALE HUMIDE
09 mar. 2006	151	Q5	QUADRIENNALE HUMIDE
09-août-07	165	Q10	ENTRE QUINQ. ET DECENNALE HUMIDES
11 déc. 2007	118	< Q2	TRIENNALE SECHE
14 sep. 2008	84.9	< Q2	PLUS QUE VICENNALE SECHE
15-août-10	120	< Q2	ENTRE BIENNALE et TRIENNALE SECHE
07 déc. 2010	153	> Q5	QUADRIENNALE HUMIDE
23 juil. 2014	139	< Q5	ENTRE BIENNALE ET TRIENNALE HUMIDE
02-mai-15	130	> Q2	ENTRE BIENNALE ET TRIENNALE HUMIDE
17 avr. 2016	133	> Q3	ENTRE BIENNALE ET TRIENNALE HUMIDE
11 nov. 2016	99.5	< Q2	ENTRE QUINQ. ET DECENNALE SECHES

Restauration de la continuité écologique sur le secteur aval du Dessoubre au droit des seuils de « Fleurey », « Neuf Gouffre » et la « Voyèze »

Diagnostic – Avant-Projet et propositions – Ouvrage de la Voyèze

A la lecture du précédent tableau, on constate que depuis les années 2000, les crues enregistrées à la station de Saint-Hippolyte ont été d'intensité faible à modérée, néanmoins on peut relever trois crues d'une intensité d'occurrence décennale, en 2002, en 2004 et en 2007. Globalement, le Dessoubre est une rivière qui, de par la forme du bassin versant, réagit très vite aux intempéries, il n'est donc pas rare de rencontrer plusieurs crues d'occurrence biennale par année.

Au-delà, les crues caractéristiques se sont limitées à la crue biennale, voire à un niveau de crue inférieure notamment sur les dernières années d'enregistrées. Les récentes crues de décembre 2017 et de février 2018 ne sont encore affichées dans le tableau, malgré l'intensité de l'événement. A cette période, le Dessoubre a connu une crue biennale. Suite à ces événements, des laisses de crues et des encoches d'érosion étaient visibles lors des expertises de terrain.



Fig. 9. Dessoubre lors de la crue en janvier 2018

2.2.4. Evolution de la vallée et style morphologique

L'objet de ce paragraphe est de comprendre l'évolution de la vallée du Dessoubre et de déterminer le style morphologique du Dessoubre. Le cours d'eau est dépendant des variables de contrôle qui sont la géologie et le climat. Les variables de réponse sont plutôt des degrés de liberté dont dispose le cours d'eau pour transporter le débit liquide et le débit solide (sédiment).

Ainsi, dans le département du Doubs, après le retrait de la mer, la région va adopter un style tectonique compressif montrant plusieurs phases de surrections (élévations), plissements et fractures. Ceci va engendrer l'orientation des structures suivant un axe préférentiel Nord-Est / Sud-Ouest.

La région, n'étant plus submergée par les mers, se retrouve soumise à l'érosion par les eaux météoriques qui démantèlent les reliefs créés par l'orogénèse alpine. Cette abrasion des formations amène au creusement de vallées atteignant, par endroit, les niveaux du Trias à l'Ouest. Les produits de cette érosion sont transportés par les réseaux fluviaux et déposés sur les différents terrains sédimentaires de l'ère secondaire.

Enfin, les glaciations de l'ère quaternaire, vont donner à la région sa morphologie actuelle. L'alternance de périodes glaciaires et interglaciaires a mis en place des alluvions fluviales de graviers et de sables qui se sont déposées dans les vallées.

La vallée du Dessoubre est donc inscrite dans des mouvements tectoniques qui ont engendrés, par le retrait de la mer, une succession de failles et d'érosion, provoquant le creusement de la vallée.

D'après Malavoi & Bravard, les méandres encaissés sont développés au cours de millions d'années d'histoire géologique, à partir d'une surface topographique soulevée dans une surface d'érosion en cours de surrection (processus géologique d'élévation en altitude de roches par la

tectonique des plaques) ou sur une couche meuble masquant un substratum résistant (concept de surimposition).

Deux types de méandres encaissés sont distingués selon la genèse des sinuosités. L'encaissement peut se faire :

- Par incision sur place de méandres existant antérieurement ;
- Par développement progressif de sinuosités pendant la durée d'incisions.

S'ils présentent aujourd'hui un tracé en plan figé, les méandres encaissés peuvent cependant être le siège d'un important transport solide.

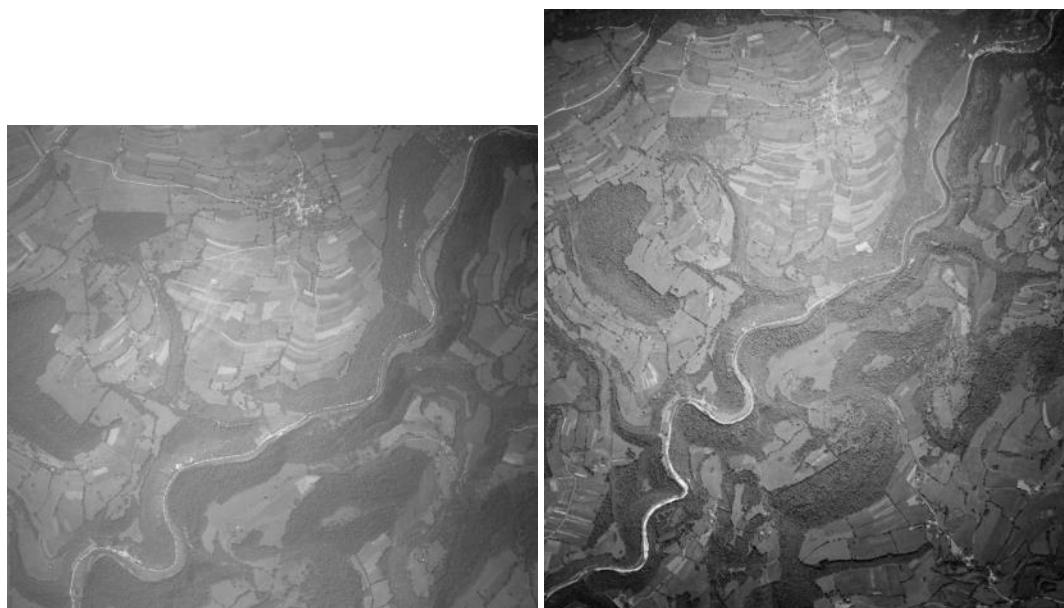


Fig. 10. Photographies aériennes de 1937 (à gauche) et de 1951 (à droite)

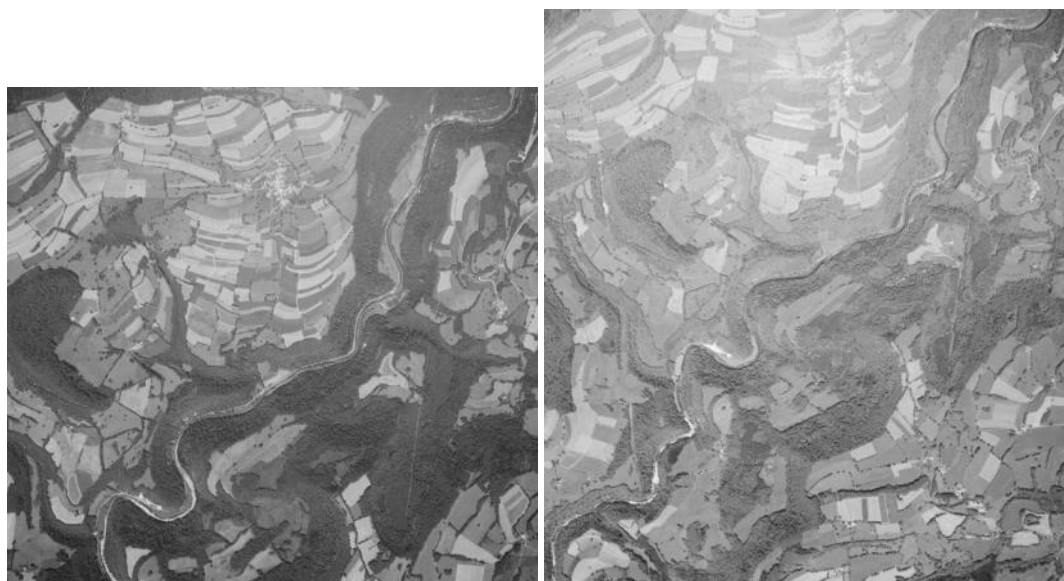


Fig. 11. Photographies aériennes de 1980 (à gauche) et de 1990 (à droite)

Restauration de la continuité écologique sur le secteur aval du Dessoubre au droit des seuils de « Fleurey », « Neuf Gouffre » et la « Voyèze »Diagnostic – Avant-Projet et propositions – Ouvrage de la Voyèze

Depuis les années 1950 et tenant compte des imprécisions de digitalisation induites par la qualité des photographies aériennes et surtout de la visibilité du lit mineur sous couvert boisé, les évolutions du lit restent peu importantes voire sont quasi-inexistantes et se cantonnent principalement au niveau de la confluence avec le Doubs.

Le lit du Dessoubre est aujourd'hui dans une vallée encaissée où les méandres ne peuvent progresser latéralement, contraints par un versant rocheux en rive droite et par une route départementale en rive gauche. Les méandres sont donc ancrés dans une vallée incisée. Enfin, le lit du Dessoubre présente un style fluvial de plat courant à alternance de radier et de mouille.

2.2.5. Synthèse

En conclusion, le tronçon du Dessoubre a connu d'importantes évolutions sur le dernier siècle menant à sa simplification et à l'altération de son fonctionnement géomorphologique.

Les grands travaux hydrauliques tels que les extractions des granulats et le retrait des gros blocs ont provoqué une incision de 0.5 m à 1.0m sur le secteur d'étude, qui semble aujourd'hui arrêtée. Cette incision a provoqué la déconnexion des berges, la mise à sac des encoissements et caches de bordure, l'étalement de la lame d'eau à l'étiage et l'homogénéisation de la granulométrie des substrats.

Les formations et contreforts rocheux au sein desquels la rivière s'engage limitent drastiquement les possibilités de mouvement, en effet, les taux d'érosion du Dessoubre dépassent rarement 40 cm/an (Horizon, 2001) et sont présents localement.

2.3. CARACTERISTIQUES MORPHOMETRIQUES

2.3.1. Méthode et protocole de terrain

Les prospections à pieds ont été effectuées le 20 et 21 juin 2018 à bas débit (Débit moyen journalier ou QJM du Dessoubre à Saint-Hippolyte de 3.77 m³/s et 3.28 m³/s) sur un tronçon de l'ordre de 11km de linéaire depuis 2km en amont du pont de la RD 273 (en amont) jusqu'à l'aval du barrage de Neuf-Gouffre (en aval).

Ces prospections ont permis de reconnaître les éléments suivants :

- Principales caractéristiques morphologiques : nature de fonds, style morphologique, géométrie, ... ;
- Etat d'aménagement du lit mineur : ouvrages transversaux, protections de berge, ... ;
- Indice d'activité morphodynamique : signes de transit sédimentaire, bancs alluviaux, radiers, érosions de berges, incision du fond du lit/pavage éventuel en aval, ... ;
- Enjeu relatif au transit sédimentaire : indices de charriage, granulométrie des matériaux transportés,

Egalement, des mesures granulométriques de surface ont été effectuées afin de caractériser la charge solide structurant le profil en long.

L'étude de la granulométrie apporte des informations à la fois morpho-dynamiques (rugosité du lit, transport solide) et biologiques (notion d'habitat, de refuge et d'abri hydraulique) (Malavoi et Souchon, 2002).

Au-delà des simples observations de terrain et en complément de la mesure de la granulométrie des matériaux charriés au niveau des bancs alluviaux, il est intéressant de décrire la granulométrie des radiers qui sont en théorie les portions du cours d'eau où se dépose la fraction la plus grossière de la charge de fond.

Cette mesure présente un double intérêt :

- Intérêt « typologique » : elle permet de ranger un cours d'eau ou un tronçon de cours d'eau dans un type « granulométrique ». Cours d'eau à radiers à blocs, radiers à cailloux, radiers à graviers, etc. ;
- Intérêt en termes de connaissance des processus de mobilisation du substrat alluvial. Couplée à la puissance spécifique, elle permet de connaître la fréquence minimale de mise en mouvement des matériaux du lit.

Nous avons mis en œuvre un protocole simple pour évaluer qualitativement les effets de l'ouvrage sur le transit sédimentaire et la morphologie du lit. Cette méthode a été appliquée sur :

- Secteur Voyèze : 4 radiers en amont et 3 en aval de l'ouvrage ;
- Secteur Fleurey : 4 radiers en amont et 3 en aval de l'ouvrage ;
- Secteur Neuf-Gouffre : 3 radiers en amont et 2 en aval de l'ouvrage.

Au droit de chaque radier, les éléments suivants ont été relevés :

- La largeur à plein bord ;
- La profondeur du lit à plein bord ;

Restauration de la continuité écologique sur le secteur aval du Dessoubre au droit des seuils de « Fleurey », « Neuf Gouffre » et la « Voyèze »

Diagnostic – Avant-Projet et propositions – Ouvrage de la Voyèze

- La granulométrie de la charge de fond appréhendée par la méthode de Wolman.

Les caractéristiques morphologiques telles que la pente, la largeur ou la profondeur sont contrôlées par les débits absolus liquides (QL) et solides (QS) qui transitent dans l'hydrosystème, et le rapport entre ces deux débits.

L'objectif de ces mesures vise à caractériser la charge en surface du fond à l'amont et à l'aval des ouvrages hydrauliques et de les comparer ; l'objectif étant de mettre en évidence une quelconque influence des ouvrages sur le transit sédimentaire et la morphologie du lit du Dessoubre.

2.3.2. Analyse de la largeur et de la profondeur de plein bord

2.3.2.1. LARGEUR DE PLEIN BORD

La largeur à plein bord est l'une des variables géomorphologiques les plus intéressantes. Elle exprime souvent l'ampleur des actions d'aménagements entreprises par l'Homme (recalibrage, curage...) Elle peut en outre avoir une importante signification biologique puisqu'elle exprime de manière simplifiée la « capacité d'accueil » du milieu aquatique.

Lors des relevés de terrain, les largeurs de plein bord au niveau des radiers ont été mesurées. Ainsi sur l'ensemble de secteur élargi, ce sont 19 mesures de largeur de plein bord qui permettent de caractériser cette variable sur le Dessoubre.

La largeur de plein bord oscille entre 25 à 50 m sur tout le parcours du Dessoubre, avec une moyenne autour de 32.7m. Notons que la largeur de plein bord est plus réduite en amont de l'ouvrage de la Voyèze, avec une moyenne de l'ordre de 26m, puis qui tend à s'élargir pour atteindre 36m en amont de l'ouvrage de Fleurey, avec un maximum de 47 m (radier en amont de la zone de retenue de l'ouvrage de Fleurey). Dans le secteur de Neuf-Gouffre, la largeur de plein bord s'équilibre vers 32 m.

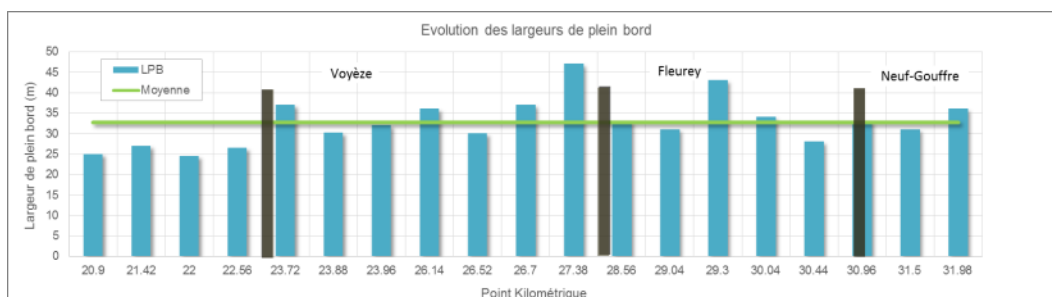


Fig. 12. Evolution de la largeur de plein bord

Restauration de la continuité écologique sur le secteur aval du Dessoubre au droit des seuils de « Fleurey », « Neuf Gouffre » et la « Voyèze »

Diagnostic – Avant-Projet et propositions – Ouvrage de la Voyèze

Restauration de la continuité écologique sur le secteur aval du Dessoubre au droit des seuils de « Fleurey », « Neuf Gouffre » et la « Voyèze »

Carte de synthèse des largeurs à plein bord et hauteurs de berge N°1

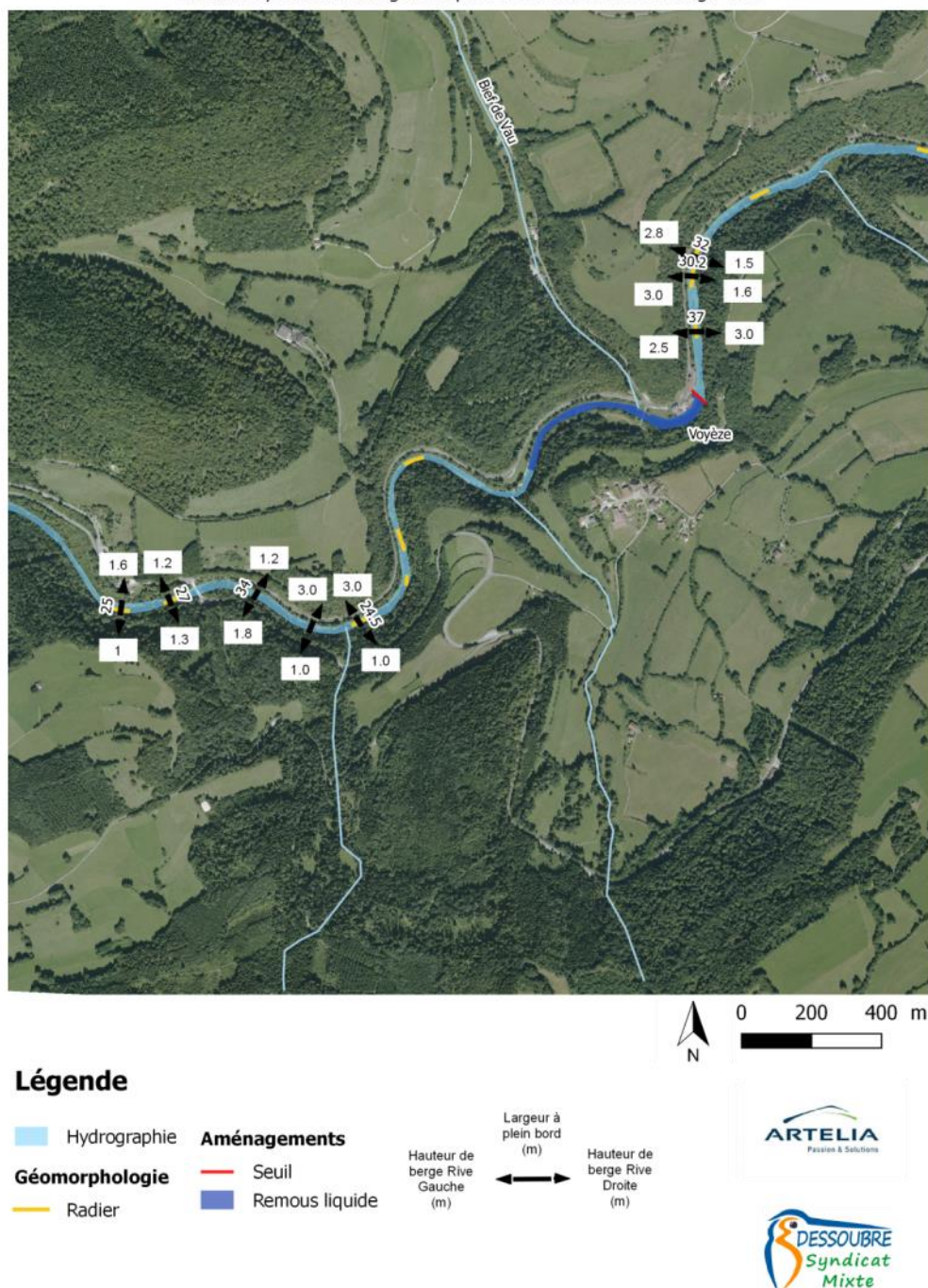


Fig. 13. Carte de localisation des largeurs de plein bord – Seuil de la Voyèze

Restauration de la continuité écologique sur le secteur aval du Dessoubre au droit des seuils de « Fleurey », « Neuf Gouffre » et la « Voyèze »

Diagnostic – Avant-Projet et propositions – Ouvrage de la Voyèze

Restauration de la continuité écologique sur le secteur aval du Dessoubre au droit des seuils de « Fleurey », « Neuf Gouffre » et la « Voyèze »

Carte de synthèse des largeurs à plein bord et hauteurs de berge N°2

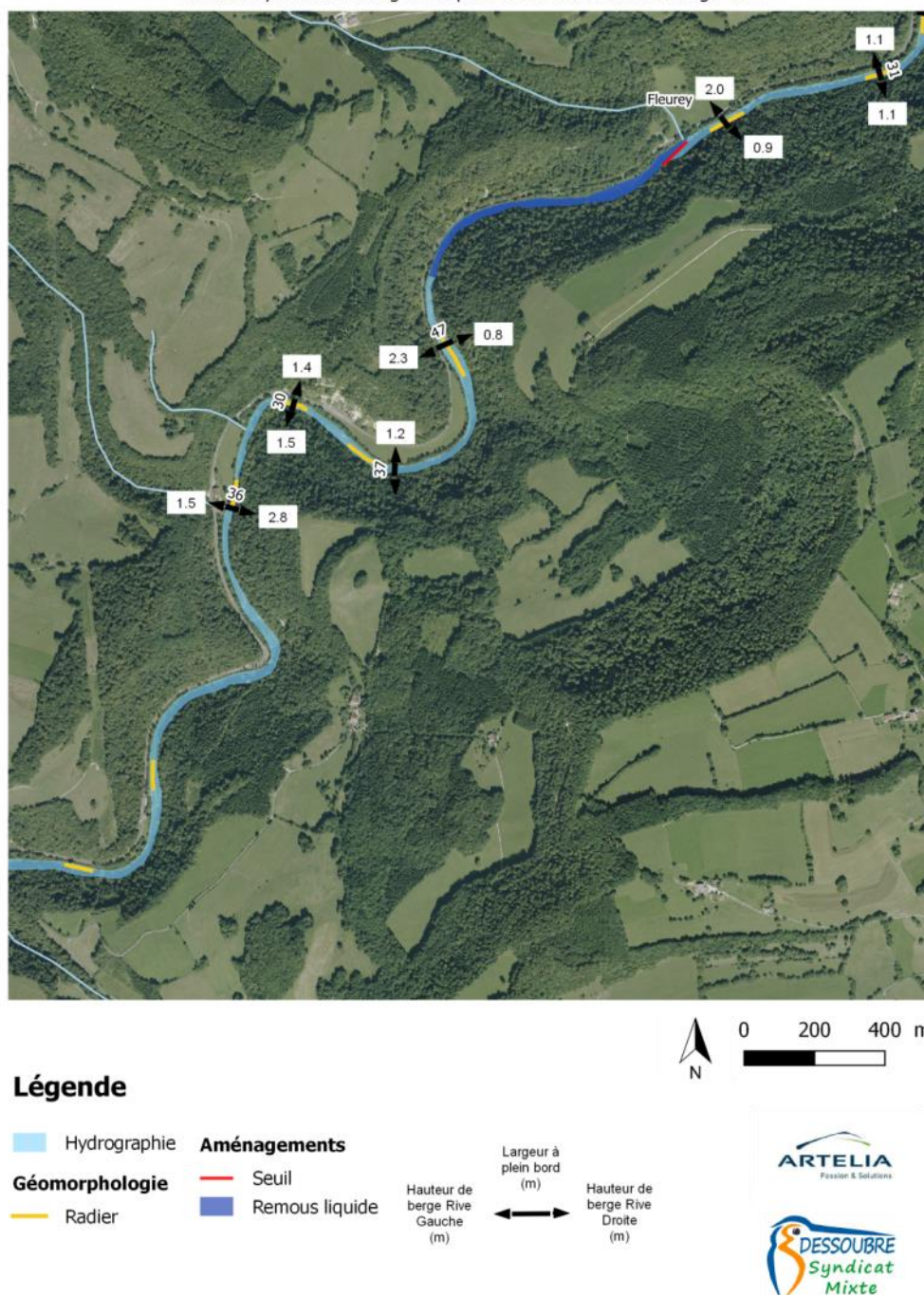


Fig. 14. Carte de localisation des largeurs de plein bord – Seuil de Fleurey

Restauration de la continuité écologique sur le secteur aval du Dessoubre au droit des seuils de « Fleurey », « Neuf Gouffre » et la « Voyèze »

Diagnostic – Avant-Projet et propositions – Ouvrage de la Voyèze

Restauration de la continuité écologique sur le secteur aval du Dessoubre au droit des seuils de « Fleurey », « Neuf Gouffre » et la « Voyèze »

Carte de synthèse des relevés de terrain N°3

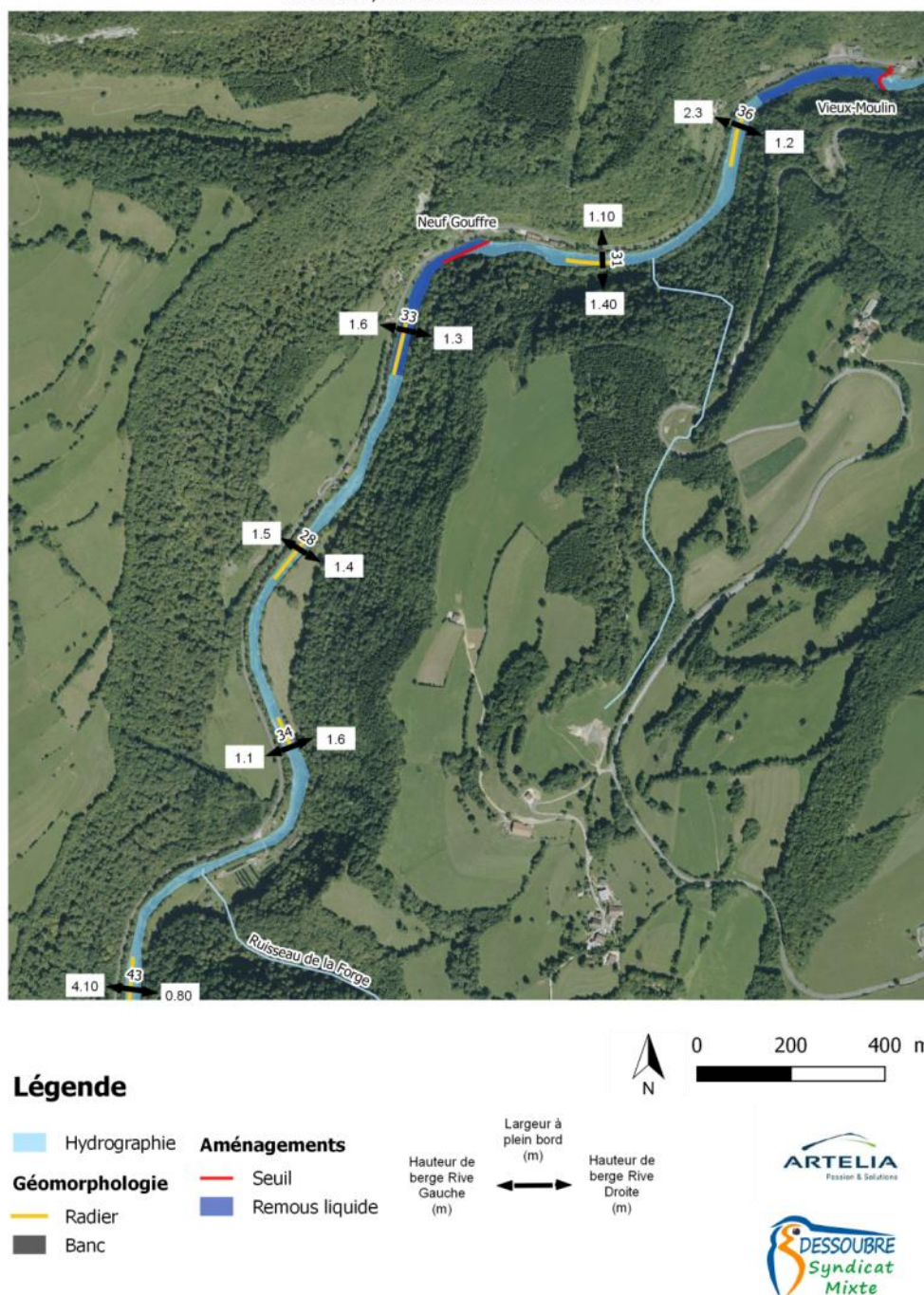


Fig. 15. Carte de localisation des largeurs de plein bord – Seuil de Neuf-Gouffre

2.3.2.2. PROFONDEUR DE PLEIN BORD

La profondeur ou hauteur à plein bord correspond à la différence verticale entre le niveau du point d'inflexion de la berge la plus basse, permettant de passer du lit mineur au lit majeur, et le niveau de l'eau.

De la même manière, sur chaque radier, la hauteur à plein bord a été mesurée, soit 19 mesures sur le périmètre élargi.

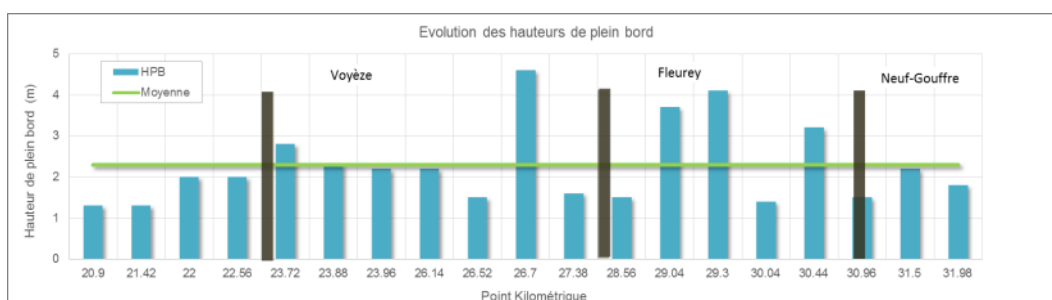


Fig. 16. Evolution de la hauteur de plein bord

La hauteur de plein bord oscille entre 1.3 et plus de 4 m. Les fortes hauteurs de berges sont dues à la présence constante du versant en rive droite, et plus ponctuellement en rive gauche, lorsque la route est relativement proche de la rivière. La hauteur moyenne est de 2.3 m.

2.3.2.3. RAPPORT LARGEUR/PROFONDEUR DE PLEIN BORD

Le rapport de la largeur (L) sur la profondeur (p) moyenne à pleins bords est une caractéristique géométrique intéressante à plusieurs titres.

D'un point de vue hydromorphologique, c'est un paramètre typologique indicateur de l'activité géodynamique d'un cours d'eau.

Ainsi, les cours d'eau à dynamique plutôt active, caractérisés par des processus érosifs latéraux importants et des apports solides assez élevés, ont des rapports L/p plutôt forts (vingt ou plus).

Les rivières en tresses ont souvent des rapports L/p proches de ou supérieurs à cent.

En moyenne, le rapport L/p est de 14, ce qui est caractéristique une dynamique du cours d'eau plutôt faible. Ponctuellement, le rapport atteint des valeurs supérieures à 20, ce qui traduit une dynamique localement plus intense.

2.3.3. Analyse du profil en long

Un profil en long du Dessoubre ciblé sur les ouvrages hydrauliques à l'étude et leurs retenues associées a été relevé courant juin 2018, soit :

- Un profil en long de l'ouvrage de la Voyèze : 900 m ;
- Un profil en long de l'ouvrage de Fleurey : 1370 m ;
- Un profil en long de l'ouvrage de Neuf-Gouffre : 875 m.

Au-delà, quatre profils en travers au niveau du ruisseau de Fleurey avec un profil en long. Les profils en travers du Dessoubre seront caractérisés par les relevés topographiques réalisés par le bureau d'étude TELEOS :

- Huit profils en travers pour l'ouvrage de la Voyèze ;

- Neuf profils en travers pour l'ouvrage de Fleurey ;
- Neuf profils en travers pour l'ouvrage de Neuf-Gouffre.

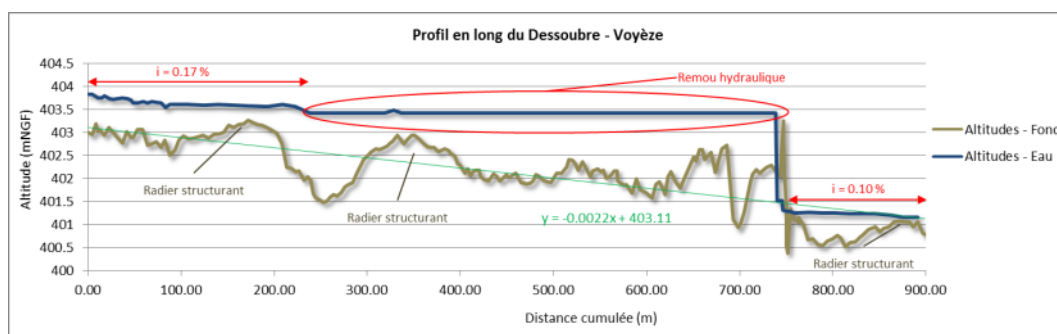


Fig. 17. Profil en long du fond du lit du Dessoubre – ouvrage de la Voyèze

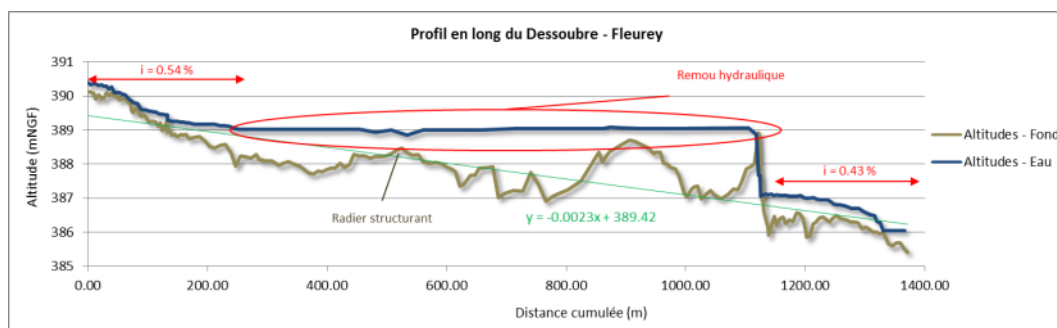


Fig. 18. Profil en long du fond du lit du Dessoubre – ouvrage de Fleurey

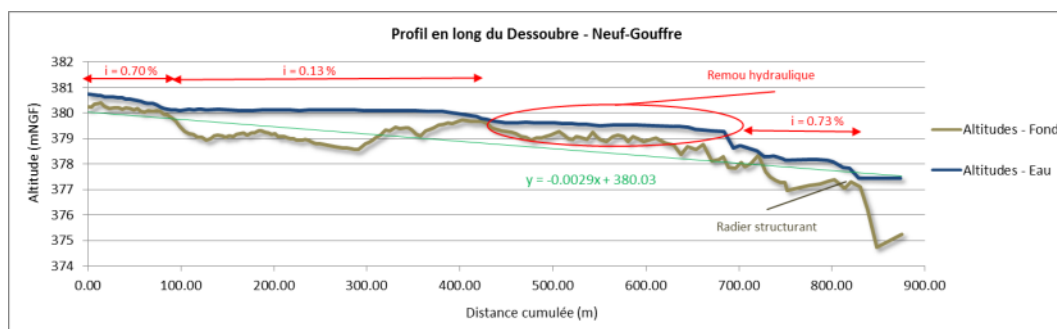


Fig. 19. Profil en long du fond du lit du Dessoubre – ouvrage de Neuf-Gouffre

A la lecture de ces profils, et en dehors de quelques aberrations topographiques constatées, la pente moyenne du fond de la rivière sur ce tronçon est voisine de 0.25%. De plus, ils confirment l'impact du remous liquide des ouvrages hydrauliques :

- Ouvrage de la Voyèze : 550 à 600 m ;
- Ouvrage de Fleurey : 880 à 900 m ;
- Ouvrage de Neuf-Gouffre : 250 à 300 m.

En l'absence de données comparatives anciennes, il est difficile de statuer quant à l'état d'équilibre morphodynamique.

Restauration de la continuité écologique sur le secteur aval du Dessoubre au droit des seuils de « Fleurey », « Neuf Gouffre » et la « Voyèze »

Diagnostic – Avant-Projet et propositions – Ouvrage de la Voyèze

En complément, une approche de la pente d'équilibre par le paramètre de Shields, menée à partir des données de terrain et de calculs hydrauliques, a été réalisée.

Le critère de Shields permet d'évaluer la capacité de mise en mouvement des sédiments présents. Il est déterminé par la formule suivante :

$$\tau^* = \frac{\tau}{g(\rho_s - \rho)D} \approx \frac{hJ}{1.65D}$$

Toute rivière possède un seuil de critère de Shields en-deçà duquel l'équilibre du fond du lit est assuré, il est appelé le critère de Shields critique. La valeur de référence pour une rivière naturelle à graviers, d'après Recking (2009), est 0.045 pour une granulométrie uniforme. D'après Parker (1982) sur les rivières à graviers à granulométrie étendue, le début de mise en mouvement est envisageable à partir de la valeur de 0.088, et la destruction de l'armurage à partir de 0.138.

Ainsi, lorsque le critère de Shields d'un tronçon de rivière dépasse le seuil critique, la mobilisation des sédiments est active, il y a donc transport par charriage, réajustement des éléments pour un retour à l'équilibre.

Dans le cas présent, les tests effectués sont présentés dans les tableaux suivants :

Tabl. 5 - Analyse du paramètre de Shields

Débit	Valeur Débit (m3/s)	Diamètre médian matériaux (d50 en m)	Pente moyenne de la ligne d'énergie (m/m)	Hauteur d'eau (m)	Critère de Shields	Mise en mouvement théorique des matériaux du fond
Débit connexion lit moyen	14	0.050	0.002	1.0	0.024	NON - Pas de mobilisation
Débit connexion lit moyen	14	0.050	0.0025	2.2	0.067	Pas ou peu de mobilisation
Débit connexion lit moyen	14	0.045	0.0025	1.0	0.034	NON - Pas de mobilisation
Débit connexion lit moyen	14	0.045	0.0025	2.2	0.074	Pas ou peu de mobilisation

Débit	Valeur Débit (m3/s)	Diamètre médian matériaux (d50 en m)	Pente moyenne de la ligne d'énergie (m/m)	Hauteur d'eau (m)	Critère de Shields	Mise en mouvement théorique des matériaux du fond
Crue biennale	130	0.050	0.0025	2.1	0.064	Pas ou peu de mobilisation
Crue biennale	130	0.050	0.0025	3.0	0.091	Mobilisation possible
Crue biennale	130	0.045	0.0025	2.1	0.071	Pas ou peu de mobilisation
Crue biennale	130	0.045	0.0025	3.0	0.101	Mobilisation possible

Débit	Valeur Débit (m3/s)	Diamètre médian matériaux (d50 en m)	Pente moyenne de la ligne d'énergie (m/m)	Hauteur d'eau (m)	Critère de Shields	Mise en mouvement théorique des matériaux du fond
Q50	200	0.050	0.0025	2.7	0.082	Pas ou peu de mobilisation
Q50	200	0.050	0.0025	3.9	0.118	Mobilisation possible
Q50	200	0.045	0.0025	2.7	0.091	Mobilisation possible
Q50	200	0.045	0.0025	3.9	0.131	Mobilisation possible

A la lecture de ces tableaux, et partant de l'hypothèse que le diamètre médian issu de nos mesures granulométriques caractérise la couche d'armurage de surface, la mise en mouvement de la couche de surface est envisageable au-delà de la crue biennale et plus particulièrement au droit des mouilles, qui constituent le faciès préférentiel pour la mobilisation des sédiments (Malavoi, 1989).

Sur la base de ces données, la pente moyenne de la rivière semble globalement en équilibre avec sa charge solide et ses capacités morphodynamiques. A noter que ces données chiffrées restent issues de formules théoriques qui, malgré de nombreux ajustements au cours des années, possèdent encore une certaine marge d'erreur liée à la difficulté de modéliser les phénomènes de transport solide sur les cours d'eau.

2.4. ANALYSE GEOMORPHOLOGIQUE

2.4.1. Activité morpho-sédimentaire

2.4.1.1. NOTION D'APPORTS SOLIDES

Au-delà de la seule capacité de transport solide d'une rivière, se pose la question des apports sédimentaires morphologiquement intéressants, c'est-à-dire la charge plus ou moins grossière susceptible d'être transportée par charriage (sables grossiers, graviers, galets), en opposition avec la charge fine plus ou moins organique transportée en suspension (limons, vases, sables).

En effet, pour un transit sédimentaire actif, l'hydrosystème doit disposer d'apports en matériaux et d'une capacité suffisante pour les transporter :

- Des apports externes :
 - Production primaire : il s'agit des apports en sédiments grossiers parvenant directement au cours d'eau (écoulement, reptation, glissement), comme par exemple des éboulis de pente, des glissements de terrain, ... ;
 - Production secondaire : il s'agit des apports des affluents.
- Des apports internes :
 - Stock en lit mineur comme le matelas alluvial en fond de lit mineur ;
 - Stock en lit majeur et terrasses : il s'agit d'apports externes se faisant par le biais d'érosions latérales.

Concernant notre secteur d'étude, des apports sont présents en lien avec la géologie du bassin versant et de la morphologie du Dessoubre, tout en demeurant peu conséquents :

- Des apports externes faibles avec une production primaire en éléments grossiers qui reste limitée et des affluents peu productifs. On retrouve néanmoins de très gros blocs dans le lit mineur du Dessoubre qui témoignent d'apports ponctuels liés à des éboulis rocheux ou mis à nus par l'écoulement des eaux ;
- Des apports internes potentiellement intéressants en lien avec un stock de matériaux alluvionnaires ancien : remplissage du fond de vallée par des alluvions anciennes constituées de cailloux et des matériaux plus récents, fins et cohésifs. Dans le lit mineur on retrouve notamment des éléments assez grossiers (galets) et beaucoup d'éléments fins (sables grossiers). Le fond de vallée est constitué d'alluvions alimentées annuellement par une charge solide estimée entre 1300m³ et 3900m³ (Malavoi 2006).



Fig. 20. Fond du lit du Dessoubre

Restauration de la continuité écologique sur le secteur aval du Dessoubre au droit des seuils de « Fleurey », « Neuf Gouffre » et la « Voyèze »

Diagnostic – Avant-Projet et propositions – Ouvrage de la Voyèze

Malgré cela, la dynamique alluviale de ce cours d'eau apparaît comme faible en lien avec une structure géomorphologique relativement contrainte (vallée encaissée, secteurs de gorges, protection de berge) et les principaux éléments transportés sont des sables grossiers (transport en partie en suspension) et des graviers par charriage. La charge très grossière de galets apparaît comme mobile en l'absence de pavage ou de colmatage mais selon une dynamique très lente et donc peu visible, à notre échelle.

Notons que des affleurements rocheux calcaires ont pu être observés le long de notre secteur d'étude.



Fig. 21. Affleurements rocheux

2.4.1.2. OBSERVATIONS DE TERRAIN ET IMPACT DES OUVRAGES

Le Dessoubre présente les caractéristiques d'un cours d'eau peu dynamique, ce qui transparaît sur plusieurs aspects :

- Le lit est stable et non chenalisé ;
- Le fond du lit est plat et les alluvions sont encore constituées de blocs moyens et de galets et de sables issus du calcaire ;
- Le matelas alluvial est de faible épaisseur. Les alluvions sont de natures calcaires. Le stock de matériaux alluvionnaire est limité, il y a peu de bancs de sédimentation ;
- On ne note pas d'annexe hydraulique, de chenaux de crue notables ou d'érosion significative (piles de ponts, berges, etc), néanmoins une incision de 0.5 à 1.00m est visible le long du secteur d'étude.

L'impact de l'ouvrage sur le transit sédimentaire a pu être appréhendé lors des visites de terrain par comparaison des caractéristiques sédimentaires des tronçons influencés par l'ouvrage et des tronçons non influencés. Les observations sont les suivantes :

- En dehors des zones d'influence des ouvrages :
 - Le Dessoubre présente des fonds grossiers, constitués d'une matrice de blocs et de cailloux/galets. La granulométrie du Dessoubre est complétée par du sable grossier issu des versants. Globalement, les fonds apparaissent très stables et même figés ;
 - Le transit par charriage apparaît limité et surtout très lent sur ce cours d'eau au regard de la granulométrie des matériaux constitutifs du fond. En revanche, des accumulations de sables grossiers sont ponctuellement visibles. Déposés lors des crues, ils témoignent du transit de ces matériaux fins dans le Dessoubre.

Restauration de la continuité écologique sur le secteur aval du Dessoubre au droit des seuils de « Fleurey », « Neuf Gouffre » et la « Voyèze »

Diagnostic – Avant-Projet et propositions – Ouvrage de la Voyèze

- Dans la zone d'influence de l'ouvrage :
 - Dans le remous de l'ouvrage, le fond du lit se compose principalement de sédiments grossiers sur l'amont qui apparaissent durs et stables. Malgré l'ancienneté de l'ouvrage, le degré de comblement de la retenue est faible. Ceci peut s'expliquer par des curages de la retenue, un transit sédimentaire faible et des apports réduits, un transit de sables en suspension et des ouvrages peu impactants car rapidement noyés ;
 - Au droit de la partie supérieure des déversoirs (Neuf-Gouffre et Fleurey), des accumulations de sédiments grossiers sont observées. Ces matériaux apparaissent comme mobilisables. A l'aval des déversoirs, des accumulations de ces mêmes éléments grossiers sont d'ailleurs retrouvées ainsi que des dépôts de sables grossiers. Ces observations témoignent de la transparence de l'ouvrage vis-à-vis du transit sédimentaire.



Fig. 22. Accumulations des graviers/sables en amont et en aval de Neuf-Gouffre



Fig. 23. Accumulations des graviers/sables en amont et en aval de Fleurey

Les mesures granulométriques de surface réalisées sur les radiers selon la méthode de Wolman (échantillon global de près de 790 mesures) ont permis de mettre en évidence les éléments suivants :

- Un diamètre moyen D50 compris entre environ 39 mm et environ 59 mm sur le secteur d'étude ;
- Sur l'ensemble du secteur étudié, la charge de fond se caractérise par des particules au diamètre moyennement variable (résultats du rapport D90/D30) : les valeurs obtenues sont respectivement comprises entre 2.88 et 5.99. On constate un tri granulométrique des

Restauration de la continuité écologique sur le secteur aval du Dessoubre au droit des seuils de « Fleurey », « Neuf Gouffre » et la « Voyèze »

Diagnostic – Avant-Projet et propositions – Ouvrage de la Voyèze

particules plus prononcé à l'amont de l'ouvrage de Fleurey, ce qui pourrait traduire un léger décapage du substrat ;

	Voyèze		Fleurey		Neuf-Gouffre	
Diamètre (mm)	Amont	Aval	Amont	Aval	Amont	Aval
Dm	39.41	45.90	59.06	48.36	58.43	49.12
10	8.01	18.04	17.10	7.50	14.36	8.59
30	18.44	27.01	37.46	18.64	23.69	20.63
50	31.40	39.90	50.91	34.21	43.01	42.74
90	91.73	82.74	108.05	111.62	121.22	95.89
D90/D30	4.97	3.06	2.88	5.99	5.12	4.65
Dmax	155.00	154.40	203.00	195.00	195.00	132.11

Fig. 24. Synthèse des résultats de l'analyse granulométrique par la méthode de Wolman – Comparaison des tronçons amont/aval

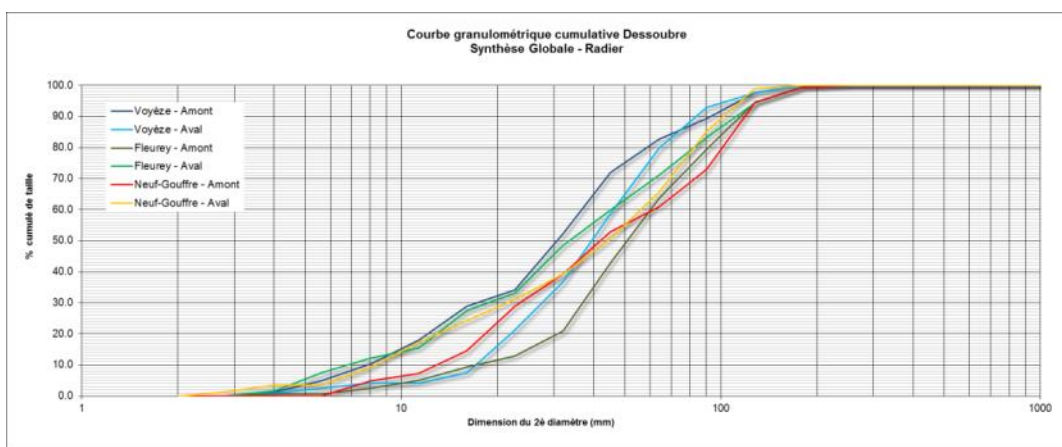


Fig. 25. Synthèse des courbes granulométriques cumulatives - radiers

En complément de cette analyse, nous nous sommes intéressés à l'évolution des diamètres médians, le D30, le D90 et la largeur de plein bord, ce qui nous permis d'aboutir à la courbe suivante :

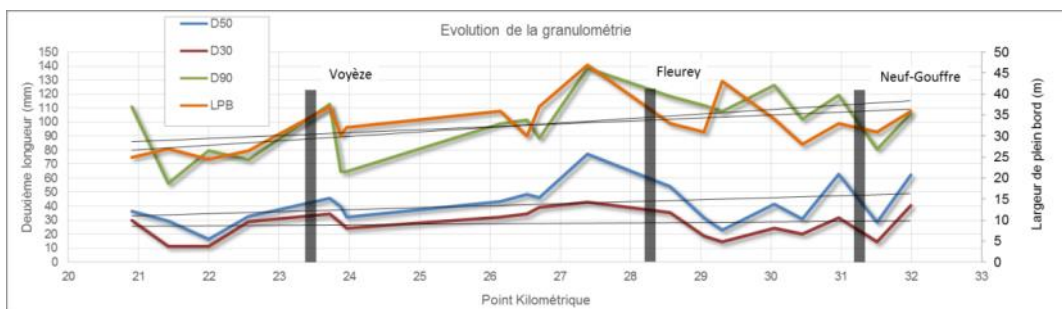


Fig. 26. Evolution de la granulométrie des radiers sur le profil en long du Dessoubre

Restauration de la continuité écologique sur le secteur aval du Dessoubre au droit des seuils de « Fleurey », « Neuf Gouffre » et la « Voyèze »

Diagnostic – Avant-Projet et propositions – Ouvrage de la Voyèze

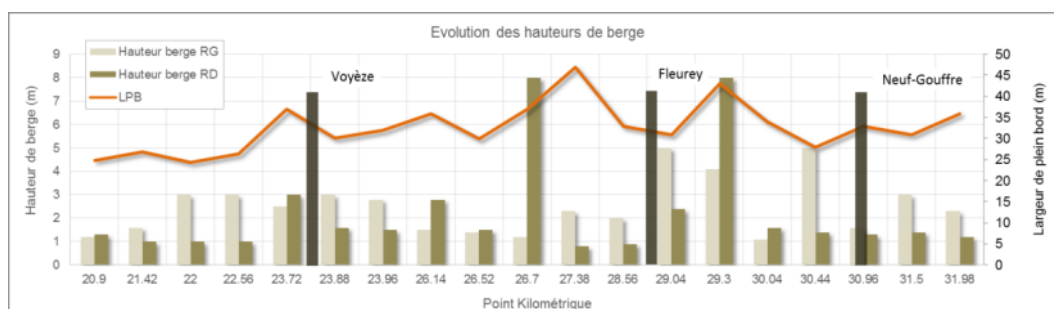


Fig. 27. Evolution des hauteurs de berges sur le profil en long du Dessoubre

Sur le graphique précédent, chaque couple (D30, D50, D90 et LPB) pour un PK donné correspond à une mesure réalisée sur un radier, soit 19 mesures. En termes d'évolution des fonds, peu d'ajustements semblent avoir eu lieu, les données relatives à la morphologie du lit apparaissent semblables entre les secteurs avec des largeurs de plein bord comprises entre 25 et 50 m.

Cette stabilité de la morphologie du lit mineur d'amont en aval s'explique logiquement par une relative stabilité du lit mineur et par un impact des ouvrages sur le transit sédimentaire très réduit, on notera tout de même un léger impact sur la granulométrie, qui tend à augmenter suivant la pente du profil en long.

En termes de reprise d'érosion et d'ajustements latéraux, le même constat est dressé. Le lit apparaît stable en plan, avec des berges cohésives et enrochées.

Les principales conclusions relatives au transit sédimentaire sont les suivantes :

- Le transit sédimentaire du Dessoubre par charriage est très limité en lien avec des apports réduits et des capacités de transport des matériaux constitutifs du lit fortement limités du fait d'une granulométrie importante. Les seuls éléments visiblement mobiles sont des sédiments fins (sables) transportés en partie en suspension.
- Les retenues des ouvrages apparaissent en conséquence peu remplies ;
- Les dépôts observés en aval des ouvrages sont composés des éléments retrouvés dans la retenue. Ils indiquent un transit sédimentaire actif malgré la présence des ouvrages ;
- La stabilité de la granulométrie des matériaux du lit en amont et en aval des ouvrages hydraulique traduit l'absence réelle de rupture granulométrique qu'aurait pu induire les ouvrages ;

Ainsi, il est possible de dire que les ouvrages hydrauliques ont un impact réduit sur le piégeage de sédiment et sont relativement transparents vis-à-vis du transit sédimentaire. En termes de morphologie du lit, les conséquences des ouvrages hydrauliques ressortent insignifiantes, en lien avec un transit sédimentaire réduit et avec un impact quasi-nul, une dynamique intrinsèque naturellement faible et une stabilité longitudinale et latérale du lit mineur.

Restauration de la continuité écologique sur le secteur aval du Dessoubre au droit des seuils de « Fleurey », « Neuf Gouffre » et la « Voyèze »

Diagnostic – Avant-Projet et propositions – Ouvrage de la Voyèze

Restauration de la continuité écologique sur le secteur aval du Dessoubre au droit des seuils de « Fleurey », « Neuf Gouffre » et la « Voyèze »

Carte des radiers à l'étude : seuil de la Voyèze

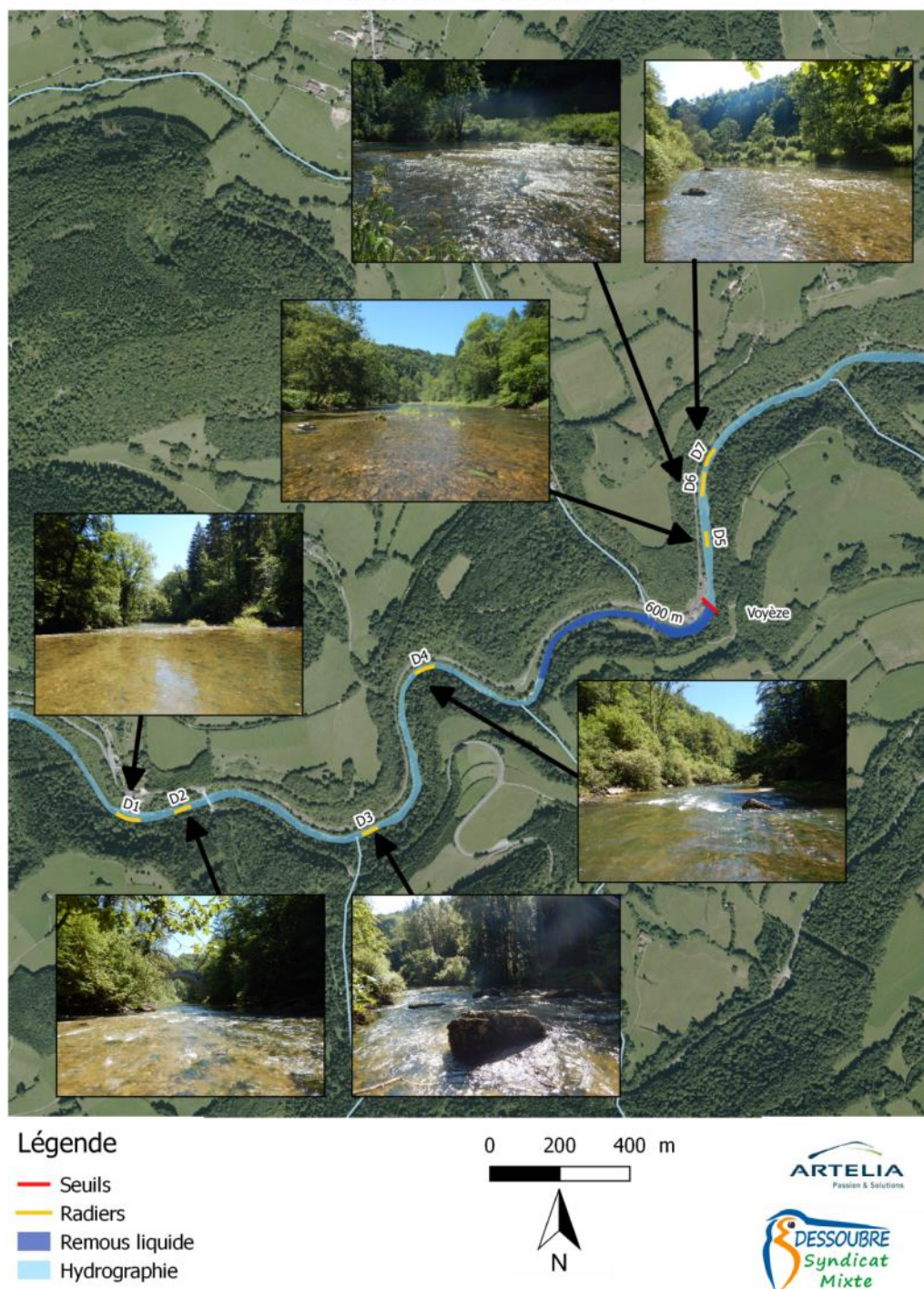


Fig. 28. Carte de localisation des mesures granulométriques – Seuil de la Voyèze

Restauration de la continuité écologique sur le secteur aval du Dessoubre au droit des seuils de « Fleurey », « Neuf Gouffre » et la « Voyèze »

Diagnostic – Avant-Projet et propositions – Ouvrage de la Voyèze

Restauration de la continuité écologique sur le secteur aval du Dessoubre au droit des seuils de « Fleurey », « Neuf Gouffre » et la « Voyèze »

Carte des radiers à l'étude : seuil de Fleurey

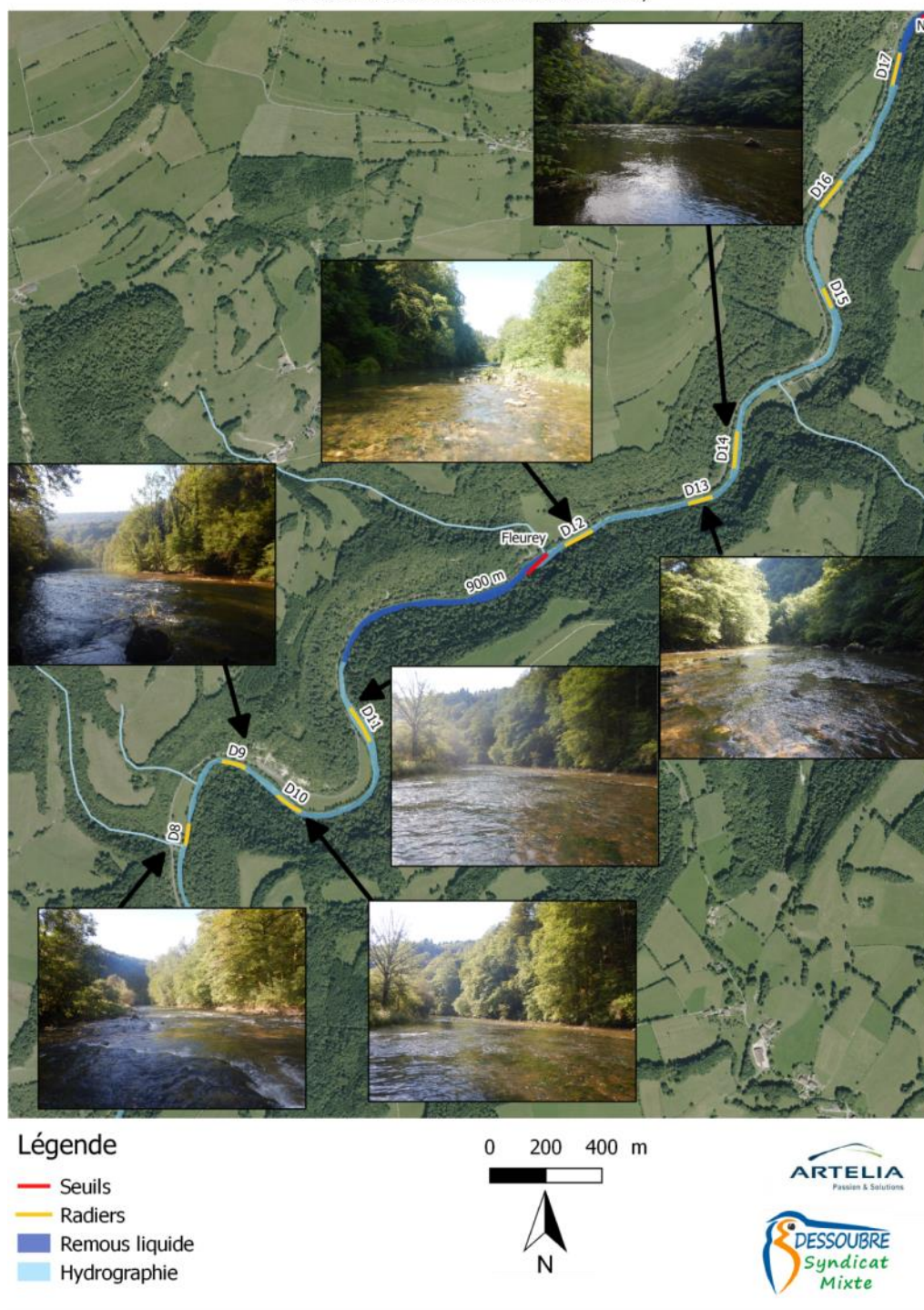


Fig. 29. Carte de localisation des mesures granulométriques – Seuil de Fleurey

Restauration de la continuité écologique sur le secteur aval du Dessoubre au droit des seuils de « Fleurey », « Neuf Gouffre » et la « Voyèze »

Diagnostic – Avant-Projet et propositions – Ouvrage de la Voyèze

Restauration de la continuité écologique sur le secteur aval du Dessoubre au droit des seuils de « Fleurey », « Neuf Gouffre » et la « Voyèze »

Carte des radiers à l'étude : seuil de Neuf-Gouffre

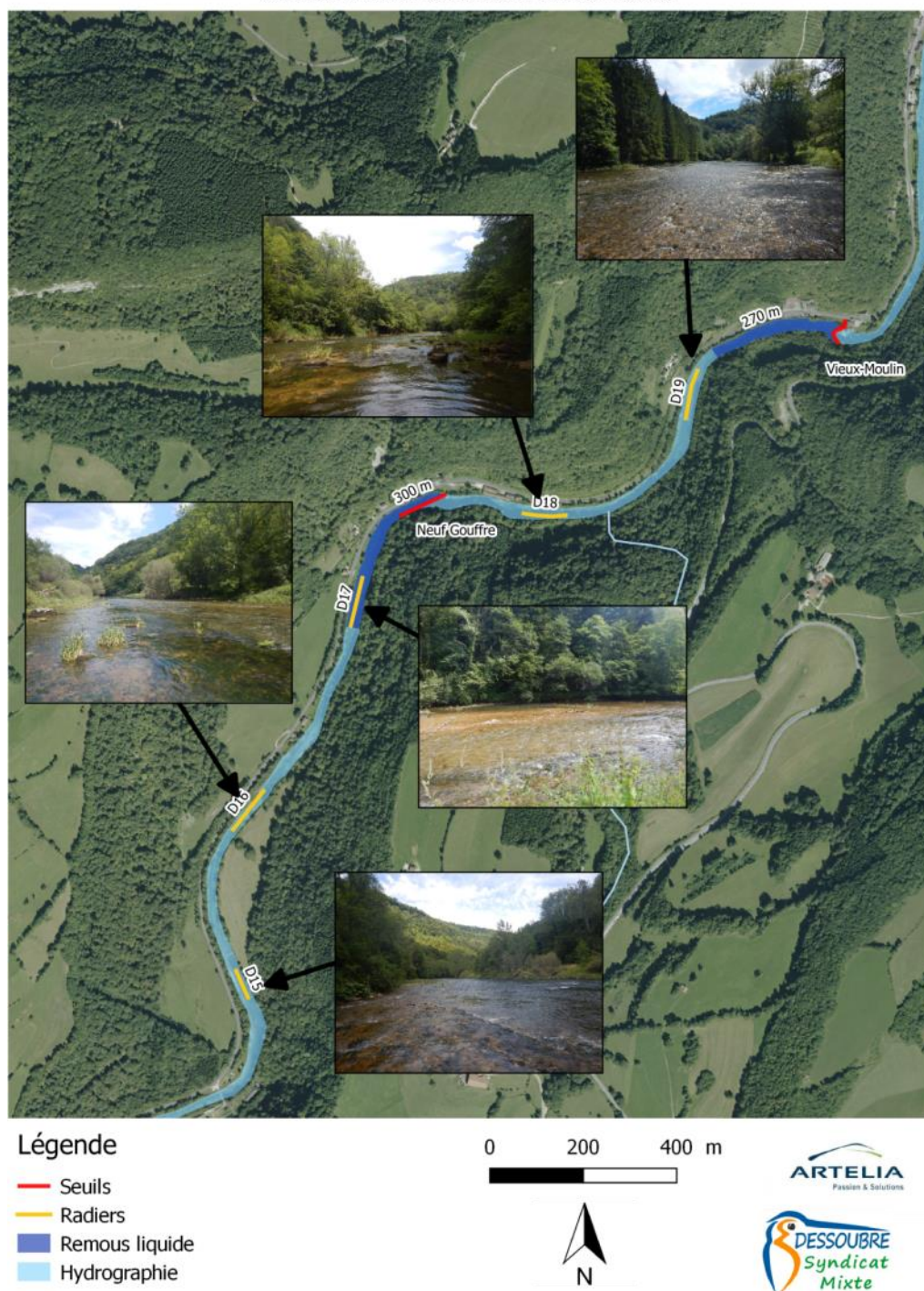


Fig. 30. Carte de localisation des mesures granulométriques – Seuil de Neuf-Gouffre

Restauration de la continuité écologique sur le secteur aval du Dessoubre au droit des seuils de « Fleurey », « Neuf Gouffre » et la « Voyèze »

Diagnostic – Avant-Projet et propositions – Ouvrage de la Voyèze

2.4.1.3. CAPACITES DE CHARRIAGE

Nous avons réalisé des mesures granulométriques de surface sur des accumulations sédimentaires. A noter que les mesures effectuées incluent l'armurage certain en surface. Même si la granulométrie dans la masse serait inférieure, ces mesures nous permettent d'appréhender la capacité de mobilisation effective de la charge, et donc de destruction de la couche d'armurage.

Les mesures ont été réalisées de façon aléatoire sur la base du protocole de Wolman. Le long d'un décamètre, nous avons mesuré la deuxième plus grande dimension de sédiments grossiers prélevés à pas fixe.



Fig. 31. Bacs alluviaux échantillonnés

A noter que les bacs échantillonnés présentaient des caractéristiques granulométriques comparables, avec des sédiments grossiers mesurés situés à proximité immédiate du lit mouillé et facilement mobilisables.

Les résultats obtenus sont présentés dans les tableaux suivants :

Tabl. 6 - Synthèse des mesures granulométriques (en mm)

Diamètre (mm)	PT 973	PT 961
Dm	15.50	33.87
10	7.53	5.83
30	11.49	17.58
50	14.15	29.06
84	24.45	58.77
90	26.15	69.58
Rapport D90/D30	2.28	3.96
Dmax	34.77	140.14

Restauration de la continuité écologique sur le secteur aval du Dessoubre au droit des seuils de « Fleurey », « Neuf Gouffre » et la « Voyèze »

Diagnostic – Avant-Projet et propositions – Ouvrage de la Voyèze

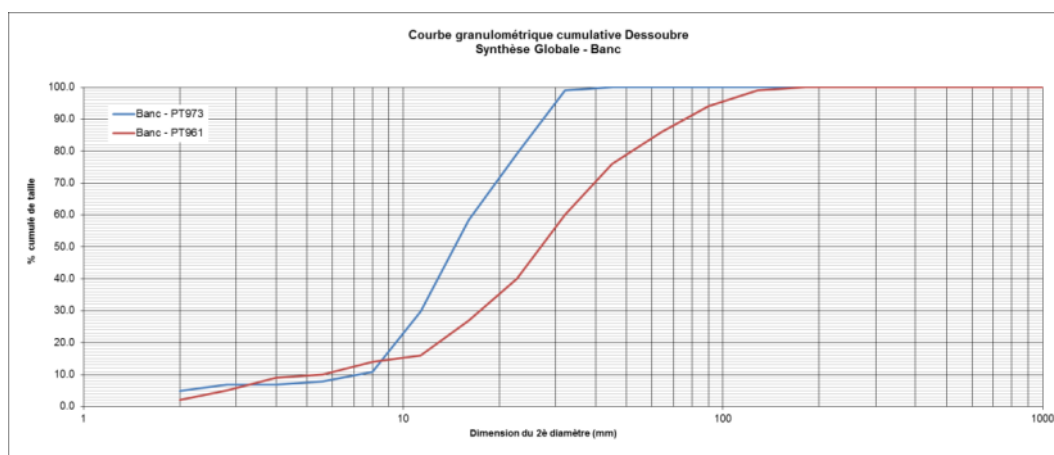


Fig. 32. Synthèse des courbes granulométriques cumulatives - banc

A partir de ces données, nous avons procédé à une estimation des capacités de transport solide par charriage à partir des formules de Lefort, 2015 et Recking, 2013. Les résultats obtenus varient entre les valeurs suivantes :

- Débit de mobilisation de la charge de fond (ou charriage total) de l'ordre de 70 à 100m³/s (crue biennale) ;
- Capacité transit sédimentaire par charriage de l'ordre de 500 à 1000 m³/an.

2.4.2. Capacités d'ajustement morphologique

2.4.2.1. PUISSANCE SPECIFIQUE

La puissance d'un cours d'eau est la quantité d'énergie que possède l'écoulement pour transporter sa charge sédimentaire et qui doit être absorbée par friction. Si l'énergie est non suffisante pour transporter la charge sédimentaire, les sédiments se déposeront au fond du cours d'eau. Si l'énergie ne peut être absorbée par friction, le fond du cours d'eau et/ou le talus seront érodés par l'écoulement.

La puissance peut être définie comme la puissance brute (Ω) : $\Omega = \rho \, g \, Q_b \, S$

Ω = puissance (kg m s⁻²) (W m⁻¹)

ρ = masse spécifique de l'eau (1000 kg m³)

g = accélération gravitationnelle (9,8 m s⁻²)

Q_b = débit plein bord (m³ s⁻¹)

S = pente du cours d'eau (m m⁻¹)

La puissance spécifique (ω) est calculée comme suit : $\omega = \Omega / l$

ω = puissance (watt/m²)

Ω = puissance (kg m s⁻²) (W m⁻¹)

l la largeur du lit pour le débit de plein bord (m)

En fonction des secteurs et des profils en travers, la puissance spécifique calculée pour le débit de plein bord varie entre 80 et 300 W/m², ce qui correspond à des niveaux de puissance élevées et synonymes de capacité théorique d'ajustement du fait du dépassement du seuil bibliographique de 35 W/m² (Brooke, 1988).

Restauration de la continuité écologique sur le secteur aval du Dessoubre au droit des seuils de « Fleurey », « Neuf Gouffre » et la « Voyèze »

Diagnostic – Avant-Projet et propositions – Ouvrage de la Voyèze

Tabl. 7 - Calcul des puissances spécifiques du Dessoubre

Localisation	N° Profil	Puissance spécifique (W/m ²)
Voyèze	T8	105.9
	T5	131.9
	T3	88.9
	T1	165.8
Fleurey	T8	141.8
	T6	99.7
	T3	141.1
	T1	114.4
Neuf-Gouffre	T8	85.2
	T6	130.4
	T3	257.5
	T1	305.4

2.4.2.2. FORCES TRACTRICES

Pour chaque profil en travers, les forces tractrices ont été calculées. Les résultats sont synthétisés dans le tableau suivant :

Tabl. 8 - Calcul des forces tractrices du Dessoubre sur le secteur d'étude

Localisation	N° Profil	Force tractrice (Pa)
Voyèze	T8	42.6
	T5	51.3
	T3	36.6
	T1	58.5
Fleurey	T8	50.0
	T6	49.3
	T3	50.4
	T1	45.4
Neuf-Gouffre	T8	39.6
	T6	46.4
	T3	70.2
	T1	81.3

A la lecture de ce tableau, les forces tractrices varient entre 30 et 80 N/m², ce qui constitue également un niveau modéré mais qui traduit néanmoins de réelles capacités d'érosion de berge. Néanmoins, ces forces tractrices restent insuffisantes pour altérer des protections de berges en enrochements mises en œuvre sur l'ensemble du secteur d'étude.



Fig. 33. Erosion de berges

Restauration de la continuité écologique sur le secteur aval du Dessoubre au droit des seuils de « Fleurey », « Neuf Gouffre » et la « Voyèze »

Diagnostic – Avant-Projet et propositions – Ouvrage de la Voyèze

2.4.2.3. SYNTHÈSE

Les paramètres précédemment calculés témoignent de réelles capacités d'ajustement morphologique du Dessoubre. Cette analyse théorique est ici pleinement cohérente avec les observations faites sur le terrain. Or le Dessoubre, sur le secteur d'étude, est une rivière qui est contrainte par les protections de berge en enrochement et par les versants.

2.5. CONSTAT D'EQUILIBRE ET TENDANCE EVOLUTIVE**2.5.1. Profil en long**

De façon générale, ne disposant que de peu d'élément de comparaison, seule la tendance d'incision du fond du lit du Dessoubre est constatée, par les observations de terrain. Dans le respect du fonctionnement hydraulique et morphodynamique actuel, cette tendance ne devrait logiquement pas s'aggraver. Le Dessoubre entretient un certain équilibre morphologique, garant du fonctionnement de l'hydrosystème.

2.5.2. Mobilité latérale

Nous avons pu constater que la mobilité latérale du lit du Dessoubre reste très limitée, voire même figée. En effet, le cours d'eau s'écoule dans un contexte de gorge avec des protections de berges assez importantes, ce qui limite la mobilité latérale. Après restauration de la continuité écologique du Dessoubre, il n'est pas attendu que la mobilité du Dessoubre soit active.

2.5.3. Zoom sur les risques induits par le dérasement des ouvrages

Rappelons que le projet prévoit le dérasement des ouvrages hydrauliques (Voyèze, Fleurey et Neuf-gouffre) pour restaurer la continuité écologique au droit des ouvrages mais aussi pour restaurer de la qualité physique du Dessoubre dans la zone de retenue d'eau actuelle.

Le retour à un point d'équilibre, en cas de dérasement, dépend d'une part de l'importance de l'impact et d'autre part également de la capacité du cours à s'ajuster.

Les différentes approches (théorique et terrain) mettent l'accent sur la relative stabilité du lit du Dessoubre. Le transit sédimentaire du Dessoubre par charriage est très limité en lien avec des apports réduits et des capacités de transport des matériaux constitutifs du lit fortement limités du fait d'une granulométrie importante. Les retenues des ouvrages apparaissent en conséquence peu remplies et la stabilité de la granulométrie des matériaux du lit d'amont en aval traduit l'absence d'impact significatif des ouvrages.

En l'absence d'incidence sur le transit sédimentaire, peu d'ajustements morphologiques sont à attendre suite aux effacements des trois ouvrages. Les pentes d'équilibres du Dessoubre, suivant les secteurs sont d'ores déjà atteintes.

Les ajustements possibles seront localisés au niveau des ouvrages hydrauliques et les matériaux pourront être mobilisés au gré des crues, sans incidence majeure sur le cours d'eau. Après effacement, quelques radiers structurant le profil en long pourront apparaître.

En revanche, les enjeux tels que les ponts, les routes et le bâti avec les murs de soutènement devront être pris en compte dans le dimensionnement des aménagements.

2.6. CONCLUSION SUR LA COMPOSANTE GEOMORPHOLOGIQUE

En fonction des principes précédemment avancés, il est aisément possible de convenir que l'ensemble du linéaire du Dessoubre est effectivement le siège de dysfonctionnements liés à plusieurs types d'altération.

Toutefois, il est primordial de préciser que ces altérations demeurent, dans le cas du Dessoubre, essentiellement attachées à des **conditions d'habitats et non à de réelles questions d'équilibre d'un point de vue morpho-dynamique, n'empêchant ainsi nullement la rivière de conserver une grande naturalité** (pour mémoire, la vallée du Dessoubre est inscrite dans le périmètre du site Natura 2000 « Les vallées du Doubs, du Dessoubre et de la Reverotte », témoignant du caractère exceptionnel du bassin).

Cette particularité du tronçon de cours d'eau considéré est, à priori, le fruit d'un ensemble de facteur dont les principaux sont :

- La physionomie même de la vallée où les formes du relief ont définitivement influencé le façonnement physique du lit. La morphologie et les caractéristiques globales de la vallée où un cours d'eau s'écoule conditionnent nécessairement les possibilités de mouvement d'un hydrosystème. Dans le cas du tronçon du Dessoubre à l'étude, les formations et contreforts rocheux au sein desquels la rivière s'engage, limitent drastiquement les possibilités de mouvement. Régulièrement, ces structures se confrontent aux écoulements du Dessoubre jusqu'à former des falaises ou talus d'éboulis, surplombant la rivière. Aussi, ces structures constituent de véritables points de fixation du profil en long à travers leur affleurement rocheux. Cette caractéristique de la vallée explique entre autres que le profil en long naturel de la rivière correspond à un profil en « marches d'escalier » ;
- Le caractère des boisements ripicoles et de versant. Les formations pionnières sont rapidement substituées à des boisements à bois durs (frênaie-aulnaie, saulaies, chênaies) aux marges du lit mineur.

Depuis plusieurs siècles et du point de vue du tracé du cours d'eau, les formes générales du lit sont stables, et ce malgré, une puissance spécifique souvent élevée dans l'emprise du secteur d'étude (comprise entre 80 et 300 W/m² selon les profils).

Ces différentes constatations sont d'ailleurs confirmées par :

- Le tracé en plan des principales sinuosités du Dessoubre ;
- L'absence de chenaux de crue ou annexe hydraulique ;
- Le processus d'érosion latérale ralentie par des protections en enrochements ;
- L'âge des végétaux rivulaires.

De façon schématique, les variations physiques du lit du Dessoubre semblent être avant tout produites dans une dimension altitudinale et non latérale, à travers :

- Le prélèvement de sédiments en lit mineur ;
- Le retrait de gros blocs permettant le flottage du bois ;
- Une incision ancienne de 0.5 à 1.0 m qui semble être arrêtée.

Les principales incidences induites par les dérasements des ouvrages justifient de notre point de vue une intervention sur la qualité des habitats futurs dans la zone de retenue et sur le respect des connexions avec les affluents.

3. CONTEXTE HYDRO-ÉCOLOGIQUE

3.1. DESCRIPTION DU PEUPLEMENT ET DES ENJEUX LOCAUX

3.1.1. Classement des cours d'eau

La Loi sur l'Eau et les milieux aquatiques (LEMA, 30 décembre 2006) se substitue aux lois précédentes en matière de classement de cours d'eau. Elle transpose en droit français la Directive cadre européenne sur l'eau (DCE) qui fixe l'atteinte du bon état pour beaucoup de cours d'eau à l'horizon 2015 (ou 2021 et 2027 en cas de dérogation). La notion de continuité écologique y est particulièrement mise en évidence. Ainsi, elle remet au goût du jour le classement des cours d'eau en identifiant 2 listes (art. L.214-17 du Code de l'Environnement) :

- **Liste 1 : Les rivières à préserver**

Cette liste comporte des cours d'eau, des parties de cours d'eau ou des canaux parmi ceux :

- Qui sont en très bon état écologique ;
- Qui jouent le rôle de réservoir biologique nécessaire au maintien ou à l'atteinte du bon état écologique des cours d'eau d'un bassin versant ;
- Ou dans lesquels une protection complète des poissons migrateurs est nécessaire (fort enjeu migrateur amphihalins reprenant en particulier les axes du PLAGEPOMI).

Sur ces cours d'eau, aucun nouvel ouvrage, s'il constitue un obstacle à la continuité écologique, ne pourra être établi.

Les ouvrages existants sont subordonnés à des prescriptions permettant de maintenir le très bon état écologique et assurer la protection des poissons migrateurs.

L'aménagement des ouvrages en place pour la restauration des continuités est ici subordonné aux obligations imposées lors du renouvellement d'autorisation/concession.

- **Liste 2 : Les rivières à restaurer**

Cette liste comporte les cours d'eau, les parties de cours d'eau ou les canaux dans lesquels il est nécessaire :

- D'assurer le transport suffisant des sédiments ;
- D'assurer la circulation des poissons migrateurs.

Sur ces cours d'eau, tout ouvrage doit être géré, entretenu et équipé dans un délai de 5 ans après la publication de l'arrêté du préfet coordonnateur de bassin.

D'après l'arrêté du 16 Juillet 2013 (mis en application en Septembre 2013) pris par le Préfet coordonnateur du bassin Rhône-Méditerranée, le Dessoubre est classé en liste 1 et liste 2.

3.1.2. Contexte piscicole

Les plans départementaux pour la protection du milieu aquatique et la gestion des ressources piscicoles (PDPG) ont instauré un découpage du réseau hydrographique national en **contextes piscicoles**. Un contexte piscicole est défini comme « **une unité spatiale dans laquelle une**

Restauration de la continuité écologique sur le secteur aval du Dessoubre au droit des seuils de « Fleurey », « Neuf Gouffre » et la « Voyèze »

Diagnostic – Avant-Projet et propositions – Ouvrage de la Voyèze

population de poissons fonctionne de façon autonome. Il est établi pour une population repère dont les caractéristiques sont la représentativité du domaine et l'éco sensibilité ».

Il en existe trois :

- **Contexte salmonicole** : sont classés en contexte salmonicole les cours d'eau dont les caractéristiques naturelles conviennent au développement de l'espèce repère du contexte, la Truite fario, ainsi qu'à ses espèces d'accompagnement.
- **Contexte cyprinicole** : sont classés en contexte cyprinicole les cours d'eau dont les caractéristiques naturelles conviennent au développement de l'espèce repère du contexte, le Brochet, ainsi qu'à ses espèces d'accompagnement.
- **Contexte intermédiaire** : sont classés en contexte intermédiaire les cours d'eau dont les caractéristiques naturelles permettent de trouver conjointement les deux espèces des contextes cités précédemment. Les espèces repères de ce contexte sont l'Ombre commun et les cyprinidés d'eaux vives.

Le Dessoubre est classé en contexte Salmonicole.

3.1.3. Classement en catégories piscicoles

Le classement des cours d'eau en domaines piscicoles est un classement administratif départemental sur lequel s'appuie la **réglementation halieutique**. Basé principalement sur la typologie des cours d'eau et les peuplements piscicoles en place, il permet de classer les cours d'eau selon deux catégories distinctes :

- La 1ère catégorie piscicole : elle correspond à des cours d'eau où vivent principalement des espèces piscicoles d'eaux vives de type Salmonidés (ex : Truite) ;
- La 2ème catégorie piscicole : elle correspond à des eaux qui abritent majoritairement des populations de poissons de type Cyprinidés.

Ce classement permet avant tout la gestion et l'organisation de la pratique de la pêche de loisir sur le territoire. Il n'est pas représentatif de la qualité des milieux aquatiques et peut être discordant du contexte piscicole : un cours d'eau peut être classé en 2ème catégorie piscicole malgré une typologie caractéristique du contexte salmonicole ou inversement.

Le Dessoubre est une rivière de 1^{re} catégorie tout à fait typique puisqu'il possède un cheptel exceptionnel de truites, d'ombres et d'espèces accompagnatrices.

3.2. PEUPLEMENT PISCICOLE

Le Dessoubre, qui s'écoule au cœur d'une étroite vallée calcaire restée sauvage, possède un potentiel écologique exceptionnel, caractéristique des rivières salmonicoles du piémont Franc-Comtois. La réputation de sa valeur halieutique originelle, associée à un paysage naturel préservé, dépasse ainsi largement le cadre local. Cependant, le développement et la nature des activités anthropiques sur son bassin-versant karstifié, à dominante agricole et forestière, réduisent progressivement l'expression de ce potentiel depuis plusieurs décennies.

3.2.1. Nature du peuplement

Les données collectées sont issues de la Fédération Départementale de la Pêche du Doubs. Celles-ci proviennent d'un diagnostic de la qualité piscicole du Dessoubre et de ses affluents, réalisé en 2011.

Restauration de la continuité écologique sur le secteur aval du Dessoubre au droit des seuils de « Fleurey », « Neuf Gouffre » et la « Voyèze »

Diagnostic – Avant-Projet et propositions – Ouvrage de la Voyèze

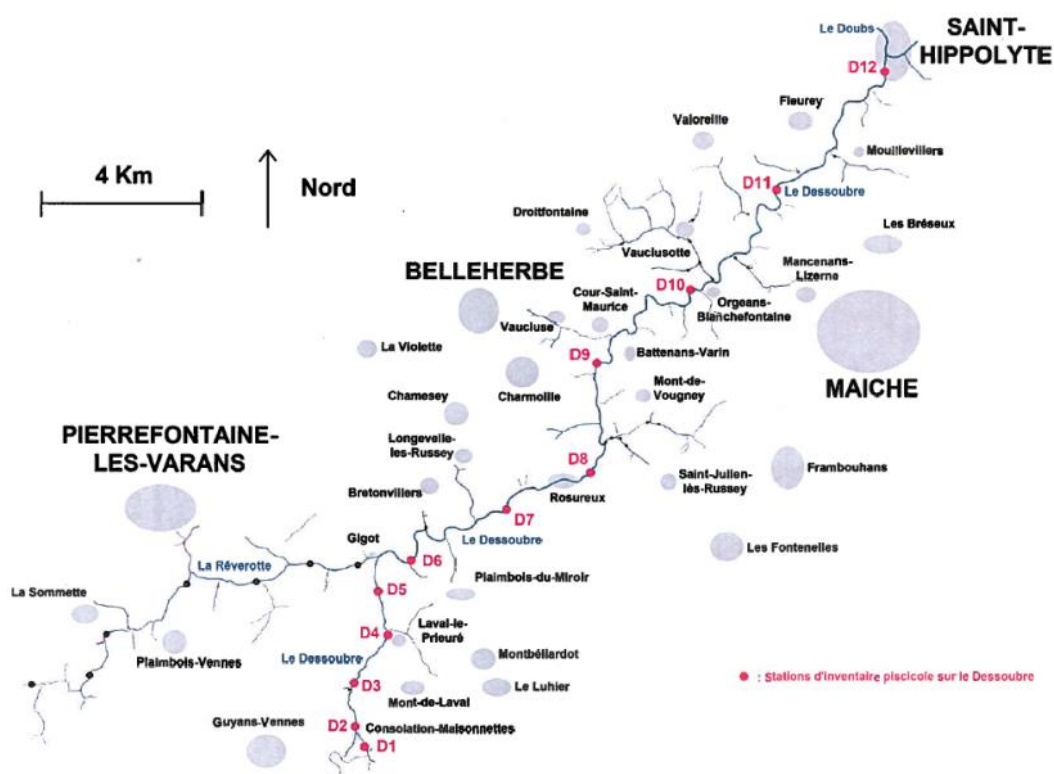


Fig. 34. Localisation des stations d'inventaire sur le Dessoubre

Un total de 10 espèces de poisson a pu être recensé tout au long du cours d'eau au cours de l'étude. Leur répartition suit un gradient amont/aval marqué, en relation avec les typologies stationnelles, allant de 2 espèces près des sources à 10 espèces au niveau de Saint-Hippolyte.

Tabl. 9 - Répartition des différentes espèces le long du Dessoubre

Stations			D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	D11	D12
Biocénotype			B1+	B2+	B3	B3	B2+	B4-	B4	B4+	B5-	B5	B5+	B5+
Espèces	CHA	Chabot	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	TRF	Truite	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	VAI	Vairon					X	X	X	X	X	X	X	X
	OBR	Ombre					X	X	X	X	X	X	X	X
	LPP	Lamper de Planer	Colonisation par l'aval impossible					X	X		X	X	X	X
	LOF	Loche franche							X	X	X	X	X	X
	BLN	Blageon										X	X	X
	CHE	Chevesne											X	X
	GOU	Goujon												X
	SPI	Spiralin												X

Quelques sont artefacts sont observés :

- Présence de l'ombre et du vairon à l'aval du Moulin Girardot (station D5) en raison de la proximité de la confluence avec la Réverotte à typologie plus basale et du glissement typologique avérée, mais absence plus en amont (stations D3 et D4) malgré une typologie désormais plus favorable en raison d'infranchissables artificiels ayant interdit une colonisation récente ;

Restauration de la continuité écologique sur le secteur aval du Dessoubre au droit des seuils de « Fleurey », « Neuf Gouffre » et la « Voyèze »

Diagnostic – Avant-Projet et propositions – Ouvrage de la Voyèze

- Absence anecdotique de la lamproie de Planer sur la station aval du Rosureux (D8) en raison de conditions d'habitat non respectées. Sa présence est en effet avérée sur la zone en présence de substrats favorables.

On notera ici une dernière fois que les peuplements observés sur les diverses stations ont tous une vocation typologique apicale marqué (absence systématique des éventuelles espèces présentant une affinité pour les niveaux inférieurs). Plusieurs axes d'explication de ces phénomènes :

- Peuplements actuels vestiges d'une typologie historique au caractère apical marqué (hausse de la thermie en été) ;
- Colonisation vers l'amont entravée par une multitude d'obstacles, les espèces concernées déployant pour la plupart des capacités de franchissement limitées ;
- Facteur morpho-dynamique global du cours d'eau demeurant à caractère torrentiel et défavorisant lesdites espèces (gardon, ablette, carpe, carassin...).

La typologie du Dessoubre au niveau du secteur d'étude est bien connue et correspond au biocénotype B5 sur la partie aval (Verneaux, 1973). C'est donc une rivière de pré-montagne dite salmonicole ou Rithron. Dans cette zone, les espèces typiques sont la truite et l'ombre. Elles sont accompagnées du vairon et du chabot. Théoriquement ce sont 8 espèces (chabot, truite, vairons, ombres, lamproie de Planer, loche franche, blageon, chevesne et goujon) qui sont susceptibles de coloniser la partie aval du Dessoubre.

3.2.2. Evolution au cours des dernières décennies

Sur les 10 espèces recensées, seules 5 furent signalées au cours des années 1970 (Verneaux, 1973) : chabot, truite, ombre, lamproie de Planer et loche franche. Néanmoins, la station la plus aval inventoriée à l'époque se situait au niveau de Fleurey et la comparaison doit être ramenée aux 8 espèces aujourd'hui présentes à ce niveau (station D11), blageon et chevesne manquant donc à l'appel 40 ans en arrière.

Hormis ces deux espèces, la composition qualitative globale du peuplement piscicole n'a pas évoluée depuis les années 1970. Cependant, l'évolution de la répartition des espèces historiquement présentes illustre assez nettement le phénomène de glissement typologique :

- Diminution des abondances de truite fario sur la partie aval ;
- Augmentation des abondances de l'ombre sur la moitié amont du Dessoubre, malgré un blocage à la colonisation au niveau du Moulin Girardot ;
- Extension nette, mais dans des abondances demeurant faibles, de la loche franche en direction de la tête du bassin. Cette avancée est nette mais contraste avec des abondances faibles liées aux obstacles migratoires et aux inhibitions de développement à mettre en relation avec la présence de toxiques.

Le phénomène de glissement typologique apparaît donc indéniable sur le Dessoubre. Il se traduit, davantage par un déplacement quantitatif des espèces historiques vers l'amont que par l'apparition de nouveaux taxons à affinités potamiques.

3.2.3. Qualité de l'habitat piscicole

L'IAM (Indice d'Attractivité Morphodynamique), développée par la DR5 du CSP (199-1998) et finalisé par TELEOS (1999-2000), permet d'évaluer la qualité habitationnelle d'une station vis-à-vis de la faune pisciaire. L'approche est basée sur une logique des pôles d'attraction : les combinaisons dynamiques des vitesses de courant, des hauteurs d'eau et des substrats sur une

Restauration de la continuité écologique sur le secteur aval du Dessoubre au droit des seuils de « Fleurey », « Neuf Gouffre » et la « Voyèze »

Diagnostic – Avant-Projet et propositions – Ouvrage de la Voyèze

station sont d'autant d'habitats potentiels à attractivité variable pour les poissons (Degiori et Raymond, 2000).

Dans la pratique, des cartographies des trois composantes sont réalisées selon un protocole standardisé, en condition d'étiage. La note obtenue peut ensuite être comparée aux notes référentielles qui sont fonction de la largeur moyenne des stations (un grand cours d'eau intègre une plus grande variété des composantes). Le rapport note obtenue/note théorique permet de proposer une classe de qualité physique correspondante, d'excellent à nulle, par tranche de 20%.

Les données qui vont suivre sont issues du travail de Gesell & Œuvray, 2009).

Tabl. 10 - IAM obtenus sur les stations du Dessoubre

Stations	Largeur Moyenne (m)	IAM Référence	IAM Mesuré	Classe de qualité
D1	6.2	7800	5950	Bonne
D2	9.4	9000	3897	Moyenne
D3	9.5	9100	5765	Bonne
D4	15.2	10800	3118	Mauvaise
D5	16.9	11000	7077	Bonne
D6	14.3	10500	7598	Bonne
D7	16.1	10900	3515	Mauvaise
D8	15.7	10900	10000	Excellente
D9	15.1	10800	3986	Mauvaise
D10	19.0	11500	3270	Mauvaise
D11	21.1	11700	3500	Mauvaise
D12	23.2	12000	4809	Moyenne

Les conditions les plus limitantes sont localisées dans la moitié aval du cours d'eau.

D'une manière générale, l'attractivité morpho-dynamique vis-à-vis du poisson est, sur le Dessoubre, principalement sanctionnée par les facteurs suivants :

- Une variété de classes de vitesses de courant limitée notamment par la sévérité des étiages actuels ;
- Une diversité moyenne des substrats rencontrés, dominés par les substrats minéraux de taille moyenne à faible (galet, graviers) ;
- Un colmatage fréquent des substrats, par endroit par incrustation de tuf, mais surtout par le développement d'algues filamenteuses, qui induit une réduction drastique de l'attractivité initiale du support originel sous-jacent ;
- La sous-représentation voire l'absence des branchages et caches de berges, habitats les plus biogènes, notamment pour la truite qui sur le Dessoubre représente normalement l'essentiel de la biomasse.

La qualité globale de l'eau apparaît être le facteur limitant majeur à la production piscicole du Dessoubre, la nivelant à un seuil maximal largement en deçà des potentialités initiales du cours d'eau. La qualité physique des stations concourt à ajuster les biomasses à un niveau plus ou moins élevé mais demeurant inférieur à un seuil d'inhibition.

3.2.4. Statuts de protection des espèces piscicoles

Le tableau ci-dessous présente les espèces piscicoles recensées sur le secteur et qui fait l'objet de statuts et de mesures de protection :

Tabl. 11 - Statuts et mesures de protection des espèces piscicoles recensées

Espèce		Directive européenne "Habitats-Faune-Flore" ¹		Arrêté du 8 déc ² 1988	Convention de Berne ³
Nom vernaculaire	Nom scientifique	Annexe II	Annexe V		Annexe III
Blageon	<i>Telestes souffia</i>	X			X
Chabot	<i>Cottus gobio</i>	X			
Ombre commun	<i>Thymallus thymallus</i>			X	
Lamproie de Planer	<i>Lampetra planeri</i>	X		X	X
Loche franche	<i>Cobitis taenia</i>			X	X
Truite fario	<i>Salmo trutta fario</i>			X	
Spirilin	<i>Alburnoides bipunctatus</i>				X

¹ **Directive européenne du 21 mai 1992** qui concerne la conservation des habitats naturels ainsi que les espèces de faune et de flore sauvages. Elle se compose de six annexes. **L'Annexe II** liste les types d'habitats et les espèces dont la conservation nécessite la désignation de Zones Spéciales de Conservation (ZSC). **L'Annexe V** concerne les espèces animales et végétales d'intérêt communautaire dont les prélèvements dans la nature et l'exploitation sont susceptibles de faire l'objet de mesures de gestion.

² **L'arrêté du 8 décembre 1988** fixe la liste des espèces de poissons protégées sur l'ensemble du territoire national.

³ Les espèces inscrites à **l'annexe III de la Convention de Berne de 1979** doivent faire l'objet d'une réglementation, afin de maintenir l'existence de ces populations hors de danger.

4. LA VALLEE DU DESSOUBRE ET SA RICHESSE ECOLOGIQUE

4.1. LA VALLEE DU DESSOUBRE, DE LA REVEROTTE ET DU DOUBS

4.1.1. Présentation de la zone Natura 2000

Situé à l'est du département, la zone Natura 2000 – Directive Habitats et Directive Oiseaux couvre une superficie de 16 271ha. Les vallées du Doubs, du Dessoubre et de la Reverotte incisent profondément les plateaux calcaires du Jurassique selon un axe globalement orienté nord-est sud-ouest. La disposition tabulaire des roches conditionne des versants abrupts mais cependant réguliers. Les parties hautes sont constituées de corniches calcaires tandis que les parties basses sont ennoyées de cailloux et d'argiles. Les fonds de vallée restent étroits.

Dans cet ensemble, la forêt est dominante, les peuplements feuillus, résineux ou mixtes couvrant les versants abrupts. Cependant, les falaises et amphithéâtre rocheux, les prairies de pente, les réseaux de haies et bosquets, les fonds de vallée s'évasant régulièrement à la faveur d'afférences latérales confèrent à l'ensemble un attrait paysager remarquable et relativement diversifié

4.1.2. Principaux habitats naturels et espèces patrimoniales

Le site montre une grande diversité d'habitats et d'espèces, due en partie à l'hétérogénéité des types de milieux et des conditions (altitude, exposition, etc...) que l'on y rencontre. La surface couverte par des habitats d'intérêt communautaire représente plus de la moitié de la surface totale du site (les massifs forestiers contribuent en grande partie à cette proportion) et leur nombre est considérable, compte tenu de la surface considérée. Le nombre d'espèces animales d'intérêt communautaire est lui aussi conséquent, à la fois pour les deux directives.

L'intérêt floristique du site est majeur, en raison du nombre d'espèces classées à des statuts de protection divers et listes rouges. Certaines espèces végétales associées à des milieux extrêmes (pelouses sèches, éboulis, habitats rocheux, tourbières...) sont localisées dans quelques-unes des rares stations connues à l'échelle régionale ou se trouvent en limite d'aire de distribution dans le cas de plantes liées à des microclimats à tendances méditerranéennes.

Le site présente également de forts enjeux de conservation pour différentes espèces animales, ces dernières étant protégées au niveau national et/ou inscrites dans les Orientations Régionales de Gestion et de conservation de la Faune sauvage et de ses Habitats (ORGFH).

Ce territoire constitue un axe important, de par sa situation géographique à l'extrême nord du massif jurassien et la présence d'habitats à forte valeur, mais morcelés. Des espèces en limite d'aire de distribution ou disséminées sur des habitats ponctuels et isolés (populations de lépidoptères des zones humides par exemple) sont d'autant plus fragiles que leur habitat se trouve fragmenté.

4.2. AUTRES ZONES REGLEMENTAIRES

Au-delà de la zone Natura 2000 qui correspond à la Vallée du Dessoubre, plusieurs zones réglementaires sont présentes sur le secteur d'étude :

Tabl. 12 - Listes des zones d'intérêt écologique

Zone d'intérêt écologique	Intitulé
ZNIEFF de type 2	Vallée du Dessoubre et ses falaises attenantes 430007813
ZNIEFF de type 1	Croix Beneton 430007815
ZNIEFF de type 1	Falaises de l'Essart de Saussaye 430007858
ZNIEFF de type 1	Falaises des bois de la combe du Falot 430007860
ZNIEFF de type 1	Côte de Liéprand et éboulis de Moricemaison 430020455
ZNIEFF de type 1	Falaise de la Voyèze 430020075
ZNIEFF de type 1	À Rochien 430007862
ZNIEFF de type 1	Cul de Vau et Vauclusotte 430007861
Arrêté de protection de biotope	Corniches calcaires du département du Doubs FR3800749
Arrêté de protection de biotope	Ecrevisse à pattes blanches et faune patrimoniale associée FR3800743

4.3. CARTE DE SYNTHÈSE

Restauration de la continuité écologique sur le secteur aval du Dessoubre au droit des seuils de « Fleurey », « Neuf Gouffre » et la « Voyèze »

Carte des enjeux naturels sur le secteur d'étude

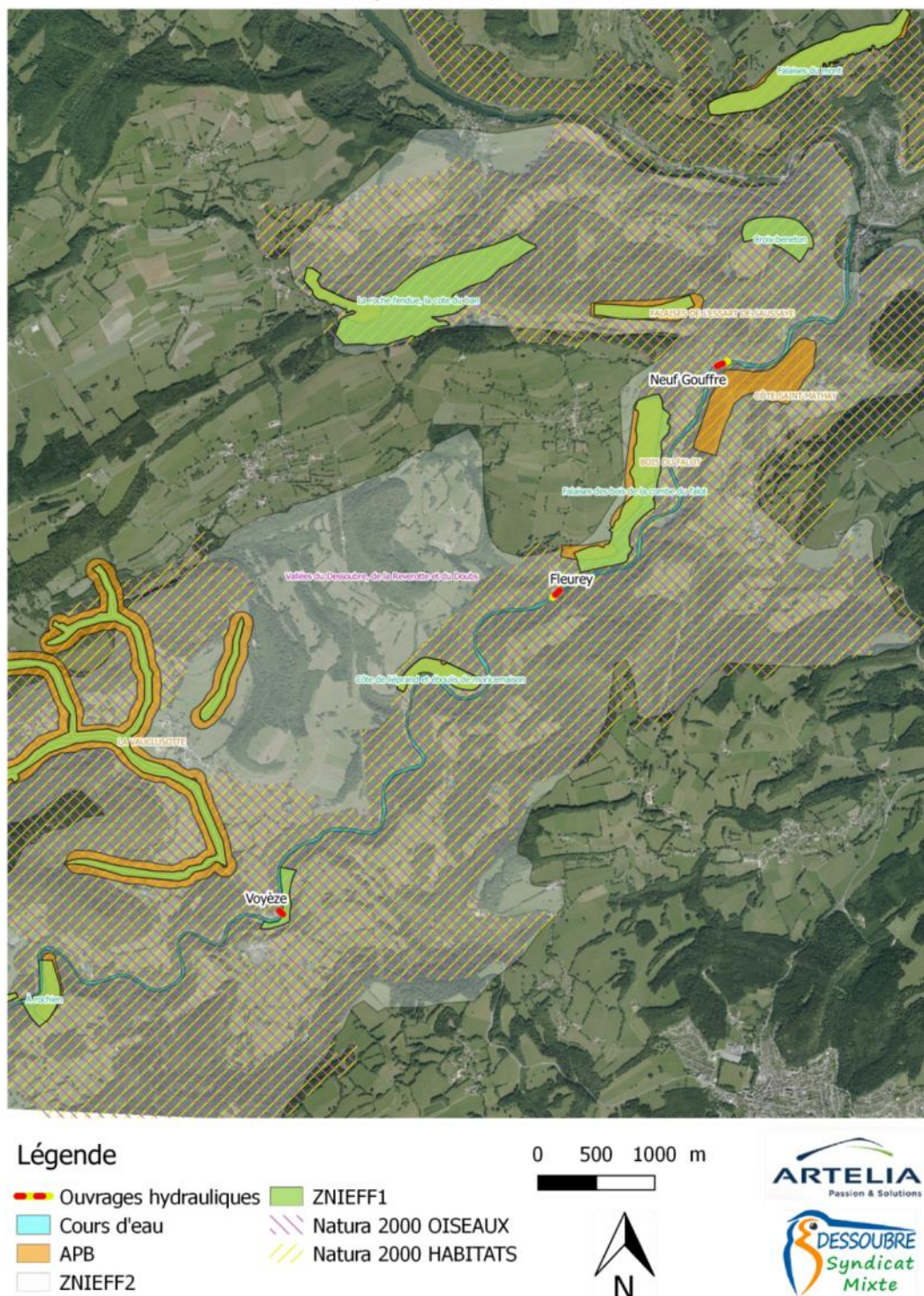


Fig. 35. Carte de synthèse des enjeux naturels sur le secteur d'étude



SECTION 3 AMENAGEMENT DE L'OUVRAGE DE LA VOYEZE

1. PRESENTATION DE L'OUVRAGE DE LA VOYEZE

1.1. NATURE ET FONCTIONNEMENT DU COMPLEXE

Le site de la Voyèze témoigne de ses activités passées à travers la présence du bâtiment enjambant l'ancien bief, puis le seuil transversal qui permet encore aujourd'hui l'alimentation de ce dernier. Désormais transformé en atelier de fabrication de meubles en bois, le moulin arbore un complexe hydraulique composé d'un bief en rive gauche, puis d'une vanne décharge de type « métallique sur glissières » qui s'intègre dans le seuil maçonné d'une quarantenaire de mètres.

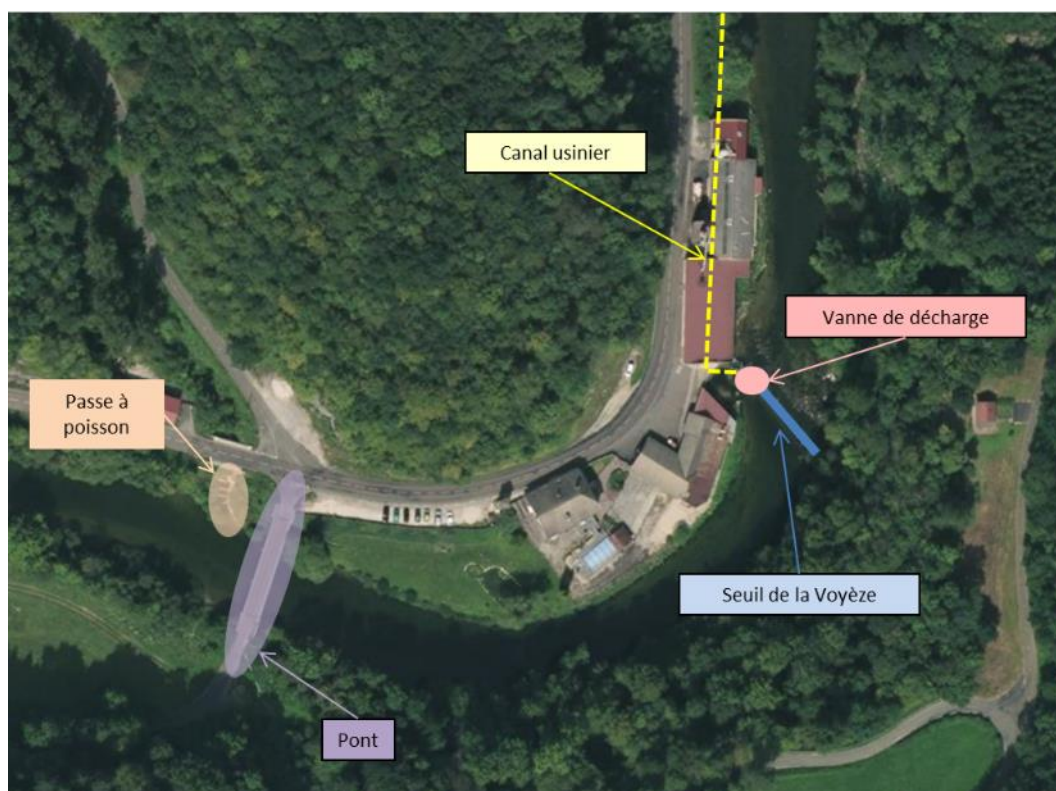


Fig. 36. Localisation du seuil de la Voyèze

1.1.1. Déversoir de la Voyèze

Cet ouvrage dispose d'une longueur déversante de l'ordre de 43 m. Il est constitué de parements amont et val en moellons (blocs de calcaire) soigneusement maçonnés en surface. L'état général de l'ouvrage est bon. Sa crête est arasée à une cote comprise entre 403.23 et 403.31 mNGF.

La longueur totale de l'ouvrage dans le sens de l'écoulement est d'environ 5 à 7 m.

Restauration de la continuité écologique sur le secteur aval du Dessoubre au droit des seuils de « Fleurey », « Neuf Gouffre » et la « Voyèze »

Diagnostic – Avant-Projet et propositions – Ouvrage de la Voyèze



Fig. 37. Seuil de la Voyèze et vue aval

1.1.2. Vanne de décharge

Il s'agit d'une vanne levante à crémaillère et vantellerie en bois. Elle se situe en rive gauche du Dessoubre, à côté du déversoir latéral. Elle dispose d'une largeur de 3.23m et d'une hauteur de 2.38 m. La cote d'arase est de 404.04 mNGF.

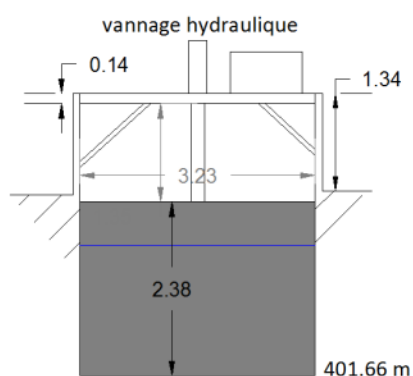


Fig. 38. Vanne de décharge du seuil de la Voyèze

1.1.3. Canal usinier

En rive gauche, l'ancien canal usinier pour acheminer l'eau afin d'utiliser sa force motrice est toujours présent. A l'entrée, une grille fine a été mise en place pour limiter la venue d'embâcle, celui-ci est en mauvais état. Aujourd'hui, un comblement de sédiment fin est visible en amont du dégrilleur ce qui limite fortement les entrées d'eaux dans le canal usinier.

Restauration de la continuité écologique sur le secteur aval du Dessoubre au droit des seuils de « Fleurey », « Neuf Gouffre » et la « Voyèze »

Diagnostic – Avant-Projet et propositions – Ouvrage de la Voyèze



Fig. 39. Canal usinier du site de la Voyèze

Aujourd'hui, la force motrice de l'eau n'est plus utilisée, et le propriétaire M. Bernardot, reconnais l'abandon et la fin d'usage de l'ouvrage de la Voyèze. Il renonce à utiliser la force motrice de l'eau au droit du moulin et accepte le principe d'un effacement de l'ouvrage et la remise en état du cours d'eau.

1.2. CONTEXTE PHYSIQUE ET ECOLOGIQUE

L'ouvrage de la Voyèze est le premier ouvrage rencontré sur notre secteur d'étude. Il est implanté en sortie d'une sinuosité du Dessoubre, elle-même adossée à un coteau forestier abrupt en rive droite. Un banc d'alluvions se dessine en aval de l'ouvrage par accumulation des matériaux transportés par la rivière (zone de perte de charge).

La ripisylve constituée de saules, ormes, et frênes, se fonde progressivement aux espèces plus mésophiles (hêtre, charme, chênes) sur les coteaux aux affleurements rocheux réguliers.

En amont de l'ouvrage, et dans l'emprise de l'importante retenue imposée par la présence du seuil, les berges présentent généralement une ripisylve caractéristique composée d'un cordon, d'aulnes et frênes, interrompues par des enrochements et des murs en rive gauche. L'ouvrage se situe après l'affluence du bief de Vau (commune Vauclusotte), dont la continuité écologique est assurée par une passe à bassin à échancrures.

1.3. PRINCIPAUX EFFETS DU SEUIL

De par son existence, l'infrastructure transversale construite est nécessairement la source de différents types d'altération susceptibles d'être résumés comme suit :

- Altération des flux solides et conditions d'écoulement

Le seuil de la Voyèze perturbe profondément les flux de matériaux alluvionnaires et altère l'équilibre sédimentaire de la rivière en modifiant les processus naturels de redistribution de ces éléments.

La présence de l'ouvrage impose l'adoption par la rivière d'un lit profondément homogène en amont (colmatage par les sables et limons des substrats graveleux, hauteurs d'eau importante). En outre, si les crues permettent à une part des éléments les moins grossiers de transiter vers l'aval, ces apports demeurent très modestes et loin d'être associés au transport des fractions granulométriques plus importantes.

Du point de vue des faciès d'écoulement, l'ouvrage impose le développement d'un plat lentique sur près de 600 mètres (effet « retenue ») limitant drastiquement l'attractivité du lit pour les salmonidés (absence de vitesses, importantes hauteurs d'eau, etc.).

- Altération de l'accès aux habitats

Du fait, avant tout, de sa hauteur de chute de 1.90m, mais aussi de la pente, l'ouvrage actuel doit être considéré comme difficilement franchissable. Il représente une rupture de la continuité de transit pour les biocénoses aquatiques et limite l'accès aux zones de reproduction (rôle de cloisonnement de la rivière). La retenue, en outre, participe nécessairement au réchauffement des eaux du fait non seulement du caractère lentique des écoulements, mais aussi et surtout en raison de l'absence de ripisylve en rive gauche.

- Un effet de « point dur »

En réduisant les processus naturels d'érosion latérale (absence de puissance de la rivière dans la zone de remous liquide (zone de la retenue), l'ouvrage peut être assimilé à un point de blocage de la dynamique fluviale et perturbe donc les processus de rééquilibrage morpho-dynamique (processus/jeu de l'érosion et des dépôts – travail naturel de la rivière à renouveler sa forme).

1.4. PRINCIPAUX ENJEUX DU COMPLEXE

1.4.1. Bâti riverain

Le complexe hydraulique a été réaménagé en une usine de fabrication de meubles. De plus, les propriétaires du complexe se sont installés en amont de l'ancien moulin, le long du Dessoubre. L'état structurel ainsi que les fondations ne sont pas connus. Néanmoins, lors du diagnostic visuel, le substratum a été observé au niveau de l'usine et des bâtiments techniques. A noter également, que l'ancien canal usinier n'est plus alimenté et est comblé sur une bonne partie du linéaire.

1.4.2. Pont de la Voyèze

Le pont de la Voyèze est localisé sur les communes d'Orgeans-Blanchefontaine et la Vaclusotte, à 200 m environ en amont du barrage de la Voyèze.

Le pont de la Voyèze est constitué de pierres maçonnées et de béton projeté mis en œuvre lors du confortement des piles. Ne connaissant pas la date de construction de l'édifice, le pont est visible sur les cartes d'Etat-major (années 1820 – 1866). Long de près de 45m, le pont possède les caractéristiques géométriques suivantes :

- Section utile pour les écoulements : 28.53 m ;
- 3 passes dont 2 piles maçonnées de 1.31 m de long :
 - Rive gauche : 8.35 m de long ;
 - Milieu : 8.87 m de long ;
 - Rive droite : 8.67 m de long ;
- Tablier inférieur allant de 406.83 mNGF à 408.15 mNGF ;
- Présence du canal d'alimentation du bassin de M. Bernardot, en rive gauche.



Fig. 40. Photo de la face amont (gauche) et aval (droite) du pont de la Voyèze

Après échanges avec les communes d'Orgeans-Blanchefontaine et de la Vaclusotte, gestionnaires de l'ouvrage, aucun document n'a été transmis. En revanche, le bureau d'études ARTEIS ingénierie et l'entreprise de travaux CLIVO ont transmis les plans de renforcement des piles, réalisés en 2009. La recherche n'a pas permis de connaître la structure et les fondations du pont avec précision.

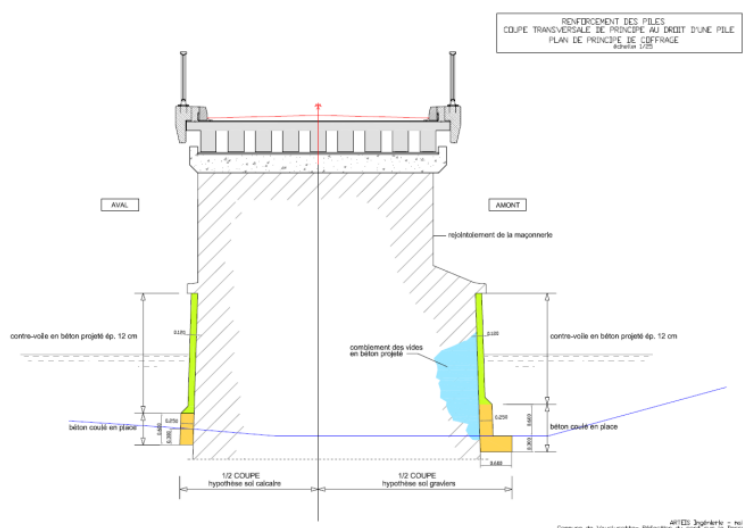


Fig. 41. Principe de coffrage des interventions de confortement du pont

Aussi, une élévation du pont a été réalisée par VEODIS 3D lors des relevés topographiques en 2018. Sur cette coupe, quelques signes d'affouillement sont perceptibles, allant de 60 cm à 1,00 m

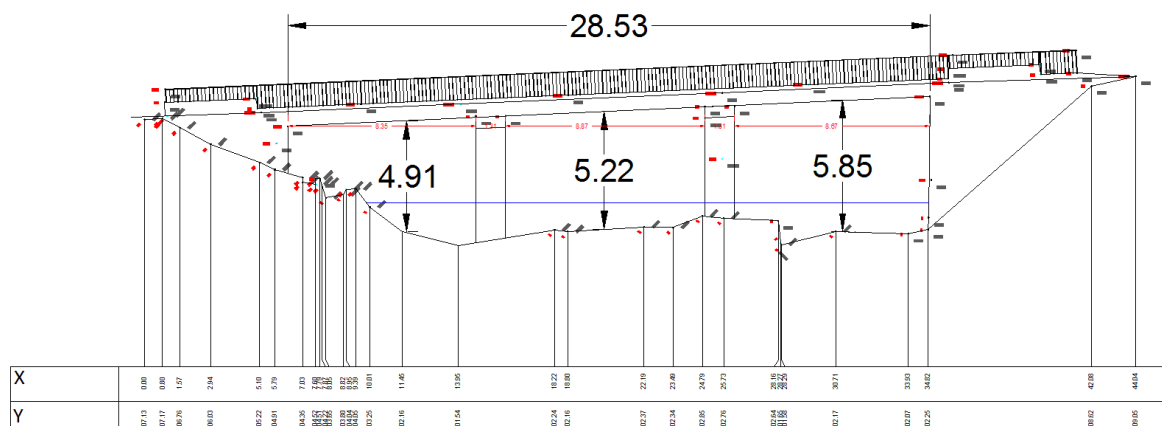


Fig. 42. Elévation du pont de la Voyèze

Le confortement des maçonneries des piles en 2009 est visible sur le terrain. Egalement, une reconnaissance visuelle a aussi mis en évidence un risque de basculement du muret du canal d'alimentation du bassin chez M. Bernardot.



Fig. 43. Désordres du pont de la Voyèze

1.4.3. Passe à poissons de la Vauclusotte

Permettant la restauration de la continuité écologique du ruisseau de la Vauclusotte, une passe à poissons, type pré-barrage a été réalisée.

Cette passe à poissons a été dimensionnée par le bureau d'études Naldéo, en 2013.

Les données d'entrée de dimensionnement de la passe à poissons actuelle proviennent du rapport d'étude du bureau d'études Naldéo et s'appuient sur le relevé topographique de 2018 par VEODIS 3D.

Les caractéristiques de la passe à poissons sont les suivantes :

- 3 bassins de 2 m de longueur et de 3.2 m de largeur ;
- Echancrure de 50 cm pour chaque pré-barrage ;
- Espèce cible : Truite fario.

Restauration de la continuité écologique sur le secteur aval du Dessoubre au droit des seuils de « Fleurey », « Neuf Gouffre » et la « Voyèze »

Diagnostic – Avant-Projet et propositions – Ouvrage de la Voyèze

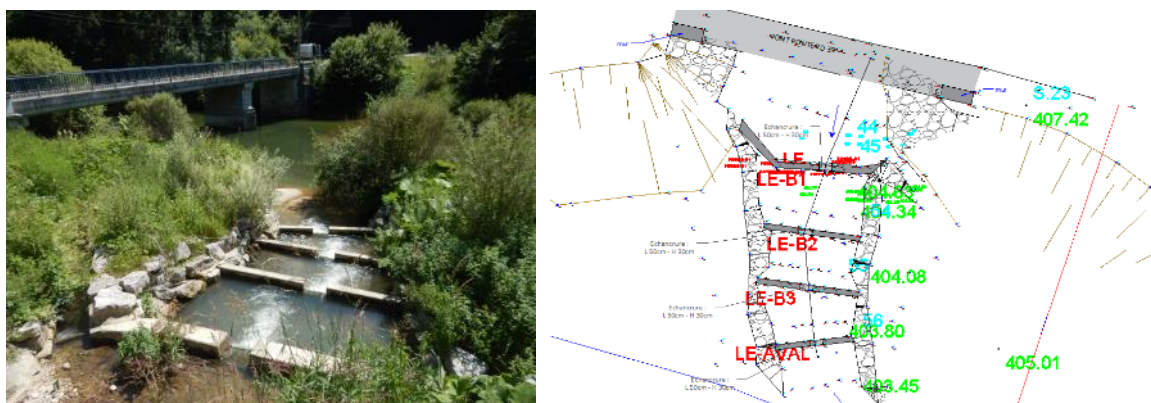


Fig. 44. Passe à pré-barrage de la Vaclusotte

2. FONCTIONNEMENT HYDRAULIQUE

2.1. PREMIERS ELEMENTS HYDRAULIQUE

La vallée du Dessoubre dans le Doubs n'est pas couverte par un Plan de Prévention du Risque d'Inondation (PPRi).

Le site Géorisques recense sept évènements historiques sur le secteur d'étude.

Tabl. 13 - Historiques des inondations sur la commune de la Vaclusotte (Géorisques)

Date de l'évènement	Type d'inondation
07/04/1983 - 12/04/1983	Rupture d'ouvrage de défense, Nappe affleurante, Crue nivale, Barrage, Crue pluviale (temps montée indéterminé), Ruissellement rural
13/02/1957 - 23/02/1957	Crue nivale, Crue pluviale lente (temps montée $t_m > 6$ heures), Lave torrentielle, Coulée de boue, Lahar
08/06/1953 - 10/06/1953	Rupture d'ouvrage de défense, Lave torrentielle, Coulée de boue, Lahar, Crue pluviale rapide (2 heures $< t_m < 6$ heures), Courant souterrain
31/12/1909 - 27/01/1910	Ruissellement rural, Nappe affleurante, Rupture d'ouvrage de défense, Mer/Marée, Crue nivale, Crue pluviale lente (temps montée $t_m > 6$ heures)
07/03/1896 - 11/03/1896	Crue pluviale lente (temps montée $t_m > 6$ heures), Crue nivale
30/11/1882 - 27/01/1883	Crue pluviale lente (temps montée $t_m > 6$ heures), Crue nivale, Drainage des eaux pluviales
27/10/1840 - 04/11/1840	Crue pluviale lente (temps montée $t_m > 6$ heures)

2.2. METHODOLOGIE

Dans le cadre de la restauration de la continuité écologique du Dessoubre au droit des trois ouvrages (Moulin de la Voyèze, Moulin de Fleurey et Moulin de Neuf-Gouffre), une étude

Restauration de la continuité écologique sur le secteur aval du Dessoubre au droit des seuils de « Fleurey », « Neuf Gouffre » et la « Voyèze »

Diagnostic – Avant-Projet et propositions – Ouvrage de la Voyèze

hydraulique a été réalisée afin d'observer l'impact des aménagements prévus sur le comportement hydraulique de ces masses d'eau.

Les objectifs de cette étude hydraulique sont les suivants :

- Définir les mesures envisageables sans accentuer les débordements en l'état actuel ;
- Evaluation de l'impact hydraulique après effacement des seuils et des aménagements (c'est-à-dire sur les écoulements de surface principalement en crue) de la modification du lit et des berges.

Nous avons suivi la méthodologie suivante :

- Reconnaissances de terrain ;
- Traitement des relevés topographiques (TELEOS et VEODIS 3D) ;
- Analyse hydrologique à partir de la station hydrologique de Saint-Hippolyte ;
- Analyse hydrologique pour l'estimation des débits caractéristiques de crue au droit du secteur d'étude ;
- Evaluation des impacts hydrauliques par comparaison entre les lignes d'eau calculés dans l'état initial et dans l'état aménagé.

2.3. MODELISATION HYDRAULIQUE

L'outil de modélisation employé est le logiciel HEC-RAS (version 4.1.0). Ce logiciel intégré pour l'analyse hydraulique, conçu par le Hydrologic Engineering Center de l'U.S Army Corps of Engineers, permet de simuler les écoulements à surface libre.

Le modèle réalisé représente la configuration du Dessoubre au droit des ouvrages hydrauliques, sur la base des différents relevés topographiques de TELEOS et VEODIS 3D. Le lit mineur du Dessoubre est représenté par ces différents profils en travers, en respectant la côte du fond relevé par VEODIS 3D lors du relevé du profil en long.

2.3.1. Hypothèse de calcul

Les hypothèses de modélisation sont les suivantes :

- Modélisation en régime permanent, non débordant ;
- Conditions amont et aval : pente moyenne normale ;
- Seuil modélisé d'après les caractéristiques géométriques relevées sur le terrain avec un coefficient de 0.385 ;
- Rugosité du lit mineur : Ks de 30.

2.3.2. Calage du modèle

Le modèle a été calé par plusieurs mesures de niveaux :

Restauration de la continuité écologique sur le secteur aval du Dessoubre au droit des seuils de « Fleurey », « Neuf Gouffre » et la « Voyèze »

Diagnostic – Avant-Projet et propositions – Ouvrage de la Voyèze

Tabl. 14 - Données de calage du modèle hydraulique

	Débits (m3/s)	Amont ouvrage	Aval ouvrage	Source
30/05/2018	15.60	403.59	401.63	ARTELIA
06/06/2018	22.20	403.71	401.81	ARTELIA
20/06/2018	3.74	403.44	401.26	VEODIS 3D
14/11/2018	0.87	403.40	401.16	ARTELIA

2.3.3. Sensibilité du modèle

A noter que la structure du lit mineur induit une certaine incertitude des niveaux d'eau calculés par modélisation hydraulique à bas débits. En effet, la granulométrie élevée des matériaux constitutifs du lit mineur (notamment en aval du déversoir) induit de fortes variations des faciès d'écoulement (radier, seuils, mouilles, ...) qui sont susceptibles d'influencer significativement les niveaux d'eau estimés (notamment au pied du déversoir).

2.3.4. Résultats

2.3.4.1. HAUTEUR DE CHUTE

La hauteur de chute varie entre 2.15 et 1.5 m, selon les débits.

Tabl. 15 - Hauteur de chute – Voyèze

	Débit total (m3/s)	Niveau amont (mNGF)	Niveau aval (mNGF)	Chute (m)
QMNA5	1.30	403.35	401.17	2.18
Q50%	6.18	403.46	401.42	2.04
Module	13.70	403.59	401.64	1.95
3*Module	41.10	403.90	402.12	1.78
Q2	130.00	404.35	403.07	1.28

2.3.4.2. REMOUS LIQUIDE

Le remous liquide induit par l'ouvrage de la Voyèze est compris entre 550 à 380 m, selon les débits.

Tabl. 16 - Remous hydraulique – Voyèze

	Débit total (m3/s)	Niveau amont (mNGF)	Remous hydraulique (m)
QMNA5	1.30	403.35	550.00
Q50%	6.18	403.46	450.00
Module	13.70	403.59	380.00
3*Module	41.10	403.90	380.00

Restauration de la continuité écologique sur le secteur aval du Dessoubre au droit des seuils de « Fleurey », « Neuf Gouffre » et la « Voyèze »

Diagnostic – Avant-Projet et propositions – Ouvrage de la Voyèze

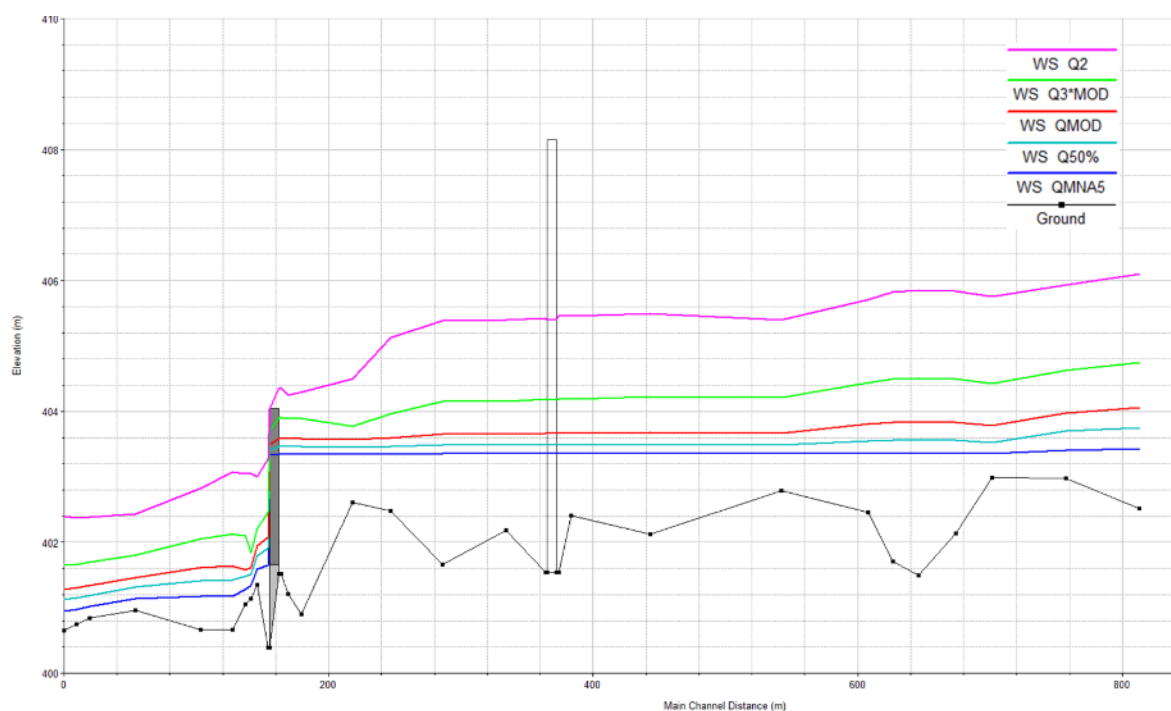


Fig. 45. Remous hydraulique induit par l'ouvrage de la Voyèze

2.3.4.3. VITESSES AU DROIT DU COMPLEXE HYDRAULIQUE

Les vitesses ont été analysées à l'échelle du secteur d'étude. Les vitesses sont très variables selon les débits variant en moyenne de 0.30 m/s à l'étiage, jusqu'à 2.00 en crue biennale, avec un maximum évalué à 3.85 m/s.

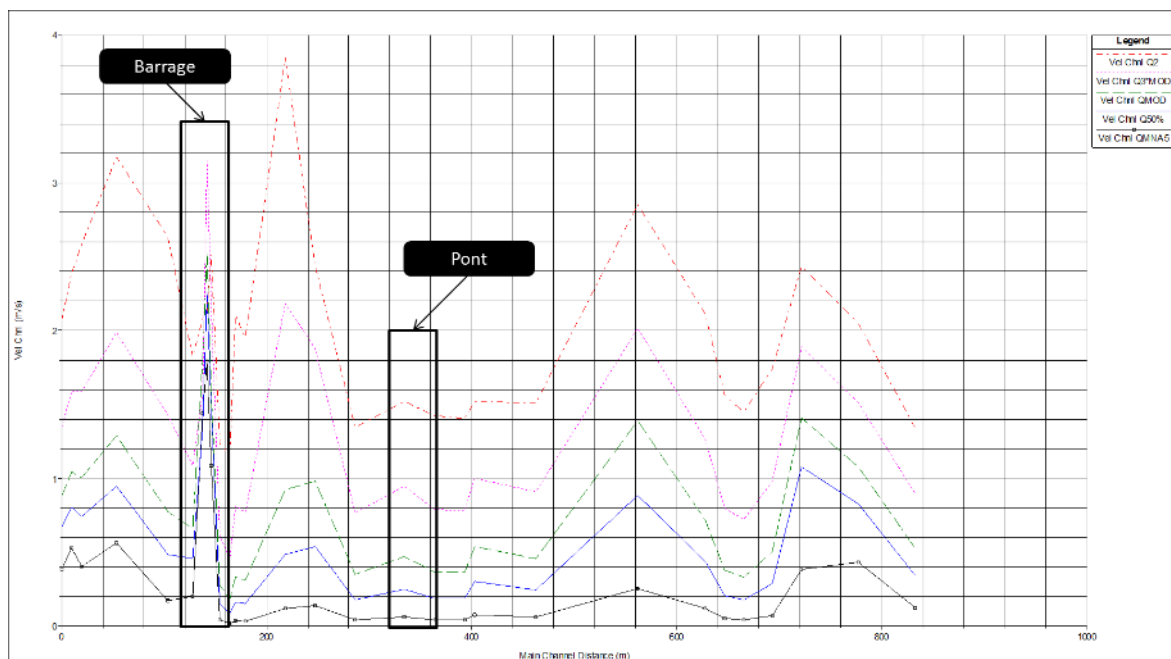


Fig. 46. Evolution des vitesses d'écoulement au droit du complexe hydraulique

2.3.4.4. EVALUATION DE L'AFFOUILLEMENT AU DROIT DU PONT DE LA VOYEZE A L'ETAT INITIAL

Des signes d'affouillement sont perceptibles au droit du pont de la Voyèze. L'affouillement est « l'action de creusement par un courant de fosses locales en pied de berge, le long des mouilles ou ponctuelles à la base des ouvrages d'art, seuils artificiels, barrages et appuis en rivière (piles et culées) » (Lefort, 2018). Ce phénomène est donc directement lié au transport de sédiments localisé autour des piles de pont ou autres obstacles à l'écoulement.

Il existe plusieurs types d'affouillement, parmi lesquels on peut citer l'érosion due à la contraction, l'érosion due aux abords des culées et l'érosion due à la présence de piles de pont. C'est cette dernière forme d'érosion qui nous intéresse ici.

Afin d'évaluer ce risque, nous avons utilisé trois formules théoriques issues de la méthode HEC18, la méthode FDOT et la méthode LEFORT :

- La méthode HEC 18 a été élaborée à partir des études de l'Université du Colorado (CSU) ;
- La méthode FDOT a été élaborée à l'Université de Floride à partir de l'étude de Sheppard et Miller (2006) ;
- La méthode LEFORT, qui se base sur l'analyse de la méthode FDOT.

Les paramètres de l'affouillement local autour des piles sont les paramètres de l'écoulement, les spécifications du matériau affouillable et les dimensions et formes de l'appui.

- **Les paramètres de l'écoulement :**
 - La hauteur d'eau h est mesurée au nez de l'appui en dehors de l'affouillement crée ;
 - La vitesse V est la vitesse moyenne d'approche sous la hauteur h ;
 - Le matériau affouillable du lit est défini par le diamètre d_{50} et par la gradation S_g qui caractérise l'étendue de la courbe granulométrique ;
- **Dimensions et formes de l'appui :**
 - La largeur b est le diamètre d'une pile circulaire ou la largeur d'une pile plate ;
 - La longueur L caractérise l'allongement d'une pile plate ;
 - L'angle d'incidence ou angle d'attaque α mesure la différence entre la direction du courant et l'axe de symétrie de la pile plate ;
 - La forme de la pile concerne principalement la forme du nez ;
- **Variables adimensionnelles :**
 - La profondeur de l'affouillement est égale à la différence ds entre la cote moyenne du fond à l'approche de l'appui et la cote du fond la plus basse au contact de la pile. On utilise le rapport ds/b ;
 - $V^*=V/V_c$ est le rapport de la vitesse moyenne d'approche à la vitesse de début d'entraînement du matériau.

Pour rappel, nous considérons la valeur du débit de crue biennale comme la plus intéressante. En effet, cette crue de récurrence fréquente joue un rôle prépondérant dans la dynamique sédimentaire du Dessoubre (crue morphogène). Ainsi, l'affouillement a été calculé avec la hauteur d'eau en crue biennale ainsi que les vitesses.

Tabl. 17 - Evaluation de l'affouillement théorique (Q2) – Voyèze

Méthode	Affouillement moyen (m)	Erreur totale (%) pour des diamètre > 0.7 mm	Affouillement minimal (m)	Affouillement maximal (m)
HEC 18	2.00	47	1.06	2.94
SHEPPARD ET MELVILLE	2.43	13	2.11	2.75
LEFORT	2.04	11	1.82	2.26

Selon l'élévation du pont, les signes d'affouillement se situent autour des piles. L'affouillement observé est compris entre 0.6 à 1. 0m par rapport au fond actuel du lit du Dessoubre.

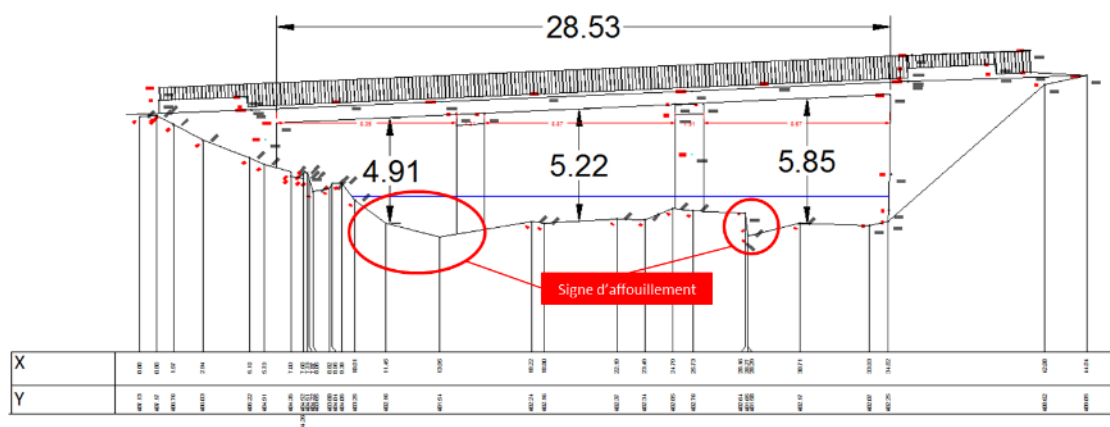


Fig. 47. Localisation des signes d'affouillement au droit des piles du pont de la Voyèze

Un facteur de 2 à 4 est observé entre les formules théoriques et les observations de terrain. En effet, les formules théoriques surévaluent l'affouillement au droit de piles, ce qui peut être dû à l'imbrication des matériaux alluvionnaires dans la rivière, celles-ci n'étant pas prises en compte dans les formules.

3. CONTEXTE GEOTECHNIQUE DU SITE

Le détail de ce chapitre dédié au contexte géotechnique au droit du site de la Voyèze est présenté en annexe du présent mémoire.

3.1. OBJECTIFS

Dans le cadre du projet de restauration de la continuité écologique du Dessoubre au droit de l'ouvrage de la Voyèze, le cabinet ICSEO a réalisé une mission géotechnique de diagnostic G5 et de conception G2 AVP, visant à définir les répercussions éventuelles d'un point de vue géotechnique sur l'ensemble des constructions amont et aval, notamment au niveau du pont reliant

la commune de la Vaclusotte à Orgeans-Blanchefontaine et au niveau des bâtiments de l'actuel atelier de confection des meubles Bernardot.

Les investigations suivantes ont été menées :

- Caractérisation de la nature des terrains rencontrés ;
- Définition et reconnaissance du contexte géologique du site via un diagnostic visuel et via la mise en œuvre de deux sondages géologiques profonds ;
- Prescription géotechnique.

3.2. RESULTATS DES INVESTIGATIONS

3.2.1. Diagnostic visuel

La reconnaissance visuelle du site en basses eaux permet de définir les répercussions éventuelles sur les constructions avoisinantes de l'ouvrage de la Voyèze après effacement. A noter que ce diagnostic n'a pas pu être réalisé vanne ouverte.

La reconnaissance fait état de :

- Reconnaissance géologique :
 - La rive droite du cours d'eau est constituée par des affleurements calcaires surmontés localement par des éboulis et quelques loupes de glissement ;
 - Le lit du Dessoubre est recouvert essentiellement de dépôts grossiers constitués de blocs, galets et sables. La fraction fine est très faible, elle se concentre en bordure de rives ;
 - L'ensemble est recouvert au niveau des constructions par des remblais plus ou moins grossiers voire des enrochements de blocs calcaires et de béton.
- Reconnaissance des aménagements
 - Le pont a été restauré en mai 2009. Les fondations ont été reprises par la réalisation d'un béton coulé en place. Les reconnaissances visuelles permettent de confirmer ces travaux en surface.
 - Le canal alimentant le bassin situé dans la propriété de M. Bernardot présente des signes d'érosion. Celle-ci n'est pas directement liée à la dynamique du Dessoubre mais provient essentiellement des écoulements de la Vaclusotte ;
 - Les talus enherbés entre le pont et la maison présentent des signes d'instabilités mineures mais l'abaissement du niveau d'eau ne devrait pas engendrer de grande modification ;
 - Le mur et les enrochements au niveau de l'habitation principale ne devraient pas subir d'impact de l'abaissement du cours d'eau ;
 - Le premier bâtiment de l'usine présente des signes importants d'instabilité ainsi que le mur de soutènement qui sont localement cisailés. Ces mouvements proviendraient probablement des différentes phases de travaux et aménagements réalisés dans ces bâtiments ayant pu engendrer des tassements différentiels ;
 - Les fondations du canal usinier n'ont pas pu être observées en raison de l'ensablement de la zone. L'abaissement du niveau d'eau, dans ce secteur, n'aura pas de répercussions sur les fondations déjà quasi totalement hors d'eau. En

Restauration de la continuité écologique sur le secteur aval du Dessoubre au droit des seuils de « Fleurey », « Neuf Gouffre » et la « Voyèze »

Diagnostic – Avant-Projet et propositions – Ouvrage de la Voyèze

outre, ces fondations sont ancrées que ce soit dans les graviers ou dans les calcaires, sols insensibles à l'eau. Aucun cheminement évolutif n'aura lieu dans ce secteur définitivement abandonné ;

- En aval de l'ouvrage, les bâtiments présentent une fondation en pierre avec un léger débord semblant reposer sur de très blocs calcaires ou directement sur le substratum calcaire.

3.2.2. Mission d'études d'avant-projet

Suite au diagnostic visuel, un avis sur la stabilisation des fondations du pont de la Voyèze a été demandé au cabinet ISCEO. Pour se faire et compte tenu du contexte géologique local et de la nature du projet, le programme de reconnaissance a consisté en l'exécution de :

- Deux sondages géologiques profonds, notés SP1 et SD1 ;
- Des essais pressiométriques répartis dans le forage SP1.

Ils ont permis :

- De reconnaître la nature et l'épaisseur des différentes couches ;
- De prélever des échantillons remaniés pour d'éventuelles analyses en laboratoire ;
- Mesurer les paramètres suivants :
 - Pression limite ;
 - Pression de fluage ;
 - Module pressiométrique.



Fig. 48. Localisation des sondages SD1 et SP1

Les sondages ont mis en évidence les couches suivantes :

- Terre végétale : environ 15 cm ;
- Remblais : rencontré jusqu'à 3.60 et 3.90 m au droit du sondage SP1 ;
- Limon argileux : rencontré jusqu'à 7.90 au droit du sondage SP1 ;
- Argile à cailloutis et blocs : rencontré jusqu'à 9.80 de profondeur au droit de SP1 ;
- Substratum calcaire : cette couche est rencontrée entre 10 à 10.50 m de profondeur.

Restauration de la continuité écologique sur le secteur aval du Dessoubre au droit des seuils de « Fleurey », « Neuf Gouffre » et la « Voyèze »

Diagnostic – Avant-Projet et propositions – Ouvrage de la Voyèze

En rive gauche :

Le sondage SD1 a mis en évidence le toit du calcaire à 3.90 m de profondeur, soit à la cote 402.85 mNGF. Le lit de la rivière a été mesuré à la cote 401.94 mNGF. Les fondations de la culée nord du pont, sont donc vraisemblablement ancrées dans le calcaire.

Dans ce contexte, la stabilité des fondations pour la partie nord du pont de la Voyèze serait assurée.

En rive droite :

Le sondage SP1 a mis en évidence une couche de limon argileux vasard jusqu'à 400.75 mNGF. L'horizon limoneux à caractéristiques très moyennes, ne constituerait pas un horizon d'ancrage pérenne pour les piles et culées du pont.

En revanche, un niveau d'argile sableuse et graveleuse de compacité moyenne à élever a été mis en évidence avant le niveau calcaire. Cet horizon a pu servir d'assise aux fondations.

Le calcaire se situerait dans cette zone environ 3 m sous le lit de la rivière. Il pourrait s'agir d'un surcreusement lié à un ancien chenal.

Compte tenu de l'absence d'information précise concernant la cote et la nature d'assise des fondations, la reconnaissance de sols au droit de SP1 ne permet pas statuer sur la tenue de l'assise des piles du pont, pour la partie sud (argile sablo-graveleuse ou calcaire).

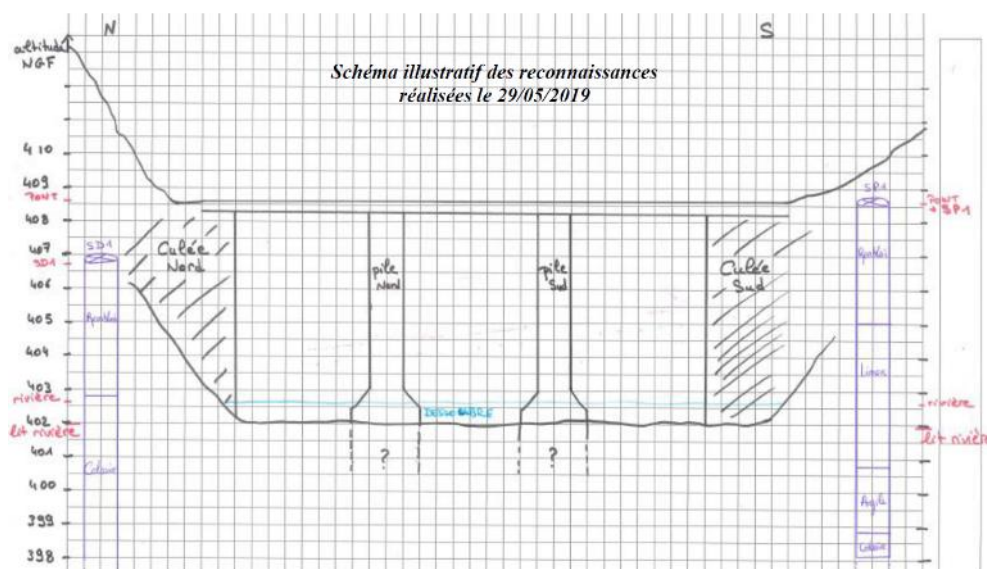


Fig. 49. Coupe schématique des couches rencontrées aux différents sondages

4. PHILOSOPHIE GENERALE D'INTERVENTION

4.1. ATTENTES DU MAITRE D'OUVRAGE

Les attentes et objectifs du Syndicat Mixte d'Aménagement du Dessoubre et de Valorisation du Bassin Versant, maître d'ouvrage de la présente étude, sont clairement retranscrits dans le CCTP.

Tenant compte de l'absence d'intérêt économique, seule des solutions de dérasement de l'ouvrage sont retenues. De plus, dans l'obligation de se conformer à la réglementation, le propriétaire de l'ouvrage de la Voyèze envisage des solutions d'effacement des ouvrages au regard des usages (plus d'usages économique et aucun projet hydroélectricité n'est envisagé).

Lors de la consultation du maître d'œuvre, le coût prévisionnel des travaux du dérasement du seuil de la Voyèze a été estimé à 300 000 €HT.

4.2. ETUDES ANTERIEURES

En 2015, le bureau d'études TELEOS a réalisé une note de synthèse visant à la détermination de solutions techniques pour la restauration de la continuité écologique sur le secteur aval du Dessoubre.

Aussi, à ce stade, le bureau d'études envisageait deux variantes pour restaurer la continuité écologique, à savoir :

- Le dérasement du seuil ;
- La mise en place d'une échelle à poisson.

Concernant la solution la plus optimale, le dérasement, qui résoudrait non seulement la problématique de la continuité biologique et sédimentaire mais également la qualité physique du Dessoubre, le bureau d'études préconisait de mener des études complémentaires (géotechniques et morphologiques) pour « peaufiner le dimensionnement des ouvrages et du passage sous le pont de la Voyèze ».

Au-delà, le bureau d'études envisageait la mise en place d'une passe à bassins successifs en cas du maintien de l'ouvrage (droit d'eau, incidences sur le pont...). Afin d'assurer le calage fonctionnel du dispositif du franchissement piscicole, un dimensionnement hydraulique et une étude géotechniques devront être réalisées.

4.3. LOGIQUE D'INTERVENTION PROPOSEE

La logique d'intervention proposée s'attache à répondre à l'ensemble des attentes, reposant sur une opération globale à l'échelle du tronçon à l'étude.

Nos expertises théorique et de terrain ont mis en évidence que le Dessoubre présente peu de dysfonctionnements morphologiques, aujourd'hui actifs :

- Altération mineure de la largeur du cours d'eau ;
- Stabilité avérée du profil en long.

Restauration de la continuité écologique sur le secteur aval du Dessoubre au droit des seuils de « Fleurey », « Neuf Gouffre » et la « Voyèze »

Diagnostic – Avant-Projet et propositions – Ouvrage de la Voyèze

En revanche, le Dessoubre connaît des altérations hydromorphologiques : le lit mineur souffre de l'incision provoquée lors des grands travaux hydrauliques, qui a conduit à une déconnexion de la ripisylve avec la ligne d'eau. Par conséquent, le Dessoubre est dépourvu d'habitats en berges (caches piscicoles) qui sont pourtant primordiales pour les populations salmonidés.

Le niveau d'ambition pour la restauration hydromorphologique suggérée de par le diagnostic général du Dessoubre serait donc la suppression de la retenue d'eau amont via l'effacement total des ouvrages accompagnée d'une restauration de la qualité habitationnelle (connexion en berge, recharge sédimentaire, diversité des substrats), sur l'ensemble du secteur.

Afin d'atteindre les objectifs fixés et tenant compte de l'analyse des enjeux locaux, le présent rapport présentera les esquisses d'aménagements. Les principes généraux d'aménagement de l'ouvrage hydraulique dans un objectif de restauration des habitats aquatiques, sont rappelés dans le tableau suivant :

Scenarii	Objectif	Dans quel cas ?
Non-intervention	Laisser évoluer l'ouvrage	- Impacts négligeables et/ou gain limité - Etat de dégradation avancé
Dérasement	Effacement complet	Aucun risque ni impact négatif
Arasement	Maintien d'un point dur de fond	Risque d'évolution morphologique non souhaité
Arasement partiel	Abaissement de l'ouvrage ou de parties d'ouvrage	- Contraintes / risques forts - Amélioration franchissabilité piscicole
Gestion adaptée des organes mobiles	Ajustement de la manœuvre des ouvrages <i>Avec éventuellement modification des ouvrages</i>	- Ouvrage de faible chute avec organes mobiles - Usage permettant une modulation de débit et de position des ouvrages mobiles
Equipement de l'ouvrage	Création d'un dispositif de franchissement piscicole (et éventuellement de gestion sédimentaire)	- Ouvrage conséquent ou particulier (pas ou peu d'organes mobiles) - Usage permanent ne laissant que peu de marge de manœuvre

Fig. 50. Rappel des principes d'aménagement d'ouvrages hydrauliques

Aussi, cette opération sera structurée par deux composantes d'intervention fortes à savoir la continuité piscicole et la restauration éco-morphologique de la rivière, qui traiteront à leur niveau les autres problématiques.

Tout en respectant les enjeux locaux et l'impérative nécessité de non-aggravation du risque d'inondation, la faisabilité de l'effacement de l'ouvrage est étudiée dans la suite du rapport.

5. FAISABILITE TECHNIQUE DU DERASEMENT DE L'OUVRAGE

5.1. CONTRAINTES LOCALES ET INCERTITUDES

Le diagnostic a permis d'analyser l'ensemble des contraintes et enjeux locaux à savoir prioritairement :

- Le bâti ;
- L'ouvrage d'art ;
- Le risque de déconnexion du ruisseau de la Vauclusotte.

Dans la suite de cette partie, chaque contrainte est traitée afin de conclure sur la compatibilité de l'enjeu avec les différents principes techniques disponibles pour l'aménagement de l'ouvrage hydraulique de la Voyèze, en identifiant des seuils et niveaux de calage topographiques à ne pas dépasser au risque de menacer sérieusement les enjeux.

5.1.1. Bâti riverain

Dans le cas d'un effacement, des incidences sur la stabilité du bâti peuvent être induites. Ces incidences peuvent porter théoriquement sur la déstabilisation du bâti par des phénomènes suivants :

- Erosion externe et affouillement des soubassements ;
- Dégradation des maçonneries au gré des agressions du temps (gel/dégel, ...) ;
- Modification des caractéristiques géotechniques des sols d'assises du bâti (portance des sols en place) ...

L'érosion externe des maçonneries peut se gérer par des aménagements simples de stabilisation et de protection de berge.

L'effet du temps peut être maîtrisé par la protection des maçonneries en soubassement mais dans tous les cas, un entretien des maçonneries vétustes sera indispensable.

La portance des sols en place peut être préservée par le maintien en place des matériaux et leur degré de saturation en eau.

Sur le site de la Voyèze, il a été observé :

- Des signes d'instabilités des talus plus ou moins végétalisés entre le pont et la maison des propriétaires de l'ouvrage ;
- Au niveau de la maison de la piscine et de la maison d'habitation, un mur et un enrochement en place ne devraient pas subir l'abaissement du cours d'eau ;
- Des signes importants d'instabilités au niveau du premier bâtiment de l'usine, créant de nombreuses fissures. Ces mouvements proviendraient probablement des différentes phases de travaux et aménagements réalisés dans ces bâtiments (construction de mur) ayant pu engendrer des tassements différentiels ;
- Un important ensablement au niveau de l'entrée de l'ancien canal usinier ne permettant pas d'observer les fondations ;

Restauration de la continuité écologique sur le secteur aval du Dessoubre au droit des seuils de « Fleurey », « Neuf Gouffre » et la « Voyèze »

Diagnostic – Avant-Projet et propositions – Ouvrage de la Voyèze

- Les bâtiments en aval de l'ouvrage hydraulique présentent une fondation en pierre avec un léger débord semblant reposer sur de très gros blocs calcaires ou directement sur le substratum calcaire.



Fig. 51. Signe d'instabilité de talus



Fig. 52. Mur et enrochement le long de l'habitation et jardin



Fig. 53. Signe d'instabilité du premier bâtiment et signe de fissures en berge

Restauration de la continuité écologique sur le secteur aval du Dessoubre au droit des seuils de « Fleurey », « Neuf Gouffre » et la « Voyèze »

Diagnostic – Avant-Projet et propositions – Ouvrage de la Voyèze



Fig. 54. Ensablement important et colmatage à l'entrée du canal usinier



Fig. 55. Canal usinier alimenté par l'aval



Fig. 56. Bâtiments situés à l'aval de l'ouvrage

Partant de cette réflexion, deux approches méthodologiques sont disponibles dans le cadre d'un dérasement de l'ouvrage de la Voyèze :

- **Mise en œuvre d'études complémentaires afin d'apprécier les sensibilités et marges de manœuvre au droit du bâti au plus juste :**

Cette approche implique la réalisation d'investigations complémentaires de reconnaissance des fondations et d'expertise de structure (nature, état sanitaire et vétusté). Ces prospections sont conséquentes puisqu'elles impliquent des fouilles au droit

Restauration de la continuité écologique sur le secteur aval du Dessoubre au droit des seuils de « Fleurey », « Neuf Gouffre » et la « Voyèze »

Diagnostic – Avant-Projet et propositions – Ouvrage de la Voyèze

des constructions, nécessitant un isolement hydraulique de la zone de travail ainsi qu'un blindage des fouilles et l'usage de moyens mécaniques pour descendre dans la rivière.

Notons que ces investigations peuvent supporter quelques incertitudes résiduelles en fonction des conditions d'exécution, et surtout elles peuvent induire elles-mêmes des risques de déstabilisation du bâti en place (décompactage des sols en place par terrassement, erreur humaine, ...).

- **Mise en œuvre de mesures de sauvegarde du bâti riverain intégrées au projet**

Ces mesures techniques peuvent être les suivantes :

- Simple talus enherbé : stabilité non garantie et nécessite une intervention sur les berges avec un fruit de talus plus doux ;
- Soutènement des matériaux en place par une structure adaptée (merlon en enrochements appareillés/liaisonnés, gabions boîtes, ...) et remplissage par des matériaux insensibles à l'eau.

5.1.2. Ouvrage d'art

Le pont présent dans la zone d'influence amont de l'ouvrage hydraulique de la Voyèze demande notre attention.

Le pont de la Voyèze situé à 200 m en amont du déversoir est de type « tablier sur culée avec deux piles dans le lit de la rivière ». De ce fait, il présente un niveau de sensibilité aux évolutions morphologiques du lit mineur assez conséquent, d'autant plus que les sondages réalisés ont mis en évidence des horizons sensibles à l'eau, tels que les limons argileux et l'argile à cailloutis et blocs jusqu'à la cote 398.85 mNGF, que les piles du pont ont été confortées en 2009 par un béton projeté et qu'un affouillement est visible au niveau des piles variant de 0.6 à 1.0m.

Nous ne disposons pas du dossier d'ouvrage détaillé et il n'a pas été possible de procéder à la reconnaissance des fondations des piles du pont. Aussi, prenant comme hypothèses :

- Les caractéristiques de la couche de limon argileux vasard sont très moyennes, et que celle-ci ne constituerait pas un horizon d'ancrage pérenne pour les piles et culées du pont ;
- La couche d'argile sableuse et graveleuse de compacité moyenne à élever aurait pu servir d'assise aux fondations.

Il en ressort que les fondations seraient potentiellement ancrées dans la couche d'argile sableuse à partir de la cote 400.75 mNGF.

Les recommandations géotechniques sont les suivantes :

- Des mesures d'accompagnement sont recommandées afin de limiter le risque d'érosion du bâti au grès des ajustements de la rivière ainsi que le risque de déstabilisation des maçonneries du fait de l'abaissement du niveau d'eau moyen.
- Au-delà, seules des investigations complémentaires avec mise en place de moyens spécifiques adaptés au contexte de reconnaissance de fondation dans un cours d'eau, pourraient permettre de préciser l'ancrage des piles du pont :
 - 4 sondages destructifs d'une quinzaine de mètre ;
 - 1 dans chaque culée du pont ;
 - 1 dans chaque pile ;
 - 1 diagnostic préalable d'un bureau d'études structure dans le cas où le tablier n'était pas en béton précontraint.

Restauration de la continuité écologique sur le secteur aval du Dessoubre au droit des seuils de « Fleurey », « Neuf Gouffre » et la « Voyèze »

Diagnostic – Avant-Projet et propositions – Ouvrage de la Voyèze

Ces investigations complémentaires sont indispensables pour lever les incertitudes qui persistent sur la structure du pont.

5.1.3. Continuité écologique du ruisseau de la Vaclusotte

Le dérasement demeure la solution la plus efficace pour restaurer la continuité écologique au droit de l'ouvrage de la Voyèze mais également semble être la seule solution pérenne pour rétablir des habitats aquatiques à la rivière.

Malheureusement, cette solution entrainerait, malgré elle, une déconnection totale du ruisseau de la Vaclusotte, soit une inaccessibilité aux refuges et aux habitats potentiellement intéressants sur près de 500 m.

La chute induite en cas de dérasement serait de plus de 1.70 m, ce qui induirait la reprise de la passe à poissons et l'aménagement de 5 nouveaux bassins sur une longueur de 15 m minimum, pour fragmenter la chute résiduelle.

5.2. ANALYSE HYDRAULIQUE DE L'EFFACEMENT

La suppression totale du barrage a été testée hydrauliquement. Les lignes d'eau calculées après effacement sont présentées sur le profil en long suivant :

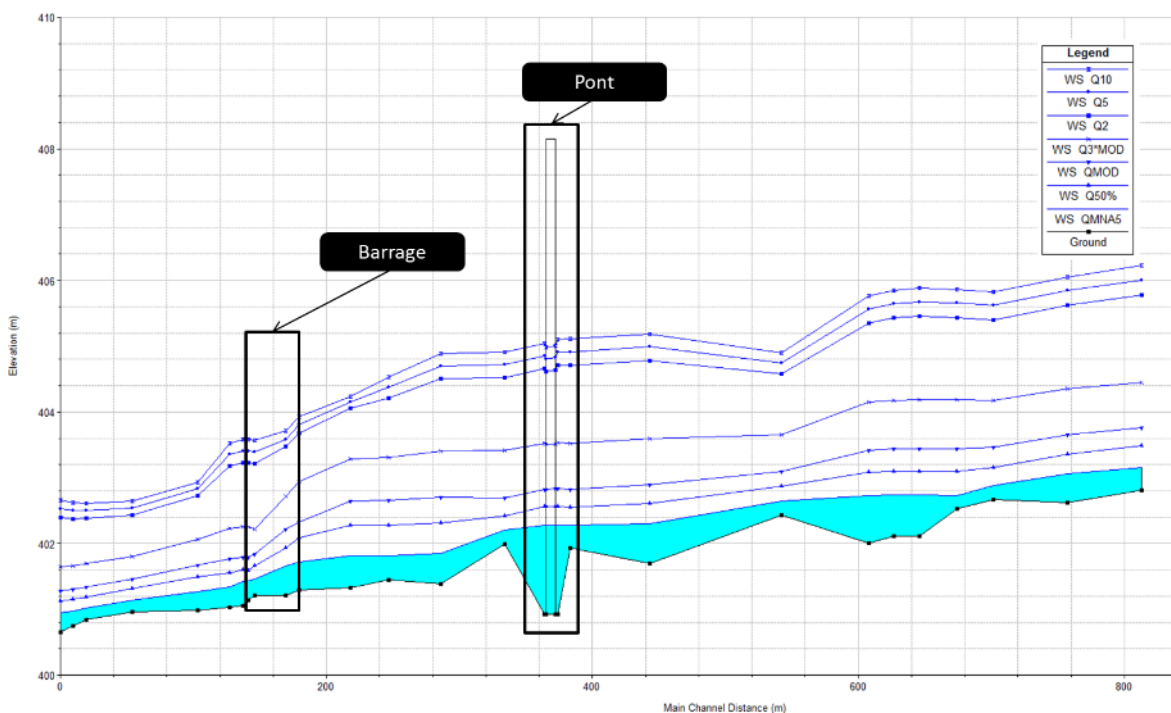


Fig. 57. Profils de ligne d'eau après effacement total

Cette configuration induit logiquement un abaissement généralisé des niveaux d'eau en amont du barrage de la Voyèze, pour les débits courants mais aussi en crue car l'ouvrage n'est pas ennoyé pour les crues plus importantes.

Restauration de la continuité écologique sur le secteur aval du Dessoubre au droit des seuils de « Fleurey », « Neuf Gouffre » et la « Voyèze »

Diagnostic – Avant-Projet et propositions – Ouvrage de la Voyèze

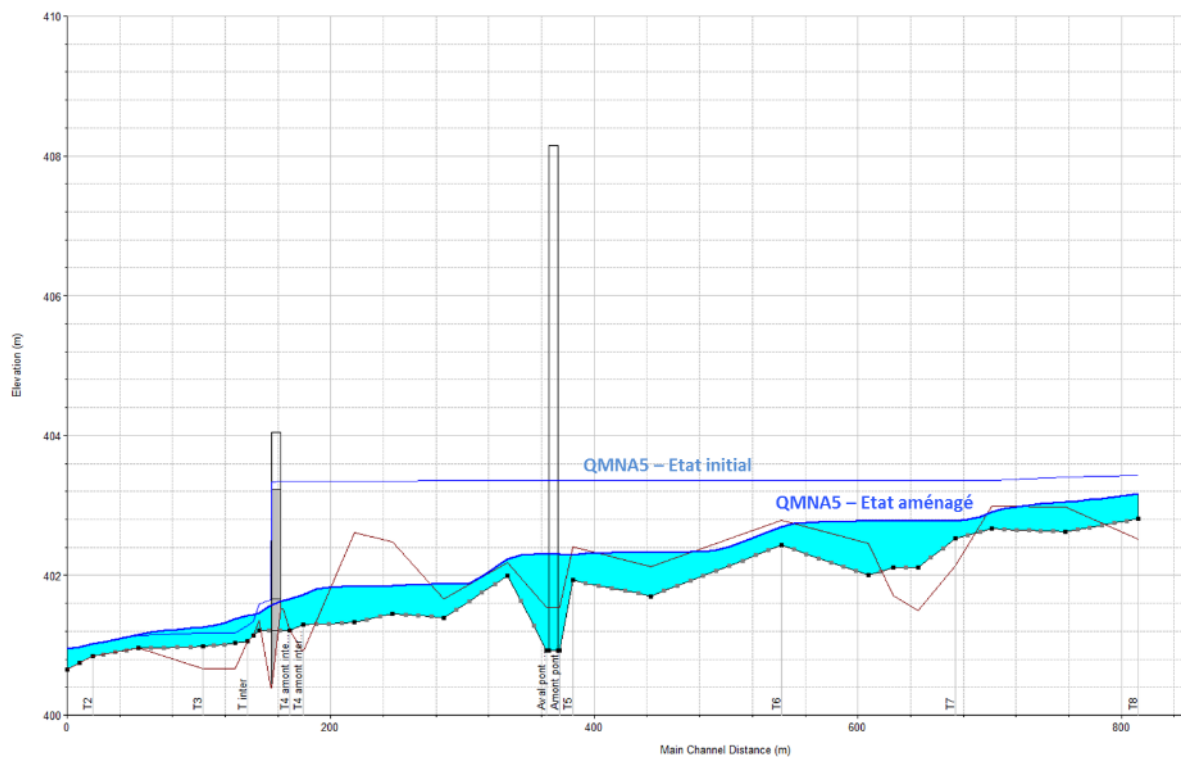


Fig. 58. Comparaison - Profils de ligne d'eau au QMNA5

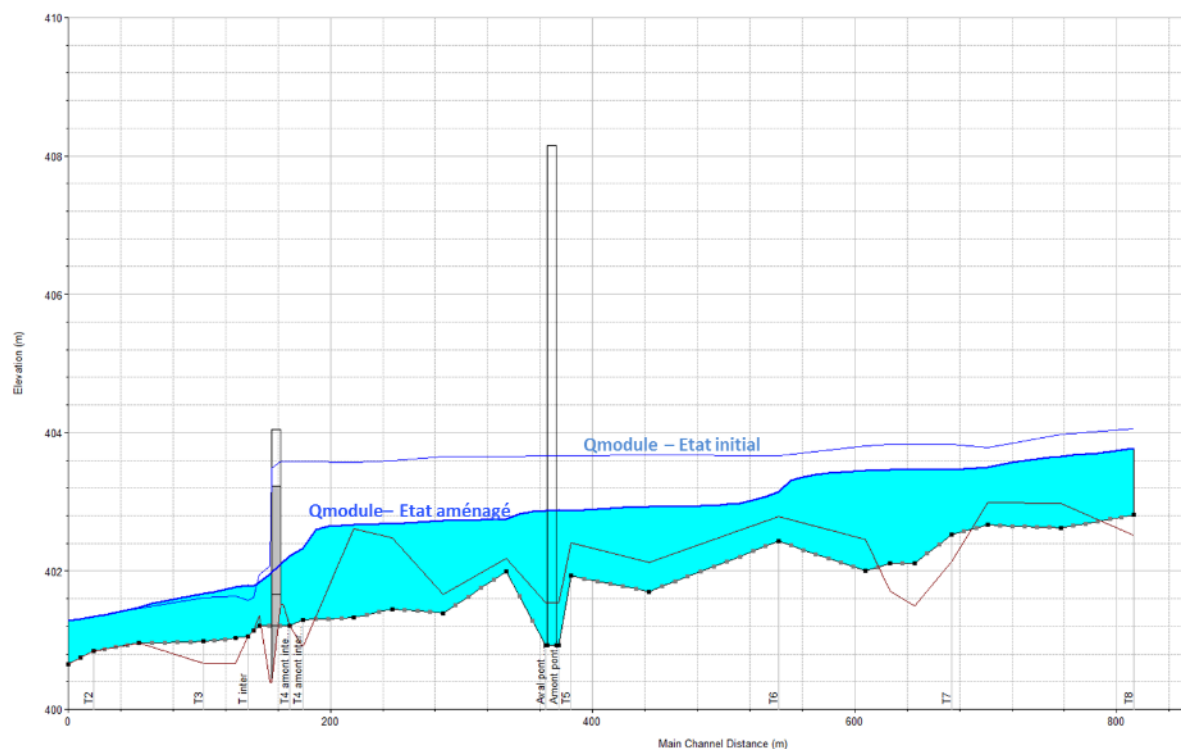


Fig. 59. Comparaison - Profils de ligne d'eau au module

Restauration de la continuité écologique sur le secteur aval du Dessoubre au droit des seuils de « Fleurey », « Neuf Gouffre » et la « Voyèze »

Diagnostic – Avant-Projet et propositions – Ouvrage de la Voyèze

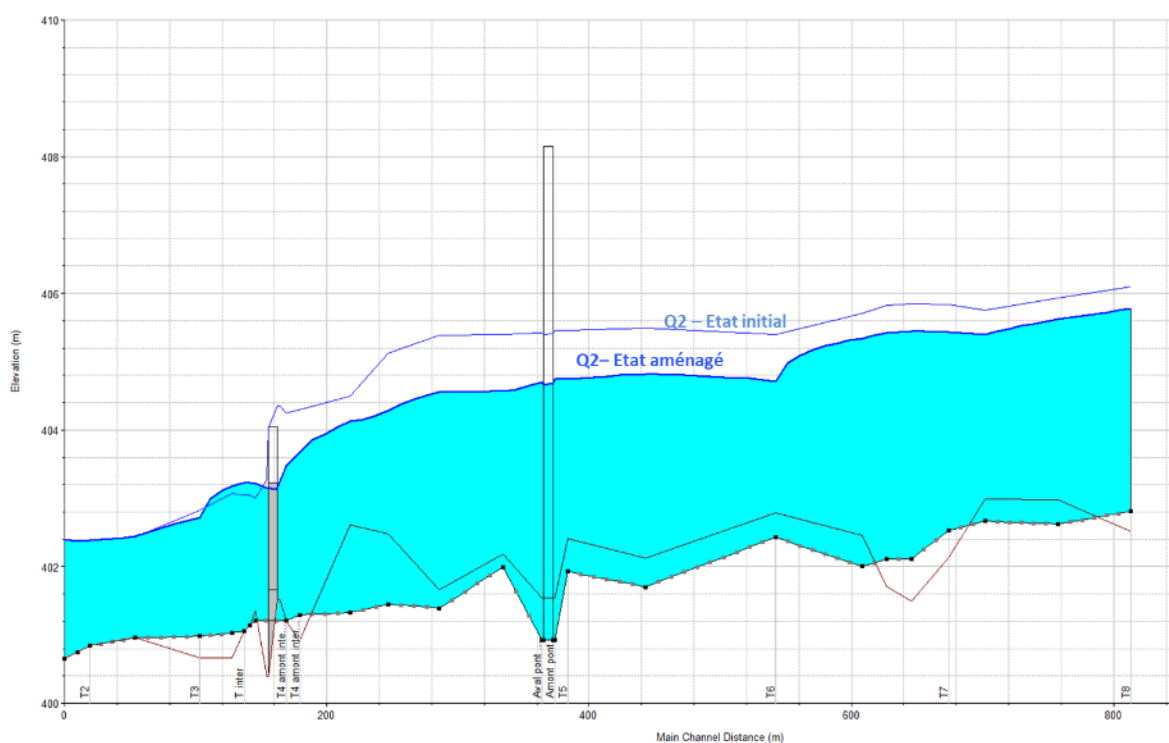


Fig. 60. Comparaison - Profils de ligne d'eau en crue biennale

Tabl. 18 - Synthèse de l'impact de l'effacement sur les niveaux d'eau

Débit		Barrage de la Voyèze			Pont de la Voyèze		
Fréquence	Valeur (m/s)	Etat initial (mNGF)	Etat aménagé (mNGF)	Ecart (m)	Etat initial (mNGF)	Etat aménagé (mNGF)	Ecart (m)
QMNA5	1.3	403.35	401.66	1.69	403.35	402.28	1.07
Q50%	6.2	403.46	401.94	1.52	403.49	402.56	0.93
Module	13.7	403.59	402.17	1.42	403.67	402.84	0.83
3*Module	41.1	403.90	402.57	1.33	404.19	403.53	0.66
Q2	130.0	404.35	403.26	1.09	405.46	404.71	0.75
Q5	150.0	404.70	403.37	1.33	405.66	404.91	0.75
Q10	170.0	404.81	403.48	1.33	405.85	405.10	0.75
Q20	180.0	404.87	403.54	1.33	405.93	405.20	0.73
Q50	200.0	404.97	403.64	1.33	406.10	405.38	0.72

En termes de vitesses, les impacts sont globalement comparables, avec une accélération après dérasement.

Tabl. 19 - Synthèse de l'impact de l'effacement sur les vitesses d'écoulement

Débit		Barrage de la Voyèze				Pont de la Voyèze			
Fréquence	Valeur (m/s)	Etat initial (m/s)	Etat aménagé (m/s)	Facteur d'augmentation	Ecart (%)	Etat initial (m/s)	Etat aménagé (m/s)	Facteur d'augmentation	Ecart (%)
QMNA5	1.3	0.02	1.00	50.0	4900	0.04	0.11	2.8	175
Q50%	6.2	0.09	1.94	21.6	2056	0.19	0.35	1.8	84
Module	13.7	0.18	2.43	13.5	1250	0.37	0.58	1.6	57
3*Module	41.1	0.45	3.25	7.2	622	0.79	1.00	1.3	27
Q2	130.0	1.16	4.18	3.6	260	1.41	1.74	1.2	23
Q5	150.0	1.17	4.35	3.7	272	1.51	1.85	1.2	23
Q10	170.0	1.27	4.48	3.5	253	1.61	1.95	1.2	21
Q20	180.0	1.32	4.55	3.4	245	1.65	1.99	1.2	21
Q50	200.0	1.41	4.67	3.3	231	1.74	2.08	1.2	20

Restauration de la continuité écologique sur le secteur aval du Dessoubre au droit des seuils de « Fleurey », « Neuf Gouffre » et la « Voyèze »

Diagnostic – Avant-Projet et propositions – Ouvrage de la Voyèze

En termes de forces tractrices, les impacts sont globalement comparables. Le dérasement engendre une augmentation des forces tractrices, conditionnées par l'abaissement de la ligne d'eau et l'accélération des vitesses.

Tabl. 20 - Synthèse de l'impact de l'effacement sur les forces tractrices en crue biennale

Secteur	Etat initial				Etat aménagé			
	Rh (m)	i (pente d'énergie)	Force tractrice (Pa)	Vitesse (m/s)	Rh (m)	i (pente d'énergie)	Force tractrice (Pa)	Vitesse (m/s)
Pont de la Voyèze ↓	2.69	0.0019	49.3	1.4	2.40	0.002	47.1	1.7
	2.39	0.0019	43.8	1.5	1.86	0.002	36.5	2.2
	2.84	0.0019	52.1	1.4	2.18	0.002	42.8	1.8
	1.74	0.0019	31.9	2.4	2.04	0.020	400.2	2.6
	1.50	0.010	147.2	3.9	2.23	0.020	437.5	2.8
	1.94	0.010	190.3	2.0	1.21	0.020	237.4	3.5
	1.99	0.010	195.2	2.1	1.23	0.020	241.3	3.5
Barrage de la Voyèze	2.33	0.010	228.6	1.2	1.51	0.020	296.3	2.0

Au droit du pont, cette approche hydraulique nous permet d'appréhender le risque d'atteinte à la pérennité de l'ouvrage. En effet, les différents paramètres (niveau d'eau, vitesses, forces tractrices) ont tendance à converger vers une accélération des processus morphologiques qu'à l'état actuel. Sans mesures compensatoires, les principaux processus susceptibles d'impacter le pont seraient de deux ordres :

- Un processus d'érosion des berges, susceptibles de menacer l'intégrité des culées ;
- Un processus d'érosion du fond, à savoir l'affouillement, susceptible de menacer l'intégrité des piles.

Pour rappel, des signes d'affouillement sont perceptibles actuellement au niveau des piles du pont, allant de 0.6 à 1.0 m. La comparaison avec l'approche théorique semble surévaluer les résultats, en indiquant un affouillement compris entre 1 et 3 m pour les crues morphogènes.

En état aménagé, les premières estimations hydrauliques mettent en évidence un impact certain de l'effacement de la Voyèze sur les niveaux d'eau (et donc les hauteurs d'eau) ainsi que les vitesses au droit de l'ouvrage et du pont pour les débits de crues morphogènes. On constate que les effets de l'effacement sont réels et pour toute la plage de débits, avec un abaissement de l'ordre de 75 cm au droit du pont et une vitesse augmentée par 3.6 au droit de l'ouvrage pour une crue biennale et de 1.2 au droit du pont.

Afin d'apprécier l'affouillement théorique en état aménagé, nous avons utilisé les formules de HEC 18, FDOT et LEFORT. Attention, pour rappel, ces formules ont tendance à surévaluer les résultats car celles-ci ne tiennent pas compte de l'agencement des matériaux du lit, mais elles permettaient toutefois d'estimer sommairement l'affouillement.

L'affouillement après effacement viendrait à s'intensifier au droit du pont de la Voyèze, en lien avec l'augmentation de la capacité du Dessoubre :

- Mise en place d'érosion régressive ;
- Augmentation des vitesses ;
- Augmentation des forces tractrices.

Tabl. 21 - Affouillement au droit du pont de la Voyèze après effacement

Méthode	Affouillement moyen (m)	Erreur totale (%) pour des diamètre > 0.7 mm	Affouillement minimal (m)	Affouillement maximal (m)
HEC 18	2.19	47	1.16	3.22
SHEPPARD ET MELVILLE	3.96	13	3.45	4.47
LEFORT	2.37	11	2.11	2.63

Selon les formules utilisées, l'affouillement théorique après effacement de l'ouvrage serait compris entre 1.16 m à 4.50 m. La coupe ci-dessous illustre l'affouillement minimal et maximal potentiel.

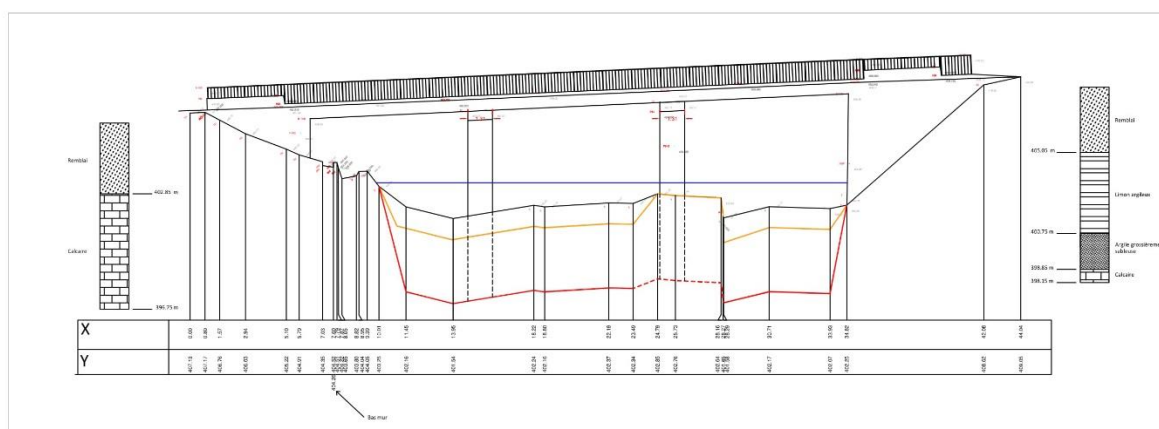


Fig. 61. Comparaison du fond actuel et affouillement minimal (orange) et maximal (rouge)

5.3. SYNTHÈSE DE L'ÉTUDE DE FAISABILITÉ

La faisabilité technique du dérasement de l'ouvrage met en évidence une intensification des processus morphologiques en lien avec l'ajustement de la pente de fond jusqu'à l'équilibre du profil en long et la diminution des hauteurs des niveaux d'eau entraînant une augmentation des vitesses et des forces tractrices.

Tous les paramètres hydrauliques et morphologiques sont réunis pour tendre vers un affouillement au droit du pont plus important, affouillement déjà perceptible dans la configuration actuelle, et vers une capacité érosive du Dessoubre plus importante.

D'après les résultats géotechniques, des horizons aux caractéristiques mécaniques faibles ont été observés en rive droite. Les limons et les argiles sont des couches dont la résistance est particulièrement faible pour accueillir des fondations et qui sont extrêmement sensibles aux variations hydriques.

Par ailleurs, ne connaissant ni le type de fondations de l'ouvrage (fondation sur caisson, fondation sur pieux ou fondation sur semelle), ni l'ancrage de celles-ci, l'effacement total de l'ouvrage semble incompatible avec la préservation du pont sans la mise en œuvre d'investigations complémentaires : sondages au droit de l'ouvrage, étude structure ...

6. SCENARIOS ALTERNATIFS

Afin de préserver la pérennité du pont, plusieurs scénarios alternatifs ont été étudiés, à savoir :

- Scénario 1 : Arasement de l'ouvrage et aménagements franchissables de conception et aménagements connexes et besoin complémentaires ;
- Scénario 2 : Abaissement partiel de l'ouvrage et aménagements connexes ;
- Scénario 3 : Maintien de l'ouvrage et création d'un dispositif de franchissement piscicole.

Aussi, dans la suite du document, chaque scénario alternatif est décrit comme suit :

- Principe d'intervention et implantation ;
- Principales incidences et mesures d'accompagnement proposées ;
- Estimation du coût des aménagements ;
- Bilan avantages/inconvénients.

6.1. SCENARIO 1 : ARASEMENT DE L'OUVRAGE

6.1.1. Principes d'intervention

La philosophie d'aménagement de l'ouvrage est dictée par la recherche de compromis entre l'effacement maximal des effets de l'ouvrage sur l'hydrosystème et la préservation des enjeux locaux. Ce scénario s'inscrit bien évidemment dans une optique de non valorisation hydroélectrique de l'ouvrage et d'abandon du droit d'eau associé.

Au-delà de l'atteinte des objectifs globaux, les principales motivations de ce scénario sont :

- La simplification de la gestion de l'ouvrage (manœuvre de la vanne en cas de crue) ;
- La suppression de l'entretien de l'ouvrage.

Les principales questions qu'il soulève sont :

- L'impact sur les enjeux riverains ;
- L'impact paysager.

6.1.2. Implantation

L'intervention se déroulera au droit du seuil de la Voyèze, sur les berges attenantes et sur le Dessoubre en amont et aval de l'ouvrage.

Le lit réaménagé seulement au droit de l'ouvrage. Les phases de travaux s'étendront de la manière suivante :

- Démantèlement de la passerelle ;

Restauration de la continuité écologique sur le secteur aval du Dessoubre au droit des seuils de « Fleurey », « Neuf Gouffre » et la « Voyèze »

Diagnostic – Avant-Projet et propositions – Ouvrage de la Voyèze

- Arasement de l'ouvrage et création d'une rampe de fond de 160 m franchissable par conception ;
- Epaulement et confortement de la berge rive gauche sur environ 50 m ;
- Retalutage de la berge rive gauche au niveau du jardin de la propriété de M. Bernardot sur 70 m.

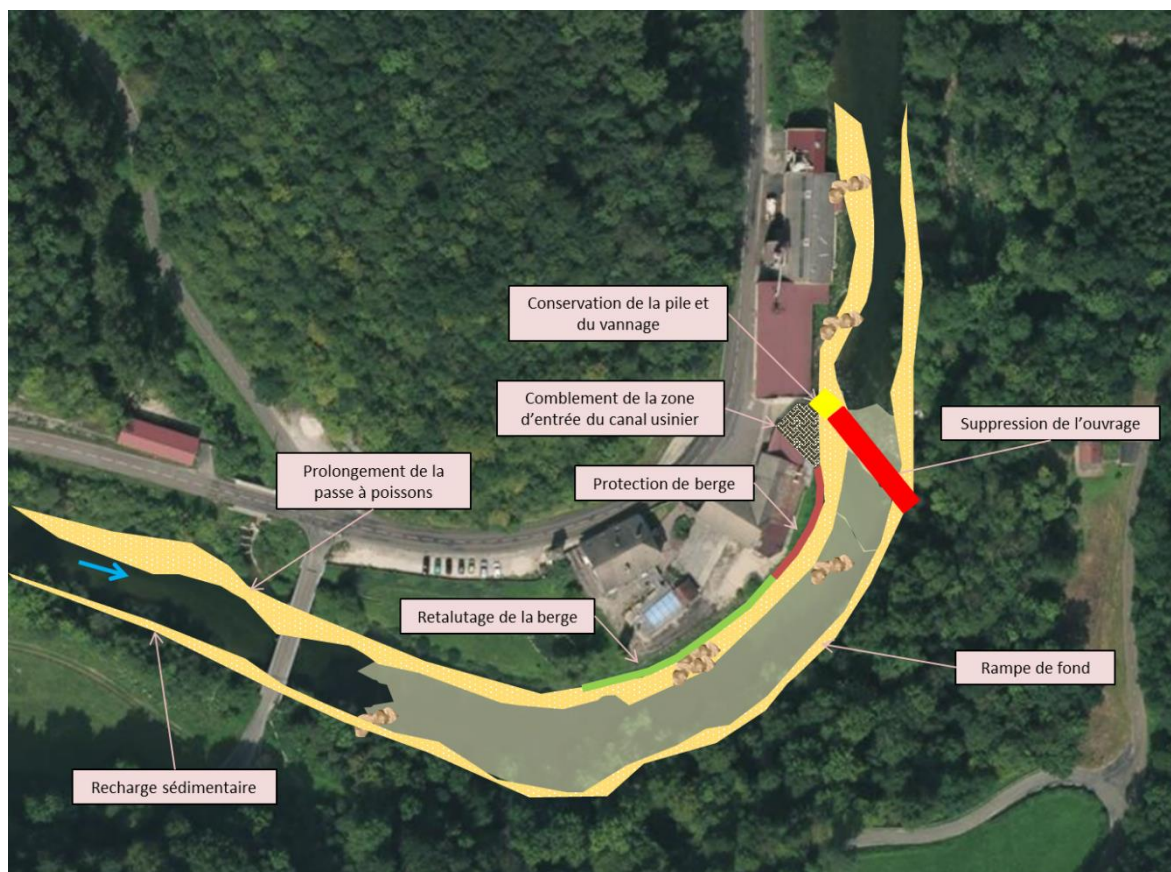


Fig. 62. Schéma de synthèse des aménagements proposés pour l'arasement de l'ouvrage

6.1.3. Arasement de l'ouvrage franchissable de conception

Le compromis technique entre la restauration écologique et les habitats aquatiques du Dessoubre tout en préservant la pérennité du pont et du bâti est d'araser l'ouvrage hydraulique en gardant un fond dur et de créer une rampe de fond franchissable de conception de 160 m de long pour conserver les conditions hydrauliques au droit du pont de la Voyèze.

La rampe de fond sera constituée des matériaux type graviers / blocs / gros blocs pour favoriser au maximum une diversité des écoulements entre des zones de repos (après blocs...) et une hétérogénéité dans le profil en travers. Par ailleurs, un chenal d'écoulement pour concentrer les débits à l'étiage sera créé au sein de la rampe de fond.

6.1.4. Recharge sédimentaire

La mise en place de banquettes en double épaisseur sera constituée de matériaux graveleux et de petits blocs. La recharge de fond sera composée d'éléments grossiers compris entre 10/100 mm et la recharge secondaire sous forme de bancs sera comprise entre 5/50 mm. La disposition des

Restauration de la continuité écologique sur le secteur aval du Dessoubre au droit des seuils de « Fleurey », « Neuf Gouffre » et la « Voyèze »

Diagnostic – Avant-Projet et propositions – Ouvrage de la Voyèze

matériaux granulométriques sera réalisée de manière régulière et diversifiée sur la largeur totale du lit mouillé et sur une épaisseur de 30-40 cm en moyenne. Les crues à venir seront chargées de disposer / remanier naturellement les sédiments injectés.

6.1.5. Accompagnement du bâti

L'arasement entraînera l'abaissement du niveau de l'eau à l'amont immédiat. Cet abaissement pouvant avoir une incidence sur les berges en place, notamment, celle en rive gauche où la route départementale et le bâti constituent un fort enjeu à préserver, il sera prévu de conforter la berge en pied.

Aussi, pour éviter de favoriser la recirculation de l'eau au niveau de l'entrée du canal, cette zone sera comblée.

Le confortement en rive gauche s'effectuera selon la méthodologie suivante :

- Berge à redessiner avec des enrochements appareillés sur la partie inférieure et des apports de terre végétale sur la partie supérieure ;
- Mise en place d'un treillis coco et ensemencement ;
- Mise en œuvre de boutures de saules ;
- Végétalisation de la berge.

Cette protection de berge rive gauche sera consolidée par un enrochement de protection en base de 100/400 kg et d'un treillis coco H2M5 740 g/m² et fera l'objet de plantations. La longueur de la protection de berge sera de 50 ml. Puis un retalutage de la berge rive gauche par simple technique déblais / remblais sera réalisé sur 70 m en amont de la protection de berge.

6.1.6. Reprise de la passe à poissons

Au droit de la passe à poisson de la Vauclusotte, l'arasement de l'ouvrage de la Voyèze entraînera un abaissement de la ligne d'eau du Dessoubre sur la plage de fonctionnement de la passe à poissons, soit une incidence sur la condition aval.

Partant du dimensionnement de Naldéo, l'arasement de la Voyèze induirait la mise en place de 2 pré-barrages pour que le dispositif de franchissement reste franchissable pour les espèces cibles.

Ainsi, l'extension nécessiterait une longueur disponible de 5 m et le prolongement des protections en berge

6.1.7. Principales incidences

Les principales incidences identifiées sont les suivantes :

- Incidences hydrauliques :
 - Etiage et débit moyen : abaissement généralisé des niveaux d'eau et augmentation des vitesses d'écoulement ;
 - Crue : pas d'effet significatif ;

Tabl. 22 - Synthèse de l'impact de l'effacement sur les niveaux d'eau (rampe de fond)

Débit		Barrage de la Voyèze			Pont de la Voyèze		
Fréquence	Valeur (m/s)	Etat initial (mNGF)	Etat aménagé (mNGF)	Ecart (m)	Etat initial (mNGF)	Etat aménagé (mNGF)	Ecart (m)
QMNA5	1.3	403.35	402.11	1.24	403.35	402.89	0.46
Q50%	6.2	403.46	402.44	1.02	403.49	403.24	0.25
Module	13.7	403.59	402.72	0.87	403.67	403.56	0.11
3*Module	41.1	403.90	403.23	0.67	404.19	404.23	-0.04
Q2	130.0	404.35	403.90	0.45	405.46	405.39	0.07
Q5	150.0	404.70	404.02	0.68	405.66	405.59	0.07
Q10	170.0	404.81	404.14	0.67	405.85	405.76	0.09
Q20	180.0	404.87	404.19	0.68	405.93	405.84	0.09
Q50	200.0	404.97	404.30	0.67	406.10	406.01	0.09

Tabl. 23 - Synthèse de l'impact de l'effacement sur les vitesses (rampe de fond)

Débit		Barrage de la Voyèze				Pont de la Voyèze			
Fréquence	Valeur (m/s)	Etat initial (m/s)	Etat aménagé (m/s)	Facteur	Ecart (%)	Etat initial (m/s)	Etat aménagé (m/s)	Facteur	Ecart (%)
QMNA5	1.3	0.02	1.27	63.5	6250	0.04	0.05	1.3	25
Q50%	6.2	0.09	1.92	21.3	2033	0.19	0.18	0.9	-5
Module	13.7	0.18	2.17	12.1	1106	0.37	0.33	0.9	-11
3*Module	41.1	0.45	2.39	5.3	431	0.79	0.68	0.9	-14
Q2	130.0	1.16	3.44	3.0	197	1.41	1.34	1.0	-5
Q5	150.0	1.17	3.60	3.1	208	1.51	1.45	1.0	-4
Q10	170.0	1.27	3.75	3.0	195	1.61	1.55	1.0	-4
Q20	180.0	1.32	3.83	2.9	190	1.65	1.60	1.0	-3
Q50	200.0	1.41	3.95	2.8	180	1.74	1.69	1.0	-3

- Incidences morphologiques : Effet modéré étant donné que le linéaire est peu actif (contexte de gorge ...) :
 - La restauration du transit sédimentaire sur un tronçon peu dynamique ;
 - Le risque de déstockage de sédiments est présent même si la retenue induite par l'ouvrage ne semble peu remplie (le linéaire de remous hydraulique est important) ;
 - Avec la mise en place de seuil de fond, le risque d'incision par érosion régressive semble peu important eu égard aux incidences évaluées pour les crues morphogènes.

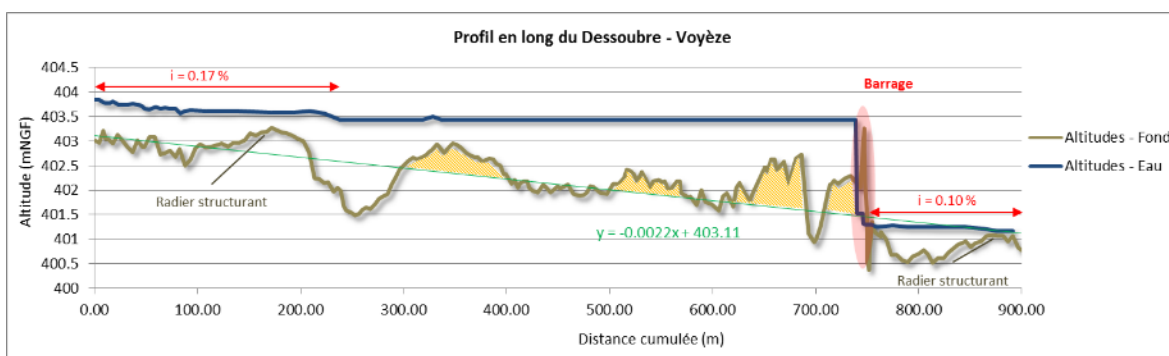


Fig. 63. Profil en long (état final en vert) du Dessoubre au droit de l'ouvrage

- Incidences écologiques :
 - Restauration de la continuité piscicole ;
 - Restauration d'écoulements favorables aux espèces rhéophiles ;
 - Impact sur les habitats aquatiques positif ;
- Incidences sur les ouvrages et le bâti :
 - Incidences sur le pont de la Voyèze à préciser ;

- Incidences sur l'ancien moulin à apprécier ;
- Incidences paysagères : Restauration d'écoulements naturels sur une portion de la rivière aménagée.

6.1.8. Contraintes réglementaires

Ce scénario implique le respect d'une procédure dite « autorisation environnementale » incluant a minima le volet Loi sur l'Eau.

Le seuil d'autorisation est justifié par la modification induite du profil en long et /ou du profil en travers sur un linéaire supérieur à 100m (rubrique 3.1.2.0 de la nomenclature Loi sur l'eau).

En parallèle, cette opération implique l'abrogation du droit d'eau fondé en titre qui pourra être effectuée soit à l'initiation du titulaire du droit d'eau (abandon de droit d'eau) soit, a posteriori, à l'initiative de la DDT du Doubs.

Dans le cas d'une demande volontaire d'abandon de droit d'eau, ce projet pourra être analysé comme une remise en état après exploitation d'un ouvrage, au titre de la loi de 1919.

6.1.9. Estimation financière

A ce jour, le coût de l'aménagement sur l'ouvrage de la Voyèze s'élève environ à 570 000 €HT :

- Frais de chantier et travaux préparatoires : 100 000 €HT ;
- Démantèlement du seuil : 30 000 €HT ;
- Remodelage du lit mineur : 310 000 €HT ;
- Reprise de la passe à poissons : 80 000 €HT ;
- Divers et imprévus : 50 000 €HT.

6.2. SCENARIO 2 : ABAISSEMENT DE L'OUVRAGE

6.2.1. Principe d'intervention

La philosophie d'aménagement de l'ouvrage est dictée par la recherche de compromis entre l'effacement maximal des effets de l'ouvrage sur l'hydrosystème et la préservation des enjeux locaux. Ce scénario s'inscrit bien évidemment dans une optique de non valorisation hydroélectrique de l'ouvrage et d'abandon du droit d'eau associé.

Au-delà de l'atteinte des objectifs globaux, les principales motivations de ce scénario sont :

- La simplification de la gestion de l'ouvrage (manœuvre de la vanne en cas de crue) ;
- La suppression de l'entretien de l'ouvrage.

Les principales questions qu'il soulève sont :

- L'impact sur les enjeux riverains ;
- L'impact paysager.

Restauration de la continuité écologique sur le secteur aval du Dessoubre au droit des seuils de « Fleurey », « Neuf Gouffre » et la « Voyèze »

Diagnostic – Avant-Projet et propositions – Ouvrage de la Voyèze

6.2.2. Implantation

L'intervention se déroulera au droit du seuil de la Voyèze, sur les berges attenantes et sur le Dessoubre en amont et aval de l'ouvrage.

Le lit réaménagé seulement au droit de l'ouvrage. Les phases de travaux s'étendront de la manière suivante :

- Démantèlement de la passerelle ;
- Abaissement de l'ouvrage ;
- Création d'un dispositif de franchissement pour la montaison ;
- Epaulement et confortement de la berge rive gauche sur environ 50 m ;
- Retalutage de la berge rive gauche au niveau du jardin de la propriété de M. Bernardot sur 70 m ;
- Création d'un point dur.

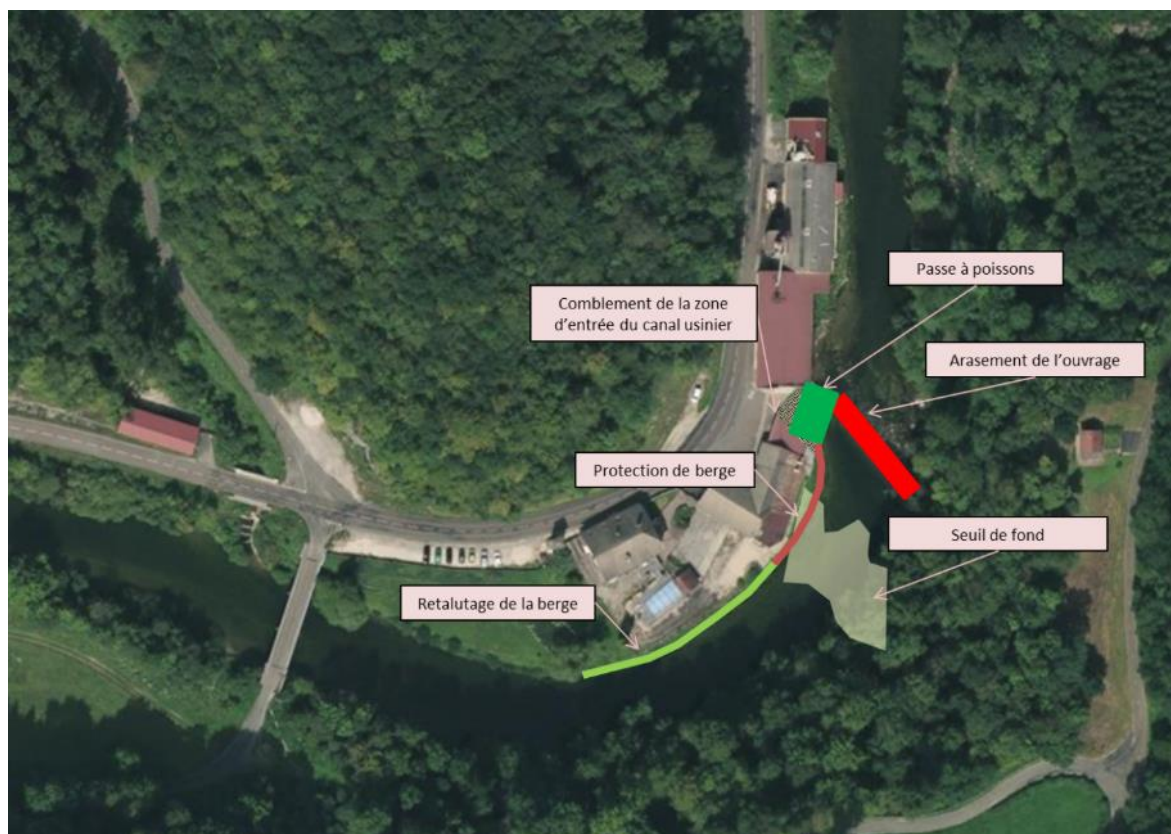


Fig. 64. Localisation des aménagements prévus

6.2.3. Abaissement de l'ouvrage

Afin de réduire les impacts de l'ouvrage hydrauliques tout en conservant les enjeux locaux, le compromis technique proposé est un arasement de l'ouvrage tout en gardant un radier de fond (point dur) dans l'objectif de conserver la saturation en eau des argiles susceptibles d'accueillir les fondations du bâti riverain et du pont.

Restauration de la continuité écologique sur le secteur aval du Dessoubre au droit des seuils de « Fleurey », « Neuf Gouffre » et la « Voyèze »

Diagnostic – Avant-Projet et propositions – Ouvrage de la Voyèze

Au-delà, tenant compte des incertitudes présentes au droit du radier du pont en amont et de notre recommandation de ne pas approfondir le fond du lit sous le pont, nous recommandons d'araser le barrage de la Voyèze à la cote 402.85 mNGF, soit seulement 45 cm en dessous de la crête actuelle.

Un radier de fond (point dur) sera maintenu dans l'objectif de conserver les mêmes conditions hydrauliques en crue sous le pont. Ce point se situerait à 50 m en amont de l'ouvrage, la cote minimale fixée est de 402.60 mNGF.

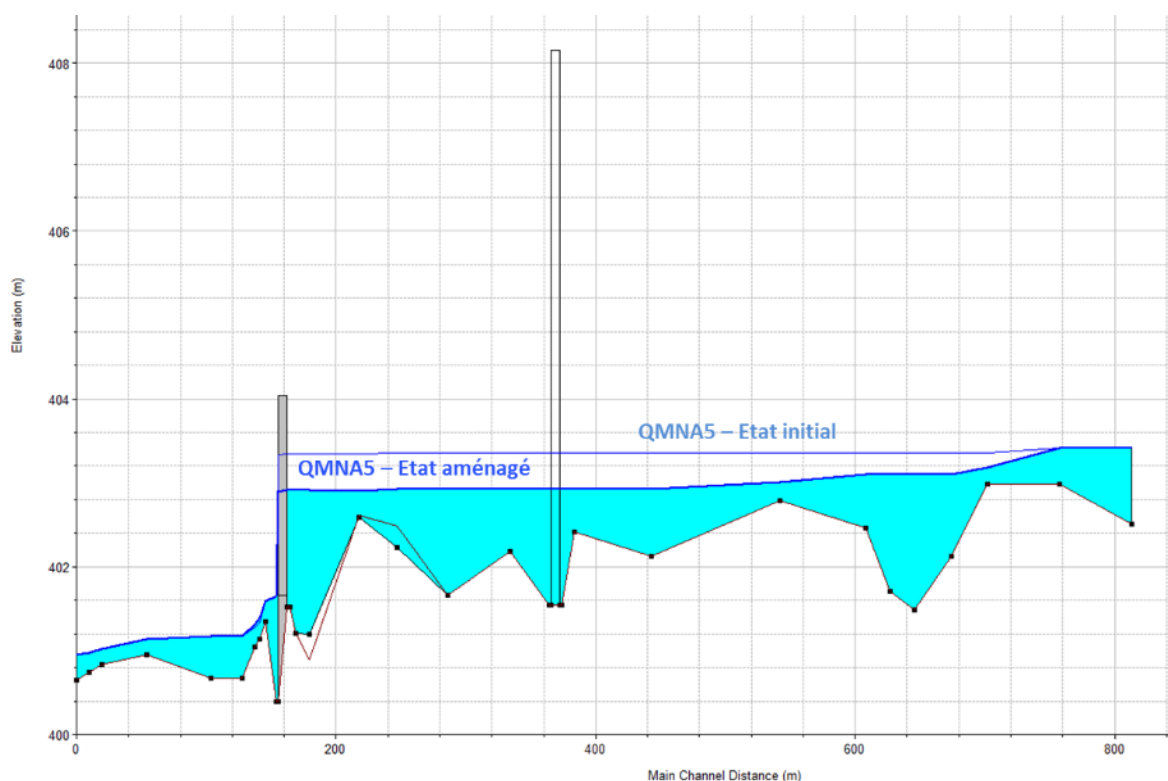


Fig. 65. Comparaison - Profils de ligne d'eau au QMNA5

Restauration de la continuité écologique sur le secteur aval du Dessoubre au droit des seuils de « Fleurey », « Neuf Gouffre » et la « Voyèze »

Diagnostic – Avant-Projet et propositions – Ouvrage de la Voyèze

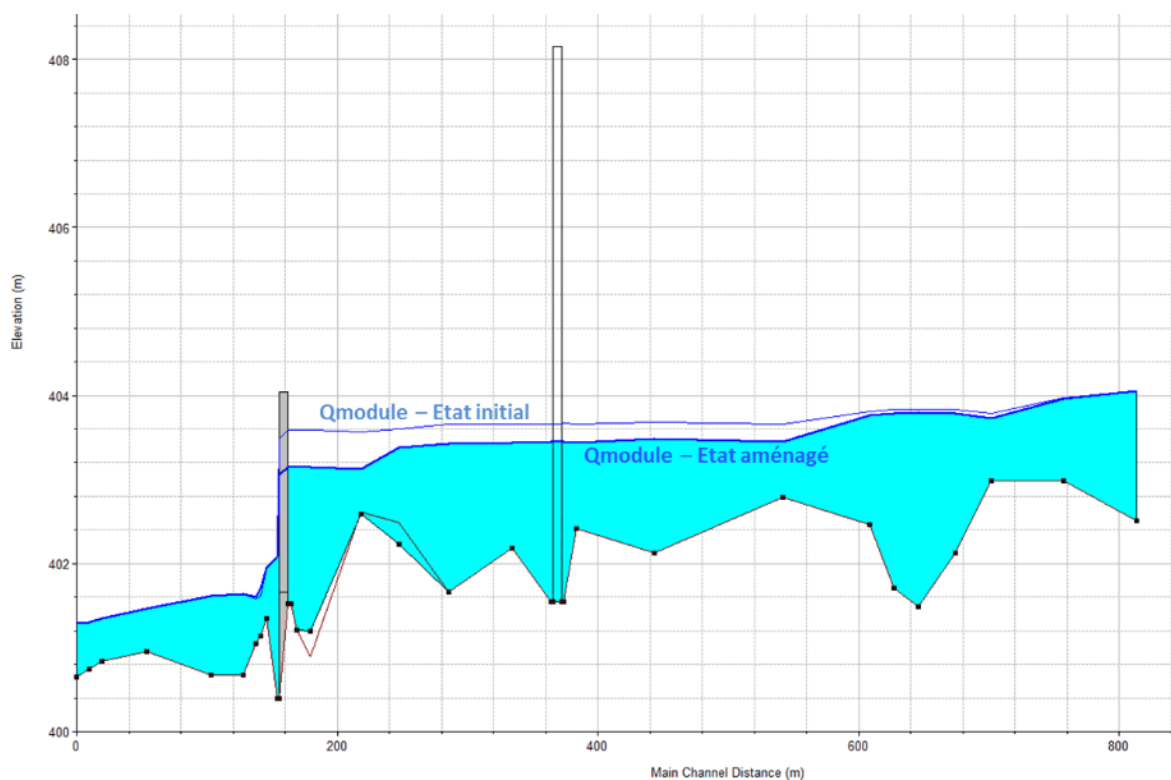


Fig. 66. Comparaison - Profils de ligne d'eau au module

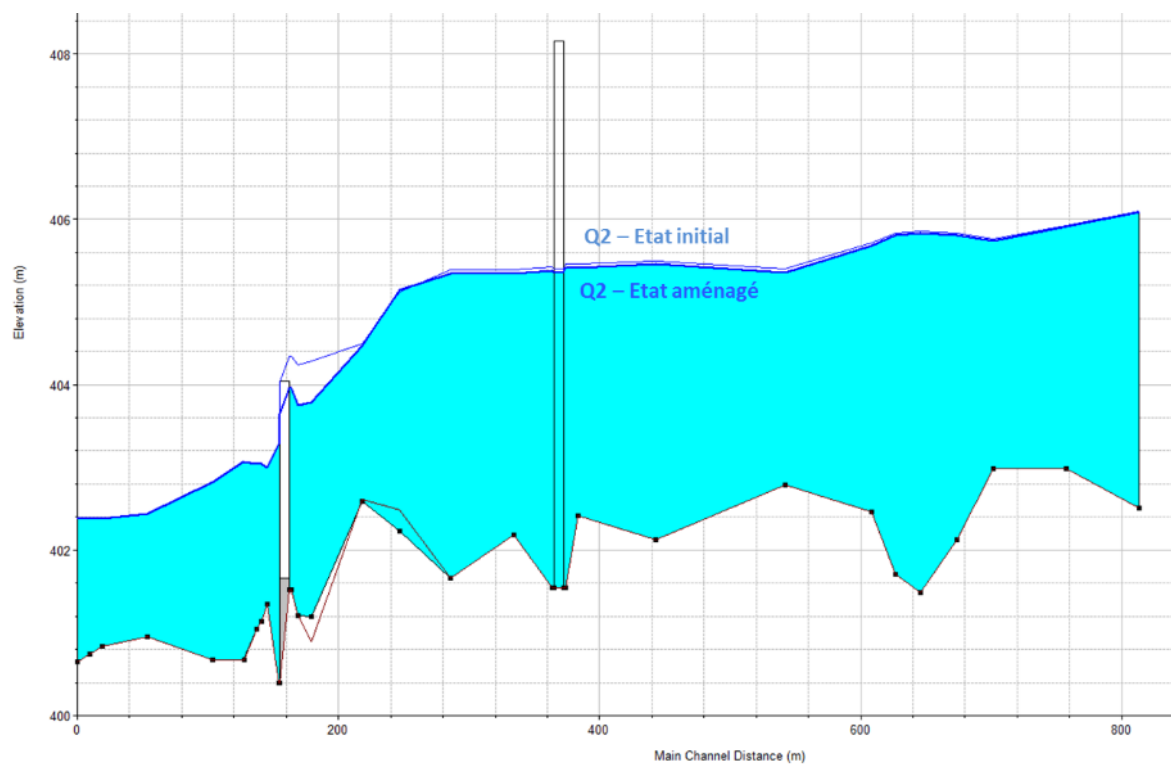


Fig. 67. Comparaison - Profils de ligne d'eau en crue biennale

Restauration de la continuité écologique sur le secteur aval du Dessoubre au droit des seuils de « Fleurey », « Neuf Gouffre » et la « Voyèze »

Diagnostic – Avant-Projet et propositions – Ouvrage de la Voyèze

6.2.4. Restauration de la continuité écologique

L'arasement partiel de l'ouvrage ne permettra pas de restaurer seul la continuité piscicole à la montaison. En effet, malgré l'abaissement de la cote de la retenue en amont, la hauteur de chute restante, variant en fonction du débit est présentée dans le tableau suivant :

Tabl. 24 - Arasement partiel du barrage Voyèze – Chute résiduelle à aménager

	Débit (m/s)	Niveau d'eau amont (mNGF)	Niveau d'eau aval (mNGF)	Chute (m)
QMNA5	1.3	402.91	401.17	1.74
Module	13.7	403.15	401.61	1.54
3*Module	41.1	403.46	402.12	1.34
Q2	130.0	403.96	403.00	0.96

Par conséquent, la restauration efficace de la continuité écologique impose de coupler l'arasement partiel de l'ouvrage à un dispositif dédié à la montaison piscicole.

6.2.4.1. HYPOTHESES DE DIMENSIONNEMENT

- Spectre écologique : Le peuplement piscicole du Dessoubre sur le secteur d'étude a été présenté dans la première partie du document.

Les principales données biologiques d'entrée pour le dimensionnement du dispositif de franchissement piscicole sont rappelées ci-dessous :

- Espèces cibles : Espèces d'intérêt patrimonial telles sur la Truite fario, Lamproie de Planer, Ombre.

A noter que, malgré son statut patrimonial, le Chabot revêt un enjeu de restauration moindre si l'on considère ses besoins de déplacement réduits et ses faibles capacités de franchissement. Aussi, dans un souci de maîtrise des coûts d'aménagement et d'optimisation du rapport coût/gain écologique, cette espèce ne sera pas retenue comme « cible » pour la suite du dimensionnement. Néanmoins, la franchissabilité de cette espèce sera regardée pour les solutions techniques étudiées, notamment via un travail sur la rugosité en fond du dispositif.

Eu égard à ces espèces et à la taille des individus, le fonctionnement du dispositif devra être compatible avec un franchissement « **toutes espèces** ».

- Plage de fonctionnement : La période à enjeu pour la Truite s'étend globalement de novembre à février. La période pour la Lamproie de Planer et l'Ombre s'étend d'avril à juin.

En première approche, nous avons pris comme hypothèse de dimensionnement une plage de fonctionnement maximale du QMNA5 à 3 le module (soit statistiquement un peu plus de 90 % de l'année).

Ce fonctionnement pourra être optimisé par la suite si nécessaire.

- Données hydrauliques : Sur la plage de fonctionnement ciblée, les variations de niveaux d'eau et de hauteur de chute à franchir, issues des simulations hydrauliques, sont présentées dans le tableau ci-après :

Tabl. 25 - Variation des niveaux d'eau et de la hauteur de chute

	Débit (m/s)	Niveau d'eau amont (mNGF)	Niveau d'eau aval (mNGF)	Chute (m)
QMNA5	1.3	402.91	401.17	1.74
Module	13.7	403.15	401.61	1.54
3*Module	41.1	403.46	402.12	1.34

6.2.4.2. IMPLANTATION

De manière générale, le poisson a tendance à remonter le cours d'eau le plus en amont possible, jusqu'à ce qu'il soit arrêté par une chute d'une hauteur infranchissable ou par des courants ou des turbulences trop violentes. Il convient donc d'installer l'entrée piscicole de la passe à poissons le plus près possible de l'ouvrage, qui correspond au point de plus haute remontée du poisson.

Dans notre cas, le barrage de la Voyèze étant oblique, l'implantation privilégiée se situe en rive droite, représentant le point de plus haute remontée. Cette partie de l'ouvrage est techniquement plus difficile d'accès (aucun chemin d'accès, versant abrupt) or un des premiers dysfonctionnements de la passe à poissons est le manque d'entretien. **Ainsi, dans la configuration actuelle, nous préconisons d'implanter la passe à poissons en rive gauche.**

6.2.4.3. TYPES DE DISPOSITIF

Plusieurs types de dispositifs de franchissement piscicole à la montaison. Tenant compte des contraintes locales, et notamment de l'absence d'emprise disponible en berge, et des espèces piscicoles en présence, le choix d'une **passe à bassins successifs** semble plus approprié qu'une rampe à macro-rugosité qui demanderait une emprise beaucoup plus importante (ici, de l'ordre de 40m linéaire).

6.2.4.4. PRE-DIMENSIONNEMENT : PASSE A BASSINS SUCCESIFS

6.2.4.4.1. Principe de fonctionnement

Le passage de l'eau d'un bassin à l'autre peut s'effectuer par une ou plusieurs fentes ou échancrures, par un ou divers orifices, par déversement de surface, ou par diverses combinaisons des solutions précédentes.

Les principaux paramètres d'une passe à bassins sont :

- Les dimensions des bassins ;
- Les caractéristiques géométriques des dispositifs assurant le passage de l'eau au niveau des cloisons (dimensions et altitudes des fentes, échancrures, orifices ou déversoirs).

Ces caractéristiques géométriques déterminent, en fonction des cotes des niveaux d'eau à l'amont et à l'aval de l'ouvrage, le comportement hydraulique de la passe, c'est-à-dire son débit, la différence de niveau d'un bassin à l'autre ainsi que la configuration de l'écoulement dans les bassins.

Les passes pouvant permettre le franchissement « toutes espèces » sont obligatoirement à jet de surface, c'est-à-dire où le poisson passe d'un bassin à l'autre en nageant. Ce type de jet est déterminé par le rapport des charges aval et amont qui doit être supérieur à 0,60.

Restauration de la continuité écologique sur le secteur aval du Dessoubre au droit des seuils de « Fleurey », « Neuf Gouffre » et la « Voyèze »

Diagnostic – Avant-Projet et propositions – Ouvrage de la Voyèze



Fig. 68. Exemple d'une passe à bassins successifs à fentes verticales

6.2.4.4.2. Critères de dimensionnement

Le fonctionnement d'une passe à bassins successifs dépend de plusieurs critères qui permettent d'évaluer la fonctionnalité piscicole de l'ouvrage en fonction de la période hydrologique considérée. Il s'agit :

- De la charge dans les fentes ou échancrures, qui doit être suffisante afin de permettre le passage du poisson ;
- De la hauteur de chute entre les bassins, en fonction des espèces à faire franchir ;
- Du type de jet, plongeant ou de surface, en fonction des espèces à faire franchir ;
- Du tirant d'eau dans les bassins, qui doit être supérieur à 2 fois la hauteur de chute entre bassins ;
- De la puissance volumique dissipée dans les bassins, généralement comprise entre 100-150 W/m³ pour les petites espèces, et 200-250 W/m³ pour les espèces de plus grandes tailles (Ombre, Truite fario).

Les différentes espèces de poissons ne disposant pas des mêmes capacités de nage, la valeur retenue pour chacun de ces critères dépendra par conséquent de l'espèce (ou groupe d'espèces) mais également de la taille (stade du cycle de croissance) des individus concernés.

Les critères hydrauliques à respecter pour les espèces cibles considérées au droit du barrage sont présentés dans le tableau suivant :

Tabl. 26 - Passe à bassins successifs - Critères hydrauliques pour les espèces cibles

Espèces	Type de jet	Hauteur de chute maximale (m)	Largeur minimale des fentes (m)	Puissance dissipée maximale (W/m ³)
Truite / Ombre	Surface	0.25 à 0.30	0.3	< 250
Petites espèces	Surface	0.15 à 0.20	0.2	< 150

6.2.4.4.3. Pré-dimensionnement

Le type de passe sera défini plus précisément au stade PRO mais un ouvrage à fentes verticales semble bien approprié. Les fentes verticales profondes (jusqu'au radier) apportent une certaine souplesse de fonctionnement car elles permettent de garantir une certaine robustesse face aux variations de niveau amont et aval, et sont adaptées aux espèces benthiques (déplacement à proximité du fond) et pélagiques (déplacement en pleine eau) sans capacité de saut étant donné la formation d'un jet de surface avec la formation de à jet de surface.

Restauration de la continuité écologique sur le secteur aval du Dessoubre au droit des seuils de « Fleurey », « Neuf Gouffre » et la « Voyèze »

Diagnostic – Avant-Projet et propositions – Ouvrage de la Voyèze

Les passes à fentes verticales sont fréquemment mises en œuvre comme passes « toutes espèces ». Etant donné que les variations de niveau sont plus marquées à l'aval du barrage, le choix de la largeur de fente sera important afin d'apporter les meilleures conditions hydrodynamiques pour le passage des poissons, tout en permettant de limiter l'enneigement de la passe.

Le débit d'alimentation dépendra du dimensionnement des fentes (profondeur et largeur) et sera défini à un stade ultérieur de l'étude (PRO). De manière générale, on constatera que plus les fentes sont larges, moins elles sont soumises au colmatage, mais plus elles nécessitent des bassins de dimensions importantes afin de permettre une dissipation d'énergie suffisante.

A ce stade, nous avons pris comme hypothèse un débit d'alimentation de 0.6 m³/s. De plus, le débit pris comme débit de projet (ou débit de dimensionnement) sera le module (13.7 m³/s).

Compte tenu des espèces cibles sur secteur, il est proposé de fixer **la hauteur de chute à 20 cm** entre chaque bassin (soit 8 bassins et 9 chutes pour une hauteur de chute de l'ordre de 1.54 m au module) et de respecter une **puissance maximale dissipée de 150 W/m³**.

En première approche, le dispositif pourrait disposer des caractéristiques suivantes :

- 9 cloisons munies d'une fente verticale profonde de 35 cm de largeur (compatible avec un débit de 0.6 m³/s au débit médian) ;
- 8 bassins de 3.5 m de longueur et de 2.5 m de largeur, avec un tirant d'eau de 1 à 1.3 m.

Tabl. 27 - Caractéristique de la passe à bassins

N° Cloison	Largeur de fente (m)	Coefficient de fente μ	Cote seuil de la fente (m NGF)	Cote radier amont cloison (m NGF)	N°Bassin	Cote radier mi-bassin (m NGF)	Longueur bassin (m)	Largeur bassin (m)
1	0.30	0.7	402.00	402.00				
					1	401.90	3.50	2.50
2	0.30	0.7	401.80	401.80				
					2	401.70	3.50	2.50
3	0.30	0.7	401.60	401.60				
					3	401.50	3.50	2.50
4	0.30	0.7	401.40	401.40				
					4	401.30	3.50	2.50
5	0.30	0.7	401.20	401.20				
					5	401.10	3.50	2.50
6	0.30	0.7	401.00	401.00				
					6	400.80	3.50	2.50
7	0.30	0.7	400.80	400.80				
					7	400.60	3.50	2.50
8	0.30	0.7	400.60	400.60				
					8	400.40	3.50	2.50
9	0.30	0.7	400.40	400.40				

Le dispositif aurait alors une longueur développée voisine de 30 m. Un repli de la passe sera nécessaire afin de positionner l'entrée piscicole au plus près de l'obstacle. Dans ce cas, le dispositif constituerait un bloc de 15 m de longueur et 8 m de largeur.

Un système pare embâcles devra être aménagé à l'amont de la passe afin de limiter les opérations d'entretien. Il est cependant important de signaler que les passes en génie civil nécessitent une surveillance accrue par rapport à une rampe en enrochements. Les fentes ou échancrures sont en effet sujettes au colmatage, ce qui entrave le fonctionnement hydraulique de ce type d'ouvrages.

Restauration de la continuité écologique sur le secteur aval du Dessoubre au droit des seuils de « Fleurey », « Neuf Gouffre » et la « Voyèze »

Diagnostic – Avant-Projet et propositions – Ouvrage de la Voyèze

Un entretien régulier est à prévoir, notamment sur les périodes à fort enjeux pour les espèces cibles.

6.2.4.5. RESULTATS DE FONCTIONNEMENT DE LA PASSE A POISSONS

Le fonctionnement hydraulique de l'ouvrage est issu de simulations effectuées sous le logiciel CASSIOPEE.

Les simulations ont été réalisées sur l'ensemble de la plage de fonctionnement du dispositif, soit du QMNA5 à 3 fois le module. Elles sont basées sur les hypothèses décrites précédemment.

Les résultats obtenus par le calcul sont synthétisés dans les tableaux suivant :

Tabl. 28 - Résultats de fonctionnement - QMNA5

QMNA5 = 1.30 m ³ /s									
N° Bassin	Niveau d'eau (m NGF)	P/V (W/m ³)	Tirant d'eau (m)	Vitesse débitante (m/s)	N° Cloison	Chute (m)	Débit (m ³ /s)	Cote seuil de la fente (m NGF)	Type de jet
Amont	402.91								
					1	0.20	0.441	402.00	SURFACE
1	402.71	121	0.811	0.217					
					2	0.20	0.441	401.80	SURFACE
2	402.51	121	0.813	0.217					
					3	0.20	0.441	401.60	SURFACE
3	402.32	119	0.815	0.216					
					4	0.20	0.441	401.40	SURFACE
4	402.12	118	0.818	0.215					
					5	0.20	0.441	401.20	SURFACE
5	401.92	117	0.823	0.214					
					6	0.19	0.441	401.00	SURFACE
6	401.73	115	0.829	0.212					
					7	0.19	0.441	400.80	SURFACE
7	401.54	112	0.839	0.210					
					8	0.19	0.441	400.60	SURFACE
8	401.35	108	0.852	0.207					
					9	0.18	0.441	400.40	SURFACE
Aval	401.17								

Tabl. 29 - Résultats de fonctionnement - QMODULE

QMODULE = 13.70 m3/s									
N° Bassin	Niveau d'eau (m NGF)	P/V (W/m³)	Tirant d'eau (m)	Vitesse débitante (m/s)	N° Cloison	Chute (m)	Débit (m³/s)	Cote seuil de la fente (m NGF)	Type de jet
Amont	403.15								
					1	0.19	0.546	402.00	SURFACE
1	402.96	110	1.058	0.206					
					2	0.19	0.546	401.80	SURFACE
2	402.77	108	1.069	0.204					
					3	0.19	0.546	401.60	SURFACE
3	402.58	104	1.084	0.202					
					4	0.18	0.546	401.40	SURFACE
4	402.40	100	1.103	0.198					
					5	0.18	0.546	401.20	SURFACE
5	402.23	95	1.128	0.194					
					6	0.17	0.546	401.00	SURFACE
6	402.06	88	1.159	0.188					
					7	0.16	0.546	400.80	SURFACE
7	401.90	81	1.199	0.182					
					8	0.15	0.546	400.60	SURFACE
8	401.75	73	1.249	0.175					
					9	0.14	0.546	400.40	SURFACE
Aval	401.61								

Tabl. 30 - Résultats de fonctionnement - Q3*MODULE

Q3*MODULE = 41.1 m3/s									
N° Bassin	Niveau d'eau (m NGF)	P/V (W/m³)	Tirant d'eau (m)	Vitesse débitante (m/s)	N° Cloison	Chute (m)	Débit (m³/s)	Cote seuil de la fente (m NGF)	Type de jet
Amont	403.46								
					1	0.15	0.618	402.00	SURFACE
1	403.31	76	1.408	0.176					
					2	0.14	0.618	401.80	SURFACE
2	403.17	67	1.465	0.169					
					3	0.13	0.618	401.60	SURFACE
3	403.03	59	1.533	0.161					
					4	0.12	0.618	401.40	SURFACE
4	402.91	52	1.612	0.153					
					5	0.11	0.618	401.20	SURFACE
5	402.80	45	1.701	0.145					
					6	0.10	0.618	401.00	SURFACE
6	402.70	38	1.804	0.137					
					7	0.09	0.618	400.80	SURFACE
7	402.61	32	1.911	0.129					
					8	0.08	0.618	400.60	SURFACE
8	402.53	27	2.031	0.122					
					9	0.07	0.618	400.40	SURFACE
Aval	402.46								

6.2.5. Accompagnement du bâti

L'arasement entrainera l'abaissement du niveau de l'eau à l'amont immédiat de l'ordre de 0.5 m. Cet abaissement pouvant avoir une incidence sur les berges en place, notamment, celle en rive gauche où la route départementale et le bâti constituent un fort enjeu à préserver, il sera prévu de conforter la berge en pied.

Aussi, pour éviter de favoriser la recirculation de l'eau au niveau de l'entrée du canal, cette zone sera comblée.

Restauration de la continuité écologique sur le secteur aval du Dessoubre au droit des seuils de « Fleurey », « Neuf Gouffre » et la « Voyèze »

Diagnostic – Avant-Projet et propositions – Ouvrage de la Voyèze

Le confortement en rive gauche s'effectuera selon la méthodologie suivante :

- Berge à redessiner avec des enrochements appareillés sur la partie inférieure et des apports de terre végétale sur la partie supérieure ;
- Mise en place d'un treillis coco et ensemencement ;
- Mise en œuvre de boutures de saules ;
- Végétalisation de la berge.

Cette protection de berge rive gauche sera consolidée par un enrochement de protection en base de 100/400 kg et d'un treillis coco H2M5 740 g/m² et fera l'objet de plantations. La longueur de la protection de berge sera de 50 ml. Puis un retalutage de la berge rive gauche par simple technique déblais / remblais sera réalisé sur 70 m en amont de la protection de berge.

Tabl. 31 - Synthèse des forces tractrices entre le pont et le barrage de la Voyèze (crue biennale)

Secteur	Rh (m)	i	Force tractrice (Pa)	Vitesse (m/s)
Pont de la Voyèze	2.35	0.000603	13.9	1.5
	2.27	0.000729	16.2	1.6
	2.72	0.000446	11.9	1.4
	1.87	0.001878	34.5	2.2
	1.44	0.008231	116.3	3.9
	1.39	0.004802	65.5	2.9
Barrage de la Voyèze	1.48	0.004223	61.3	2.8
	1.86	0.000767	14.0	1.4

6.2.6. Reprise de la passe à poisson de la Vaclusotte

Au droit de la passe à poisson de la Vaclusotte, l'arasement de l'ouvrage de la Voyèze entraînera un abaissement de la ligne d'eau du Dessoubre sur la plage de fonctionnement de la passe à poisson, soit une incidence sur la condition aval.

Les incidences au droit de la passe à poisson sont synthétisées dans le tableau suivant :

Tabl. 32 - Incidences sur la ligne d'eau aval de la passe à poissons de la Vaclusotte

	Débit (m/s)	Niveau d'eau initial (mNGF)	Niveau d'eau projeté (mNGF)	Incidence (m)
QMNA5	1.3	403.35	402.92	0.43
Module	13.7	403.67	403.45	0.22
3*Module	41.1	404.19	404.12	0.07
Q2	130.0	405.46	405.42	0.04

Partant du dimensionnement de Naldéo, l'arasement de la Voyèze induirait la mise en place de 2 pré-barrages pour que le dispositif de franchissement reste franchissable pour les espèces cibles.

Ainsi, l'extension nécessiterait une longueur disponible de 5 m et le prolongement des protections en berge.

Restauration de la continuité écologique sur le secteur aval du Dessoubre au droit des seuils de « Fleurey », « Neuf Gouffre » et la « Voyèze »

Diagnostic – Avant-Projet et propositions – Ouvrage de la Voyèze

6.2.7. Principales incidences attendues

6.2.7.1. IMPACT HYDRAULIQUE

Le calage hydraulique de ce scénario repose sur la nécessité de préserver les conditions hydrauliques actuelles sous le pont de manière à ne pas déstabiliser cet ouvrage d'art.

Un abaissement de la ligne d'eau en amont immédiat de l'ouvrage est attendu pour les débits caractéristiques. Les incidences sont décrites dans le tableau suivant :

Tabl. 33 - Incidences sur la ligne d'eau amont

	Débit (m/s)	Niveau d'eau initial (mNGF)	Niveau d'eau projeté (mNGF)	Incidence (m)
QMNA5	1.3	403.35	402.91	0.44
Module	13.7	403.59	403.15	0.44
3*Module	41.1	403.89	403.46	0.43
Q2	130.0	404.35	403.96	0.39

6.2.7.2. IMPACT MORPHO-SEDIMENTAIRE

Ce scénario ne présente aucun intérêt d'un point de vue morpho-sédimentaire, en effet, la faible hauteur arasée n'aura pas de conséquence sur la remobilisation des fonds.

6.2.7.3. IMPACT SUR LA CONTINUITE ECOLOGIQUE ET HABITATS AQUATIQUES

L'arasement couplé avec un dispositif de franchissement rétablira la continuité piscicole à la montaison.

En termes de qualité physique et d'habitats aquatiques, les conséquences de l'abaissement de niveau d'eau et des mesures d'accompagnement seront légèrement positives, dans le sens l'effet « plan d'eau » sera réduit de 150 m.

Au-delà, la banalisation du lit mineur et des habitats sera encore présente sur près de 400 m.

6.2.7.4. IMPACT SUR LE PLAN PAYSAGER

Les modifications paysagères seront visibles se concentreront sur l'ouvrage hydraulique et le site de la Voyèze mais les points de vue restent limités étant donné le contexte de vallée encaissée.

6.2.8. Contraintes réglementaires

Ce scénario implique le respect d'une procédure dite « autorisation environnementale » incluant a minima le volet Loi sur l'Eau.

Le seuil d'autorisation est justifié par la modification induite du profil en long et /ou du profil en travers sur un linéaire supérieur à 100m (rubrique 3.1.2.0 de la nomenclature Loi sur l'eau).

En parallèle, cette opération implique l'abrogation du droit d'eau fondé en titre qui pourra être effectuée soit à l'initiation du titulaire du droit d'eau (abandon de droit d'eau) soit, a posteriori, à l'initiative de la DDT du Doubs.

Dans le cas d'une demande volontaire d'abandon de droit d'eau, ce projet pourra être analysé comme une remise en état après exploitation d'un ouvrage, au titre de la loi de 1919.

Restauration de la continuité écologique sur le secteur aval du Dessoubre au droit des seuils de « Fleurey », « Neuf Gouffre » et la « Voyèze »

Diagnostic – Avant-Projet et propositions – Ouvrage de la Voyèze

6.2.9. Estimation financière

Au vu des aménagements proposés, une première estimation de l'enveloppe financière a pu être établie. Celle-ci est bien évidemment en mesure d'évoluer au stade projet, mais aussi selon les choix du maître d'ouvrage et les décisions du Comité de Pilotage lors de la prochaine réunion de présentation.

A ce jour, le coût de l'aménagement s'élève environ à 590 000 €HT :

- Frais de chantier et travaux préparatoires : 85 000 €HT ;
- Arasement du seuil et passe à bassins : 365 000 €HT ;
- Reprise de la passe à poissons de la Vauclusotte : 80 000 €HT ;
- Divers et imprévus : 60 000 €HT.

6.3. SCENARIO 3 : CREATION D'UN DISPOSITIF DE FRANCHISSEMENT

6.3.1. Principe d'intervention

Ce scénario s'insère dans une logique de maintien de l'ouvrage et de mise en conformité vis-à-vis de la restauration de la continuité piscicole.

Il prévoit l'aménagement du barrage par un dispositif de franchissement piscicole à la montaison, tout en conservant la cote de retenue actuelle.

6.3.2. Restauration de la continuité piscicole

6.3.2.1. HYPOTHESES DE DIMENSIONNEMENT

- Spectre écologique : Le peuplement piscicole du Dessoubre sur le secteur d'étude a été présenté dans la première partie du document.

Les principales données biologiques d'entrée pour le dimensionnement du dispositif de franchissement piscicole sont rappelées ci-dessous :

- Espèces cibles : Espèces d'intérêt patrimonial telles sur la Truite fario, Lamproie de Planer, Ombre.

A noter que, malgré son statut patrimonial, le Chabot revêt un enjeu de restauration moindre si l'on considère ses besoins de déplacement réduits et ses faibles capacités de franchissement. Aussi, dans un souci de maîtrise des coûts d'aménagement et d'optimisation du rapport coût/gain écologique, cette espèce ne sera pas retenue comme « cible » pour la suite du dimensionnement. Néanmoins, la franchissabilité de cette espèce sera regardée pour les solutions techniques étudiées, notamment via un travail sur la rugosité en fond du dispositif.

Eu égard à ces espèces et à la taille des individus, le fonctionnement du dispositif devra être compatible avec un franchissement « **toutes espèces** ».

- Plage de fonctionnement : La période à enjeu pour la Truite s'étend globalement de novembre à février. La période pour la Lamproie de Planer et l'Ombre s'étend d'avril à juin.

Restauration de la continuité écologique sur le secteur aval du Dessoubre au droit des seuils de « Fleurey », « Neuf Gouffre » et la « Voyèze »

Diagnostic – Avant-Projet et propositions – Ouvrage de la Voyèze

En première approche, nous avons pris comme hypothèse de dimensionnement une plage de fonctionnement maximale du QMNA5 à 3 le module (soit statistiquement un peu plus de 90 % de l'année).

Ce fonctionnement pourra être optimisé par la suite si nécessaire.

- Données hydrauliques : Sur la plage de fonctionnement ciblée, les variations de niveaux d'eau et de hauteur de chute à franchir, issues des simulations hydrauliques, sont présentées dans le tableau ci-après :

Tabl. 34 - Variation des niveaux d'eau et de la hauteur de chute

	Débit (m/s)	Niveau d'eau amont (mNGF)	Niveau d'eau aval (mNGF)	Chute (m)
QMNA5	1.3	403.35	401.17	2.18
Module	13.7	403.59	401.64	1.95
3*Module	41.1	403.89	402.12	1.77

6.3.2.2. IMPLANTATION

De manière générale, le poisson a tendance à remonter le cours d'eau le plus en amont possible, jusqu'à ce qu'il soit arrêté par une chute d'une hauteur infranchissable ou par des courants ou des turbulences trop violentes. Il convient donc d'installer l'entrée piscicole de la passe à poissons le plus près possible de l'ouvrage, qui correspond au point de plus haute remontée du poisson.

Dans notre cas, le barrage de la Voyèze étant orienté, l'implantation privilégiée se situe en rive droite, représentant le point de plus haute remontée. Cette partie de l'ouvrage est techniquement plus difficile d'accès (aucun chemin d'accès, versant abrupt) or un des premiers dysfonctionnements de la passe à poissons est le manque d'entretien. **Ainsi, dans la configuration actuelle, nous préconisons d'implanter la passe à poissons en rive gauche.**

6.3.2.3. TYPES DE DISPOSITIF

Plusieurs types de dispositifs de franchissement piscicole à la montaison. Tenant compte des contraintes locales, et notamment de l'absence d'emprise disponible en berge, et des espèces piscicoles en présence, le choix d'une **passe à bassins successifs** semble plus approprié qu'une rampe à macro-rugosité qui demanderait une emprise beaucoup plus importante (ici, de l'ordre de 50m linéaire).

6.3.2.4. PRE-DIMENSIONNEMENT

Le type de passe sera défini plus précisément au stade PRO mais un ouvrage à fentes verticales semble bien approprié. Les fentes verticales profondes (jusqu'au radier) apportent une certaine souplesse de fonctionnement car elles permettent de garantir une certaine robustesse face aux variations de niveau amont et aval, et sont adaptées aux espèces benthiques (déplacement à proximité du fond) et pélagiques (déplacement en pleine eau) sans capacité de saut étant donné la formation d'un jet de surface avec la formation de à jet de surface.

Les passes à fentes verticales sont fréquemment mises en œuvre comme passes « toutes espèces ». Etant donné que les variations de niveau sont plus marquées à l'aval du barrage, le choix de la largeur de fente sera important afin d'apporter les meilleures conditions hydrodynamiques pour le passage des poissons, tout en permettant de limiter l'enneigement de la passe.

Le débit d'alimentation dépendra du dimensionnement des fentes (profondeur et largeur) et sera défini à un stade ultérieur de l'étude (PRO). De manière générale, on constatera que plus les fentes sont larges, moins elles sont soumises au colmatage, mais plus elles nécessitent des bassins de dimensions importantes afin de permettre une dissipation d'énergie suffisante.

Restauration de la continuité écologique sur le secteur aval du Dessoubre au droit des seuils de « Fleurey », « Neuf Gouffre » et la « Voyèze »

Diagnostic – Avant-Projet et propositions – Ouvrage de la Voyèze

A ce stade, nous avons pris comme hypothèse un débit d'alimentation de 0.6 m³/s. De plus, le débit pris comme débit de projet (ou débit de dimensionnement) sera le module (13.7 m³/s).

Compte tenu des espèces cibles sur secteur, il est proposé de fixer **la hauteur de chute à 20 cm** entre chaque bassin (soit 10 bassins et 11 chutes pour une hauteur de chute de l'ordre de 1.95 m au module) et de respecter une **puissance maximale dissipée de 150 W/m³**.

En première approche, le dispositif pourrait disposer des caractéristiques suivantes :

- 11 cloisons munies d'une fente verticale profonde de 35 cm de largeur (compatible avec un débit de 0.6 m³/s au débit médian) ;
- 10 bassins de 3.5 m de longueur et de 2.5 m de largeur, avec un tirant d'eau de 1 à 1.3 m.

Le dispositif aurait alors une longueur développée voisine de 37 m. Un repli de la passe sera nécessaire afin de positionner l'entrée piscicole au plus près de l'obstacle. Dans ce cas, le dispositif constituerait un bloc de 15 m de longueur et 8 m de largeur.

Tabl. 35 - Caractéristiques de la passe à poissons à bassins successifs

N° Cloison	Largeur de fente (m)	Coefficient de fente μ	Cote seuil de la fente (m NGF)	Cote radier amont cloison (m NGF)	N°Bassin	Cote radier mi-bassin (m NGF)	Longueur bassin (m)	Largeur bassin (m)
1	0.30	0.7	402.35	402.35				
					1	402.25	3.50	2.50
2	0.30	0.7	402.15	402.15				
					2	402.05	3.50	2.50
3	0.30	0.7	401.95	401.95				
					3	401.85	3.50	2.50
4	0.30	0.7	401.75	401.75				
					4	401.65	3.50	2.50
5	0.30	0.7	401.55	401.55				
					5	401.45	3.50	2.50
6	0.30	0.7	401.35	401.35				
					6	401.25	3.50	2.50
7	0.30	0.7	401.15	401.15				
					7	401.05	3.50	2.50
8	0.30	0.7	400.95	400.95				
					8	400.85	3.50	2.50
9	0.30	0.7	400.75	400.75				
					9	400.65	3.50	2.50
10	0.30	0.7	400.55	400.55				
					10	400.45	3.50	2.50
11	0.30	0.7	400.35	400.35				

Un système pare embâcles devra être aménagé à l'amont de la passe afin de limiter les opérations d'entretien. Il est cependant important de signaler que les passes en génie civil nécessitent une surveillance accrue par rapport à une rampe en enrochements. Les fentes ou échancrures sont en effet sujettes au colmatage, ce qui entrave le fonctionnement hydraulique de ce type d'ouvrages. Un entretien régulier est à prévoir, notamment sur les périodes à fort enjeux pour les espèces cibles.

6.3.2.5. RESULTATS DE FONCTIONNEMENT DE LA PASSE A POISSONS

Le fonctionnement hydraulique de l'ouvrage est issu de simulations effectuées sous le logiciel CASSIOPEE.

Les simulations ont été réalisées sur l'ensemble de la plage de fonctionnement du dispositif, soit du QMNA5 à 3 fois le module. Elles sont basées sur les hypothèses décrites précédemment.

Les résultats obtenus par le calcul sont synthétisés dans les tableaux suivant :

Tabl. 36 - Résultats de fonctionnement - QMNA5

QMNA5 = 1.30 m ³ /s									
N° Bassin	Niveau d'eau (m NGF)	P/V (W/m ³)	Tirant d'eau (m)	Vitesse débitante (m/s)	N° Cloison	Chute (m)	Débit (m ³ /s)	Cote seuil de la fente (m NGF)	Type de jet
Amont	403.35								
					1	0.20	0.416	402.35	SURFACE
1	403.15	103	0.900	0.185					
					2	0.20	0.416	402.15	SURFACE
2	402.95	103	0.901	0.185					
					3	0.20	0.416	401.95	SURFACE
3	402.75	103	0.901	0.185					
					4	0.20	0.416	401.75	SURFACE
4	402.55	103	0.902	0.184					
					5	0.20	0.416	401.55	SURFACE
5	402.35	102	0.902	0.184					
					6	0.20	0.416	401.35	SURFACE
6	401.96	102	0.903	0.184					
					7	0.20	0.416	401.15	SURFACE
7	401.95	102	0.905	0.184					
					8	0.20	0.416	400.95	SURFACE
8	401.76	101	0.907	0.183					
					9	0.20	0.416	400.75	SURFACE
9	401.56	100	0.910	0.183					
					10	0.20	0.416	400.55	SURFACE
10	401.36	99	0.914	0.182					
					11	0.19	0.416	400.35	SURFACE
Aval	401.17								

Tabl. 37 - Résultats de fonctionnement - QMODULE

QMODULE = 13.70 m ³ /s									
N° Bassin	Niveau d'eau (m NGF)	P/V (W/m ³)	Tirant d'eau (m)	Vitesse débitante (m/s)	N° Cloison	Chute (m)	Débit (m ³ /s)	Cote seuil de la fente (m NGF)	Type de jet
Amont	403.59								
					1	0.20	0.509	402.35	SURFACE
1	403.40	97	1.145	0.178					
					2	0.19	0.509	402.15	SURFACE
2	403.20	96	1.151	0.177					
					3	0.19	0.509	401.95	SURFACE
3	403.01	94	1.159	0.176					
					4	0.19	0.509	401.75	SURFACE
4	402.82	92	1.170	0.174					
					5	0.19	0.509	401.55	SURFACE
5	402.63	89	1.184	0.172					
					6	0.18	0.509	401.35	SURFACE
6	402.45	86	1.202	0.170					
					7	0.18	0.509	401.15	SURFACE
7	402.28	82	1.225	0.166					
					8	0.17	0.509	400.95	SURFACE
8	402.10	77	1.254	0.162					
					9	0.16	0.509	400.75	SURFACE
9	401.94	72	1.291	0.158					
					10	0.16	0.509	400.55	SURFACE
10	401.79	66	1.336	0.153					
					11	0.15	0.509	400.35	SURFACE
Aval	401.64								

Tabl. 38 - Résultats de fonctionnement - Q3*MODULE

Q3*MODULE = 41.1 m ³ /s									
N° Bassin	Niveau d'eau (m NGF)	P/V (W/m ³)	Tirant d'eau (m)	Vitesse débitante (m/s)	N° Cloison	Chute (m)	Débit (m ³ /s)	Cote seuil de la fente (m NGF)	Type de jet
Amont	403.89								
					1	0.19	0.620	402.35	SURFACE
1	403.70	89	1.453	0.171					
					2	0.18	0.620	402.15	SURFACE
2	403.52	87	1.469	0.169					
					3	0.18	0.620	401.95	SURFACE
3	403.34	84	1.488	0.167					
					4	0.18	0.620	401.75	SURFACE
4	403.16	80	1.512	0.164					
					5	0.17	0.620	401.55	SURFACE
5	402.99	76	1.542	0.161					
					6	0.17	0.620	401.35	SURFACE
6	402.83	72	1.577	0.157					
					7	0.16	0.620	401.15	SURFACE
7	402.67	67	1.619	0.153					
					8	0.15	0.620	400.95	SURFACE
8	402.52	62	1.669	0.149					
					9	0.14	0.620	400.75	SURFACE
9	402.38	57	1.727	0.144					
					10	0.13	0.620	400.55	SURFACE
10	402.24	51	1.794	0.138					
					11	0.12	0.620	400.35	SURFACE
Aval	402.12								

6.3.3. Principales incidences attendues

6.3.3.1. IMPACT HYDRAULIQUE

La mise en place d'un dispositif de franchissement piscicole n'aura aucune incidence hydraulique notable.

6.3.3.2. IMPACT MORPHO-SEDIMENTAIRE

Ce scénario n'aura aucun effet sur le fonctionnement des morpho-sédimentaire de la rivière.

6.3.3.3. IMPACT SUR LA CONTINUITE ECOLOGIQUE ET HABITATS AQUATIQUES

La passe à poissons permettra le franchissement piscicole pour la majorité des espèces identifiées à la montaison.

Aucun impact sur la restauration des habitats aquatiques, en effet, la zone de retenue du barrage restera inchangée.

6.3.3.4. IMPACT SUR LE PLAN PAYSAGER

Ce scénario n'aura aucun effet sur les enjeux locaux, ni sur le potentiel paysager du site.

6.3.4. Contraintes réglementaires

Ce type d'intervention est normalement soumis à déclaration « Loi sur l'Eau », voire à une demande de modification d'autorisation au titre de l'article R.214-18 du Code de l'Environnement.

6.3.5. Estimation financière

Au vu des aménagements proposés, une première estimation de l'enveloppe financière a pu être établie. Celle-ci est bien évidemment en mesure d'évoluer au stade projet, mais aussi selon les choix du maître d'ouvrage et les décisions du Comité de Pilotage lors de la prochaine réunion de présentation.

A ce jour, le coût de l'aménagement sur l'ouvrage de la Voyèze s'élève environ à 340 000 €HT :

- Frais de chantier et travaux préparatoires : 85 000 €HT ;
- Passe à bassins : 225 000 €HT ;
- Divers et imprévus : 30 000 €HT.

7. BILAN DE L'AMENAGEMENT DE L'OUVRAGE

7.1. LIMITES ET BESOINS D'ETUDES COMPLEMENTAIRES

L'aménagement de l'ouvrage de la Voyèze soulève de nombreuses questions inhérentes à la compatibilité des choix techniques avec les enjeux riverains. Même si l'analyse de ces enjeux a été approfondie, certaines incertitudes persistent quant aux hypothèses techniques prises en compte pour l'élaboration de nos propositions d'aménagement.

7.1.1. Bâti et ouvrage d'art riverain au barrage de la Voyèze

A ce stade et conformément à la logique présentée dans la première partie du document, nous avons recherché les solutions techniques les plus compatibles avec les enjeux riverains. Cependant, certaines incertitudes persistent et ne pourront probablement jamais être levées. Aussi, c'est bien l'ambition du projet et les mesures d'accompagnement qui doivent être adaptées.

Les données géotechniques réalisées n'ont pas permis d'estimer précisément l'impact de l'effacement du déversoir sur le bâti riverain et sur l'ouvrage d'art. Dans ce contexte, les incidences d'un tel aménagement sont considérées comme non négligeables, et potentiellement négatives.

Pour évaluer les incidences en cas d'effacement et d'arasement plus important, les besoins complémentaires sont les suivants :

- Etude géotechnique
 - Au niveau du pont : 4 sondages destructifs d'une quinzaine de mètre ;
 - Au niveau du bâti : 2 sondages destructifs d'une quinzaine de mètre ;
- Etude structure
 - 1 diagnostic préalable dans le cas où le tablier n'était pas en béton précontraint.

7.1.2. Conception de passe à poissons

Dans le cas où ce scénario était retenu, des données complémentaires seront nécessaires afin de valider les hypothèses de dimensionnement hydraulique et structurel :

Valider les variations de niveaux d'eau amont / aval de l'ouvrage : outre le défaut d'entretien, une des premières causes de mauvais fonctionnement d'un dispositif de franchissement piscicole est le mauvais calage amont / aval. Par conséquent, nous recommandons de disposer des niveaux d'eau à 3-4 débits (QMNA5, Module, 2xModule, 3xModule) contrastés en amont et en aval des ouvrages dans la configuration retenue pour l'aménagement ;

- Déterminer la nature et les caractéristiques des matériaux constitutifs du barrage au niveau de l'emplacement de la passe à poissons par la mise en œuvre de 1 à 2 forages de reconnaissance géologique de type destructif ou semi-destructif, mené à 8 m de profondeur avec des essais pressiométriques tous les 1.50 m minimum.

Chaque sondage fera l'objet d'un nivellement par rapport à un repère fixe levé par le géomètre, afin d'indiquer précisément les cotes altimétriques délimitant chaque couche de matériaux. Les relevés topographiques déjà réalisés pourront être fournis avant la réalisation des sondages.

Restauration de la continuité écologique sur le secteur aval du Dessoubre au droit des seuils de « Fleurey », « Neuf Gouffre » et la « Voyèze »

Diagnostic – Avant-Projet et propositions – Ouvrage de la Voyèze

7.2. COMPARAISON MULTI-CRITERE DES SOLUTIONS ALTERNATIVES

Scénario d'aménagement	Critères de comparaison					
	Incidences Ecologiques (Ecologie, qualité physique,...)		Incidences socio-économiques		Coût € HT	Subvention (en %)
Dérasement de l'ouvrage de la Voyèze avec rampe de fond	++	<u>Avantages :</u> Rétablissement de la continuité piscicole du Dessoubre Restauration des habitats aquatiques sur plus de 600 m <u>Inconvénients :</u> Accompagnement des habitats rivulaire face à la baisse généralisée des eaux	+/-	<u>Avantages :</u> Valorisation paysagère de la rivière sur environ 600 ml en amont du barrage Amélioration de la pratique de la pêche sur 600 m <u>Inconvénients :</u> Perte du Droit d'eau du barrage de la Voyèze Modifications profondes des perceptions de la rivière au niveau du pont Effets réels sur le bâti et le pont non pleinement maîtrisés	570 000 €	Dépendra du porteur de projet A valider avec l'Agence de l'Eau
Arasement du barrage de la Voyèze et aménagement d'un dispositif de franchissement	+/-	<u>Avantages :</u> Rétablissement de la continuité piscicole du Dessoubre Restauration des habitats aquatiques sur environ 150 ml en amont du barrage de la Voyèze <u>Inconvénients :</u> Faible impact sur les habitats rivulaire	+/-	<u>Avantages :</u> Valorisation paysagère de la rivière sur environ 150 ml en amont du barrage Pas d'effet sur les fondations du pont <u>Inconvénients :</u> Ampleur de l'opération importante Perte du Droit d'eau du barrage de la Voyèze Nécessité d'un entretien régulier du dispositif de franchissement piscicole Modifications profondes des perceptions de la rivière au niveau du pont Effets réels sur le bâti non pleinement maîtrisés	590 000 €	Dépendra du porteur de projet A valider avec l'Agence de l'Eau
Equipement par un dispositif de franchissement piscicole	+/-	<u>Avantages :</u> Rétablissement de la continuité piscicole du Dessoubre <u>Inconvénients :</u> Pas de gain sur la qualité physique de la rivière ni sur les processus morphologiques	++	<u>Avantages :</u> Conservation du droit d'eau de l'ouvrage Peu d'impacts sur les aspects paysagers et les enjeux bâtis riverains Pas d'impact sur la passe à poissons de la Vaulusotte	340 000 €	Dépendra du porteur de projet A valider avec l'Agence de l'Eau

Fig. 69. Comparaison multicritère des solutions alternatives

Restauration de la continuité écologique sur le secteur aval du Dessoubre au droit des seuils de « Fleurey », « Neuf Gouffre » et la « Voyèze »

Diagnostic – Avant-Projet et propositions – Ouvrage de la Voyèze

7.3. RECOMMANDATIONS ARTELIA

A la lecture du document, la dimension globale de l'opération permet d'envisager des gains écologiques importants à l'échelle de l'ouvrage de la Voyèze mais aussi dans la continuité des travaux des seuils de Fleurey et de Neuf-Gouffre.

Le cœur de l'opération repose sur le choix d'aménagement de l'ouvrage hydraulique, qui demeure complexe eu égard aux diverses composantes qu'il impacte (ouvrage d'art, bâti) et aux sensibilités auxquelles il se confronte (perte de droit d'eau, changement paysager notable).

La suite de la mission doit se faire de façon collégiale et dans l'intérêt général et doit répondre aux attentes de la rivière pour améliorer la qualité du Dessoubre. Le diagnostic a mis en évidence que le Dessoubre souffre de plusieurs altérations hydromorphologiques : incision provoquée lors des grands travaux hydrauliques, déconnexion de la ripisylve avec la ligne d'eau, peu d'habitats en berges

Au regard des scénarios proposés, le niveau d'ambition suggérée serait le dérasement de l'ouvrage en mettant en œuvre les besoins complémentaires (géotechnique / structure) ou l'arasement de l'ouvrage.

Annexe 2

Diagnostic pont et seuil de la Voyèze, Rapport d'étude
géotechnique G5, 10/09/2020, Hydrogéotechnique

HYDROGEOTECHNIQUE

Spécialistes en études de sol,
chaussée et environnement.



SYNDICAT MIXTE DU DESSOUBRE



Diagnostic pont et seuil de la Voyèze

VAUCLUSOTTE (25)

Rapport d'étude géotechnique G5

DOSSIER N°	INDICE	DATE	RÉDACTEUR	CONTRÔLEUR	OBSERVATIONS
C.20.20090	1	13/08/2020	Laurent COLIN	-	-
	2	10/09/20			

TABLE DES MATIÈRES

1. INTRODUCTION	3
2. PROGRAMME SPÉCIFIQUE D'INVESTIGATIONS MIS EN ŒUVRE.....	5
3. DIAGNOSTIC PONT DE LA VOYÈZE	6
4. DIAGNOSTIC DU SEUIL	8
5. FONDATIONS DU BÂTIMENT EN RIVE GAUCHE	9
ANNEXES	12
ANNEXE 1	13
ANNEXE 2	14

1. INTRODUCTION

À la demande du **SYNDICAT MIXTE DU DESSOUBRE**, la Direction Régionale Franche-Comté du Bureau d'Études Géotechniques **HYDROGÉOTECHNIQUE EST** a été chargée d'une campagne de reconnaissances géotechniques et d'une mission de diagnostic G5 sur le **pont et le seuil de la Voyèze à VAUCLUSOTTE**.

Cette étude s'inscrit dans le cadre de la norme 94.500 des missions type d'ingénierie géotechnique de l'AFNOR-USG (Novembre 2013), qui suivent les étapes d'élaboration et de réalisation de tout projet, à savoir :

- ÉTAPE 1 : étude géotechnique préalable (G1)
 - ES : Phase étude de site,
 - PGC : Phase principe généraux de construction,
- ÉTAPE 2 : étude géotechnique de conception (G2)
 - AVP : Phase avant-projet,
 - PRO : Phase projet,
 - DCE / ACT
- ÉTAPE 3 : études géotechniques de réalisation
 - Étude et suivi géotechnique d'exécution (G3)
 - Phase étude,
 - Phase suivie.
 - Supervision géotechnique d'exécution (G4)
 - Phase étude,
 - Phase suivie.
- Étude d'éléments spécifiques géotechniques
 - Diagnostic géotechnique (G5).

L'étude géotechnique conduite sur le terrain et le présent rapport correspondent à la réalisation d'une **mission G5** de l'Union Syndicale Géotechnique. Vous trouverez en annexes la classification, le contenu et le schéma d'enchaînement de ces missions.

Ce rapport a été rédigé par **Laurent COLIN**, Directeur d'agence et Ingénieur géologue-géotechnicien, DESS de Géologie Appliquée.

Les objectifs exclusifs de cette étude sont :

- Vérifier la nature et la qualité des maçonneries,
- Vérifier la nature des matériaux d'assise des fondations sur 1 m d'épaisseur environ,
- Définir la nature et la profondeur d'assise des fondations du bâtiment et les matériaux d'assise.

Notre mission de type **G5** s'arrête à la remise de ce rapport.

2. PROGRAMME SPÉCIFIQUE D'INVESTIGATIONS MIS EN ŒUVRE

Au droit des 2 piles du pont :

- 2 sondages carottés Ø 89 mm, notés SC1 et SC2, avec prélèvements d'échantillons en caisses.

Au droit du seuil :

- 1 sondage carotté Ø 102 mm, noté SC seuil, avec prélèvements d'échantillons en caisses.

Contre le bâtiment en rive gauche :

- 2 sondages de reconnaissances à la pelle hydraulique, notés RF1 et RF2.

Le nivellement de tous les sondages dans le système NGF en prenant comme repère le repère ING 69 situé sur l'ouvrage franchissant le Dessoubre et dont la cote est 407.286 m NGF. Les cotes des têtes des sondages sont précisées dans le tableau ci-après.

Sondages	SC1	SC2	SC seuil	RF1	RF2
Cote NGF (m)	405.55	405.49	403.28	405.00	404.87

Les carottages ont été rebouchés au béton.

3. DIAGNOSTIC PONT DE LA VOYÈZE

Les sondages SC1 et SC2 ont été implantés sur le rebord des piles de l'ouvrage, respectivement sur les piles côté rive gauche et côté rive droite.



Implantation SC1 et SC2



Implantation des sondages sur les piles

SC1 a mis en évidence une maçonnerie en pierres et blocs calcaires micritiques gris-beige, sans béton mais avec de rares traces de mortier.

SC2 a relevé une alternance de pierres de taille calcaires et de béton entre 0 et 0.7 m puis entre 3.1 et 3.6 m. Entre 0.7 et 3.1 m de profondeur, on observe un béton armé avec un granulat calcaire 0/20 mm et des fers $\varnothing$ 10 mm.

La maçonnerie des 2 culées repose sur les alluvions du Dessoubre constituées d'un mélange de graviers et galets calcaires à matrice sableuse. Les alluvions renferment aussi des blocs calcaires erratiques, visibles dans le fond du lit.

La cote NGF de l'assise des fondations est précisée ci-après.

Sondages	SC1	SC2
Cote NGF assise fondation (m)	402.05	401.89

4. DIAGNOSTIC DU SEUIL

Le carottage implanté sur le seuil a mis en évidence la maçonnerie sur 1.3 m d'épaisseur, constituée par des alternances de pierres et blocs calcaires et de béton 0/20 mm.

Elle repose à la cote 401.98 m NGF sur les alluvions du Dessoubre, constituées par des graviers, galets et blocs calcaires à matrice sableuse beige.

Les alluvions renferment aussi des blocs calcaires erratiques, visibles dans le fond du Dessoubre.

5. FONDATIONS DU BÂTIMENT EN RIVE GAUCHE

Les sondages à la pelle hydraulique RF1 et RF2 ont été implantés contre le bâtiment situé sur la rive gauche du Dessoubre, conformément au plan ci-après.



Implantation RF1 et RF2

Ces 2 sondages montrent une semelle en gros béton, avec un léger débord de quelques centimètres par rapport aux façades et ancrées dans les alluvions argilo-sableuses brunes à graviers et petits galets calcaires.

L'assise des fondations a été reconnue aux cotes et profondeurs suivantes :

	RF1	RF2
Prof assise (m) / terrain	1.3	1.1 m
Cote assise (m) NGF	403.50	403.77



Fouille RF1



Fouille RF2

En RF1, on observe une fissure importante à 1.3 m de profondeur au contact béton coffré / gros béton et qui semble se prolonger sous le mur.

Notre mission se termine à la remise du présent rapport qui constitue un ensemble indissociable.

Nous restons à la disposition de tous les intervenants pour tous renseignements complémentaires.

Dressé par l'Ingénieur soussigné

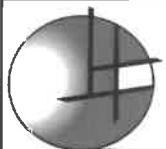
M. COLIN Laurent

A handwritten signature in black ink, consisting of a large, stylized 'C' followed by a horizontal line extending to the right.

ANNEXES

ANNEXE 1

PROCÈS-VERBAUX DES SONDAGES ET REPORTAGES PHOTOGRAPHIQUES ASSOCIÉS



HYDRO-GEOTECHNIQUE

LABORATOIRES REGIONAUX DE RECONNAISSANCE ET D'INGENIERIE
DE L'EAU, DES SOLS, DES FONDATIONS ET DE L'ENVIRONNEMENT

Document Qualité N° 09.40.08

SONDAGE CAROTTE

Client SYNDICAT MIXTE DESSOUBRE
Chantier Pont sur la Voyère - VAUCLUSOTTE
Dossier C20.20090
Date 23 juin 2020

Sondage SC1 Pile rive gauche

Z 405,55 m NGF

Profondeur	Lithologie	Outil	Tubage	Eau	RQD	Pourcentage de récupération	Observations
2,00	Blocs calcaires micritiques gris-beige	Carottier rotatif 89 mm		Forage à l'eau	60 %	100 %	
					63 %		
3,50	Blocs calcaires micritiques gris-beige avec rares traces de mortier 402,05 m NGF				66 %	80 %	
	Galets et graviers calcaires beiges à matrice sableuse					60 %	
5,80							

SC1

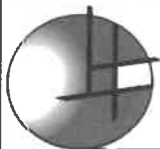


0 à 2 m



2 à 4 m





SONDAGE CAROTTE

Client SYNDICAT MIXTE DESSOUBRE
Chantier Pont sur la Voyèze - VAUCLUSOTTE
Dossier C20.20090
Date 24 juin 2020

Sondage SC2 Pile rive droite

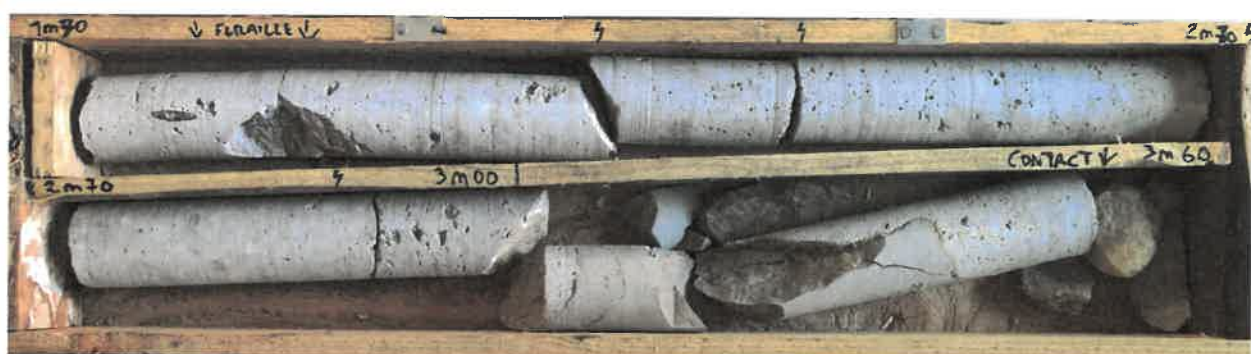
Z 405,49 m NGF

Profondeur	Lithologie	Outil	Tubage	Eau	RQD	Pourcentage de récupération	Observations
0,70	Alternances pierres de taille calcaires et béton	Carottier rotatif 89 mm		Forage à l'eau	87 %	100 %	
	Béton armé avec granulats calcaires 0/20 mm et fer 10 mm				100 %		
3,10					100 %		
3,60	Alternances pierres de taille calcaires et béton						
	Galets et graviers calcaires belges à matrice sableuse					25 %	
5,00							

SC2



0 à 1,7 m



1,7 à 3,6 m



3,6 à 4,85 m



Sondage **SC seuil**

Z 40328 m NGF

HYDRO-GEOTECHNIQUE - Direction régionale Franche-Comté - ZI de la Charmotte - 90170 Anjoutey - tel 03 84 54 68 24 - fax 03 84 54 64 02

SC seuil



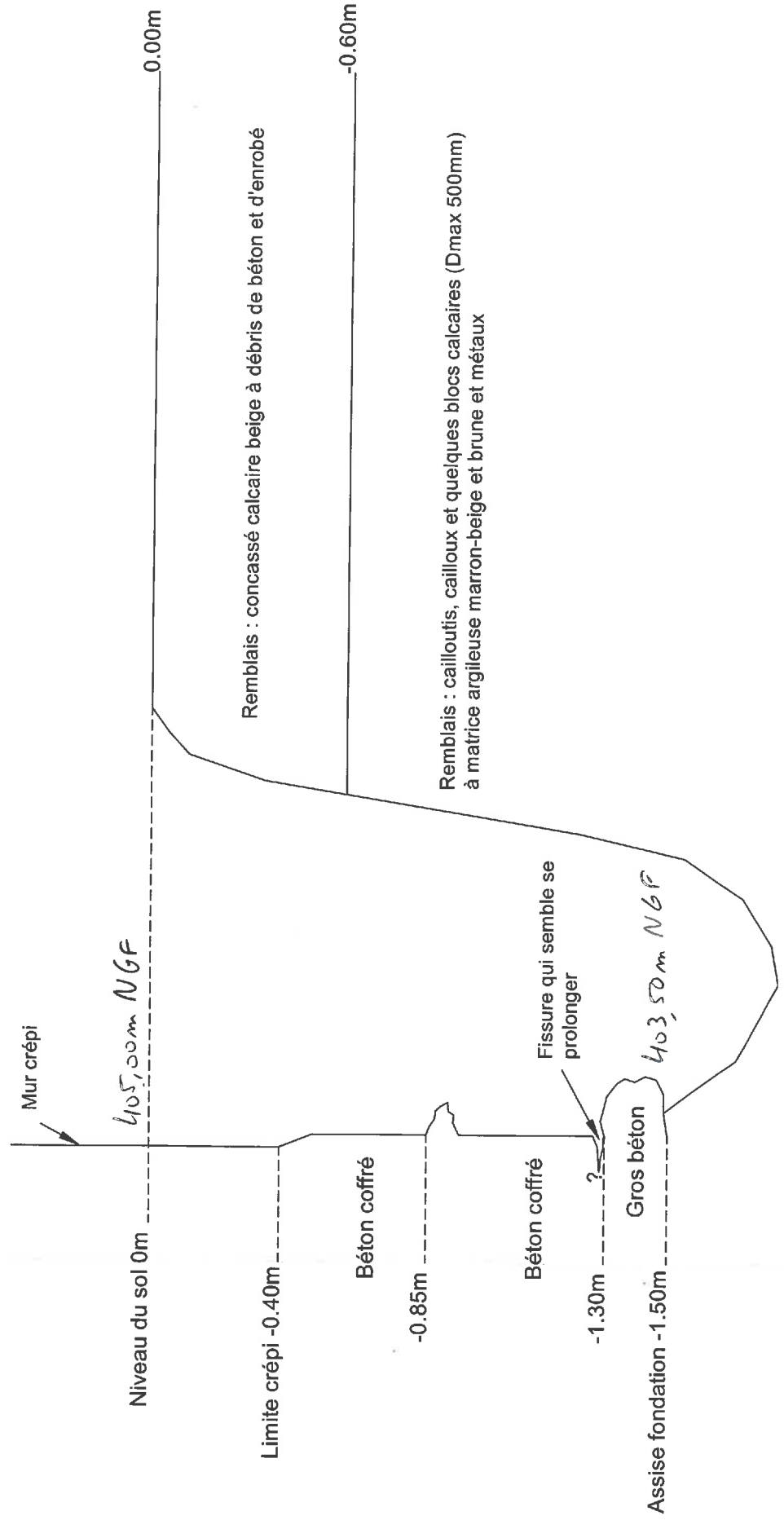
0 à 2,3 m



2,3 à 3,5 m

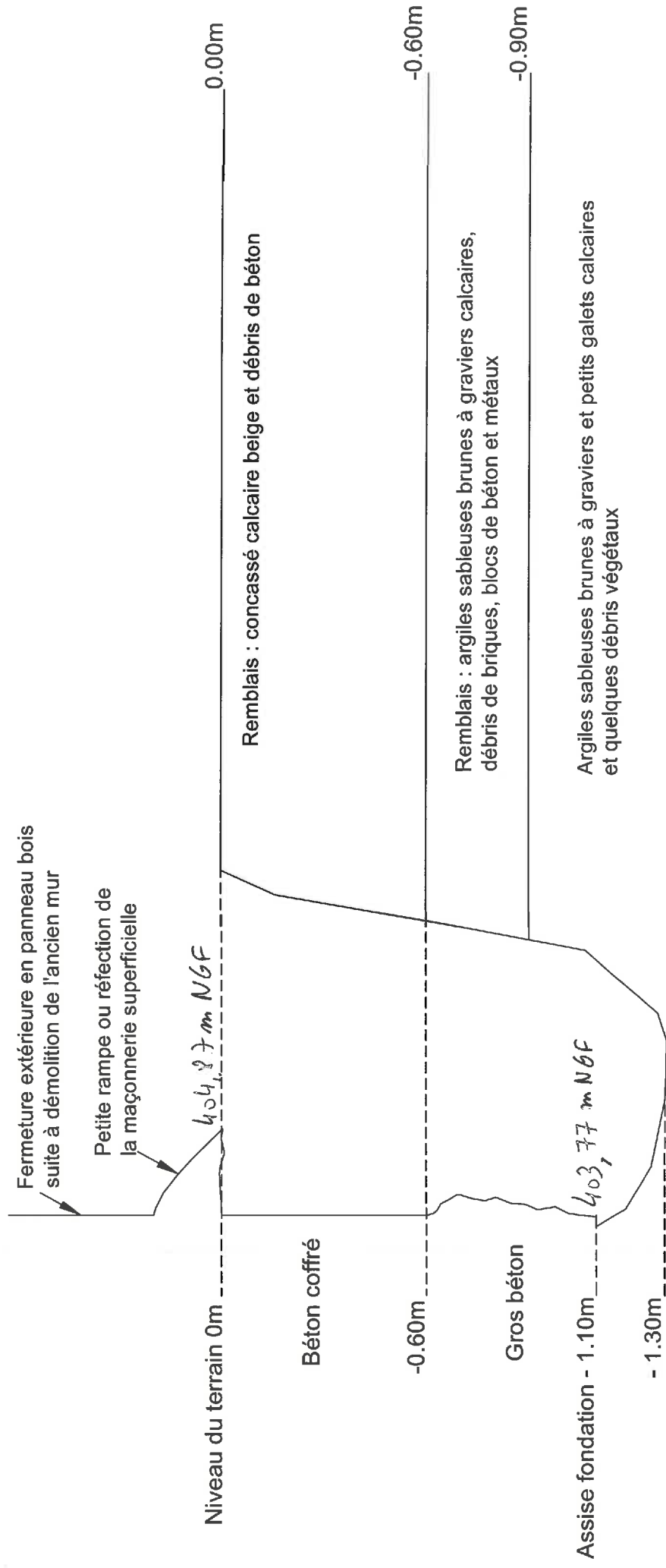
16/07/20

Vue en coupe



16/07/20

Vue en coupe



ANNEXE 2

MISSIONS GÉOTECHNIQUES

CLASSIFICATION DES MISSIONS TYPE D'INGÉNIERIE GÉOTECHNIQUE

(extraite de la norme NF P 94-500 - novembre 2013)

L'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique (étapes 1 à 3) doit suivre les étapes de conception et de réalisation de tout projet pour contribuer à la maîtrise des risques géotechniques. Le maître d'ouvrage ou son mandataire doit faire réaliser successivement chacune de ces missions par une ingénierie géotechnique. Chaque mission s'appuie sur des données géotechniques adaptées issues d'investigations géotechniques appropriées.

ÉTAPE 1 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE PRÉALABLE (G1)

Cette mission exclut toute approche des quantités, délais et coûts d'exécution des ouvrages géotechniques qui entre dans le cadre de la mission d'étude géotechnique de conception (étape 2). Elle est à la charge du maître d'ouvrage ou son mandataire. Elle comprend deux phases :

Phase Étude de site (ES)

Elle est réalisée en amont d'une étude préliminaire d'esquisse ou d'APS pour une première identification des risques géotechniques d'un site.

- Faire une enquête documentaire sur le cadre géotechnique du site et l'existence d'avoisinants avec visite du site et des alentours.
- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Fournir un rapport donnant pour le site étudié un modèle géologique préliminaire, les principales caractéristiques géotechniques et une première identification des risques géotechniques majeurs.

Phase Principes Généraux de Construction (PGC)

Elle est réalisée au stade d'une étude préliminaire, d'esquisse ou d'APS pour réduire les conséquences des risques géotechniques majeurs identifiés. Elle s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées.

- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats,
- Fournir un rapport de synthèse des données géotechniques à ce stade d'étude (première approche de la ZIG, horizons porteurs potentiels, ainsi que certains principes généraux de construction envisageables (notamment fondations, terrassements, ouvrages enterrés, améliorations de sols).

ÉTAPE 2 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE DE CONCEPTION (G2)

Cette mission permet l'élaboration du projet des ouvrages géotechniques et réduit les conséquences des risques géotechniques importants identifiés. Elle est à la charge du maître d'ouvrage ou son mandataire et est réalisée en collaboration avec la maîtrise d'œuvre ou intégrée à cette dernière. Elle comprend trois phases :

Phase Avant-Projet (AVP)

Elle est réalisée au stade de l'avant-projet de la maîtrise d'œuvre et s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées.

- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats,
- Fournir un rapport donnant les hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade de l'avant-projet, les principes de construction envisageables (terrassements, soutènements, pentes et talus, fondations, assises des dallages et voiries, améliorations de sols, dispositions générales vis-à-vis des nappes et des avoisinants), une ébauche dimensionnelle par type d'ouvrage géotechnique et la pertinence d'application de la méthode observationnelle pour une meilleure maîtrise des risques géotechniques.

Phase Projet (PRO)

Elle est réalisée au stade du projet de la maîtrise d'œuvre et s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées suffisamment représentatives pour le site.

- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats,
- Fournir un dossier de synthèse des hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade du projet (valeurs caractéristiques des paramètres géotechniques en particulier), des notes techniques donnant les choix constructifs des ouvrages géotechniques (terrassements, soutènements, pentes et talus, fondations, assises des dallages et voiries, améliorations de sols, dispositions vis-à-vis des nappes et des avoisinants), des notes de calcul de dimensionnement, un avis sur les valeurs seuils et une approche des quantités.

Phase DCE / ACT

Elle est réalisée pour finaliser le Dossier de Consultation des Entreprises et assister le maître d'ouvrage pour l'établissement des Contrats de Travaux avec le ou les entrepreneurs retenus pour les ouvrages géotechniques.

- Établir ou participer à la rédaction des documents techniques nécessaires et suffisants à la consultation des entreprises pour leurs études de réalisation des ouvrages géotechniques (dossier de la phase Projet avec plans, notices techniques, cahier des charges particulières, cadre de bordereau des prix et estimatif, planning prévisionnel).
- Assister éventuellement le maître d'ouvrage pour la sélection des entreprises, analyser les offres techniques, participer à la finalisation des pièces techniques des contrats de travaux.

ÉTAPE 3 : ÉTUDES GÉOTECHNIQUES DE RÉALISATION (G3 et G4, distinctes et simultanées)**→ ÉTUDE ET SUIVI GÉOTECHNIQUES D'EXÉCUTION (G3)**

Cette mission permet de réduire les risques géotechniques résiduels par la mise en œuvre à temps de mesures correctives d'adaptation ou d'optimisation. Elle est confiée à l'entrepreneur sauf disposition contractuelle contraire, sur la base de la phase G2 DCE/ACT.

Elle comprend deux phases interactives :

Phase Étude

- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Étudier dans le détail les ouvrages géotechniques : notamment établissement d'une note d'hypothèses géotechniques sur la base des données fournies par le contrat de travaux ainsi que des résultats des éventuelles investigations complémentaires, définition et dimensionnement (calculs justificatifs) des ouvrages géotechniques, méthodes et conditions d'exécution (phasages généraux, suivis, auscultations et contrôles à prévoir, valeurs seuils, dispositions constructives complémentaires éventuelles).
- Elaborer le dossier géotechnique d'exécution des ouvrages géotechniques provisoires et définitifs : plans d'exécution, de phasage et de suivi.

Phase Suivi

- Suivre en continu les auscultations et l'exécution des ouvrages géotechniques, appliquer si nécessaire des dispositions constructives prédéfinies en phase étude.
- Vérifier les données géotechniques par relevés lors des travaux et par un programme d'investigations géotechniques complémentaire si nécessaire (le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats).
- Etablir la prestation géotechnique du dossier des ouvrages exécutés (DOE) et fournir les documents nécessaires à l'établissement du dossier d'interventions ultérieures sur l'ouvrage (DIUO).

→ SUPERVISION GÉOTECHNIQUE D'EXÉCUTION (G4)

Cette mission permet de vérifier la conformité des hypothèses géotechniques prises en compte dans la mission d'étude et suivi géotechniques d'exécution. Elle est à la charge du maître d'ouvrage ou son mandataire et est réalisée en collaboration avec la maîtrise d'œuvre ou intégrée à cette dernière. Elle comprend deux phases interactives :

Phase Supervision de l'étude d'exécution :

- Donner un avis sur la pertinence des hypothèses géotechniques de l'étude géotechnique d'exécution, des dimensionnements et méthodes d'exécution, des adaptations ou optimisations des ouvrages géotechniques proposées par l'entrepreneur, du plan de contrôle, du programme d'auscultation et des valeurs seuils.

Phase Supervision du suivi d'exécution :

- Par interventions ponctuelles sur le chantier, donner un avis sur la pertinence du contexte géotechnique tel qu'observé par l'entrepreneur (G3), du comportement tel qu'observé par l'entrepreneur de l'ouvrage et des avoisinants concernés (G3), de l'adaptation ou de l'optimisation de l'ouvrage géotechnique proposée par l'entrepreneur (G3).
- Donner un avis sur la prestation géotechnique du DOE et sur les documents fournis par le DIUO.

DIAGNOSTIC GÉOTECHNIQUE (G5)

Pendant le déroulement d'un projet ou au cours de la vie d'un ouvrage, il peut être nécessaire de procéder, de façon strictement limitative, à l'étude d'un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques, dans le cadre d'une mission ponctuelle. Ce diagnostic géotechnique précise l'influence de cet ou ces éléments géotechniques sur les risques géotechniques identifiés ainsi que leurs conséquences possibles pour le projet ou l'ouvrage existant.

- Définir, après enquête documentaire, un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Étudier un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques (par exemple soutènement, causes géotechniques d'un désordre) dans le cadre de ce diagnostic, mais sans aucune implication dans la globalité du projet ou dans l'étude de l'état général de l'ouvrage existant.
- Si ce diagnostic conduit à modifier une partie du projet ou à réaliser des travaux sur l'ouvrage existant, des études géotechniques de conception et/ou d'exécution ainsi qu'un suivi et une supervision géotechniques seront réalisés ultérieurement, conformément à l'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique (étape 2 et/ou 3).

SCHÉMA D'ENCHAÎNEMENT DES MISSIONS GÉOTECHNIQUES

(extrait de la norme NFP 94-500 - Novembre 2013)

Enchaînement des missions G1 à G4	Phases de la maîtrise d'œuvre	Mission d'ingénierie géotechnique (GN) et Phase de la mission		Objectifs à atteindre pour les ouvrages géotechniques	Niveau de management des risques géotechniques attendu	Prestations d'investigations géotechniques à réaliser
Étape 1 : Étude géotechnique préalable (G1)		Étude géotechnique préalable (G1) Phase Etude de Site (ES)		Spécificités géotechniques du site	Première identification des risques présentés par le site	Fonction des données existantes et de la complexité géotechnique
	Étude préliminaire, esquisses, APS	Étude géotechnique préalable (G1) Phase Principes Généraux de Construction (PGC)		Première adaptation des futurs ouvrages aux spécificités du site	Première identification des risques pour les futurs ouvrages	Fonction des données existantes et de la complexité géotechnique
Étape 2 : Étude géotechnique de conception (G2)	APD/AVP	Étude géotechnique de conception (G2) Phase Avant-Projet (AVP)		Définition et comparaison des solutions envisageables pour le projet	Mesures préventives pour la réduction des risques identifiés, mesures correctives pour les risques résiduels avec détection au plus tôt de leur survenance	Fonction du site et de la complexité du projet (choix constructifs)
	PRO	Étude géotechnique de conception (G2) Phase Projet (PRO)		Conception et justifications du projet		Fonction du site et de la complexité du projet (choix constructifs)
	DCE/ACT	Étude géotechnique de conception (G2) Phase DCE / ACT		Consultation sur le projet de base / Choix de l'entreprise et mise au point du contrat de travaux		
Étape 3 : Études géotechniques de réalisation (G3/G4)		À la charge de l'entreprise	À la charge du maître d'ouvrage			
	EXE/VISA	Étude et suivi géotechniques d'exécution (G3) Phase Etude (en interaction avec la phase Suivi)	Supervision géotechnique d'exécution (G4) Phase Supervision de l'étude géotechnique d'exécution (en interaction avec la phase Supervision du suivi)	Étude d'exécution conforme aux exigences du projet, avec maîtrise de la qualité, du délai et du coût	Identification des risques résiduels, mesures correctives, contrôle du management des risques résiduels (réalité des actions, vigilance, mémorisation, capitalisation des retours d'expérience)	Fonction des méthodes de construction et des adaptations proposées si des risques identifiés surviennent
	DET/AOR	Étude et suivi géotechniques d'exécution (G3) Phase Suivi (en interaction avec la phase Etude)	Supervision géotechnique d'exécution (G4) Phase Supervision de l'étude géotechnique d'exécution (en interaction avec la phase Supervision de l'étude)	Exécution des travaux en toute sécurité et en conformité avec les attentes du maître d'ouvrage		Fonction du contexte géotechnique observé et du comportement de l'ouvrage et des avoisinants en cours de travaux
À toute étape d'un projet ou sur un ouvrage existant	Diagnostic	Diagnostic géotechnique (G5)		Influence d'un élément géotechnique spécifique sur le projet ou sur l'ouvrage existant	Influence de cet élément géotechnique sur les risques géotechniques identifiés	Fonction de l'élément géotechnique étudié

HYDROGÉOTECHNIQUE

Annexe 3

Etude géotechnique – Pont de la Vaclusotte, 24/06/2019, Icseo



AGENCE CENTRE-EST

27, rue de l'œuvre
21 140 SEMUR-EN-AUXOIS
Tél. 03 80 97 48 80
agence.centre.est@icseo.com

VAUCLUSOTTE (25)

ARTELIA

Pont de la Vauclusotte

ETUDE GEOTECHNIQUE

N° Affaire		DEPT	ANNEE	N°ORDRE	Obs : étude précédente de reconnaissance visuelle référéncée 25.182824 St HYPPOLYTE		
		25	19	1187			
Version	Date	Nb pages		Révisions		Rédact.	Contrôle
		Texte	Annexes				
1	24/06/2019	14	5	rapport complet – mission G2 AVP		PCE	BCO RRA

SOMMAIRE

1. PRESENTATION DE L'ETUDE	3
1.1. GENERALITES	3
1.2. LE PROJET	3
1.3. DESCRIPTION DE L'EXISTANT	3
1.4. TOPOGRAPHIE	4
2. MISSION	5
3. RECONNAISSANCE	5
3.1. RECONNAISSANCE IN SITU	5
3.2. RESULTATS DES SONDAGES ET ESSAIS	5
3.3. HYDROGEOLOGIE	6
3.4. RISQUE SISMIQUE	7
4. AVIS SUR LA STABILITÉ DES FONDATIONS DU PONT DE LA VAUCLUSOTTE	8
4.1. EN RIVE GAUCHE : SONDAGE SD1	8
4.2. EN RIVE DROITE : SONDAGE SP1	8
4.3. CONCLUSION	9

CONDITIONS GENERALES DES MISSIONS GEOTECHNIQUES

CLASSIFICATION DES MISSIONS GEOTECHNIQUES TYPES (extrait de la norme NF P 94-500)

ANNEXES

Le présent rapport comprend 14 pages et 5 pages d'annexe.



1. PRESENTATION DE L'ETUDE

1.1. Généralités

Lieu : VAUCLUSOTTE (25 380)
Adresse : lieu-dit « La Voyèze »

Désignation : Pont de la Vaclusotte

Donneur d'ordre : ARTELIA
Ville et transport
21 avenue Albert Camus
21 000 DIJON
en la personne de Mme Alice PLAULT
commande du 24/04/2019

Intervention in situ : le 19 mai 2019

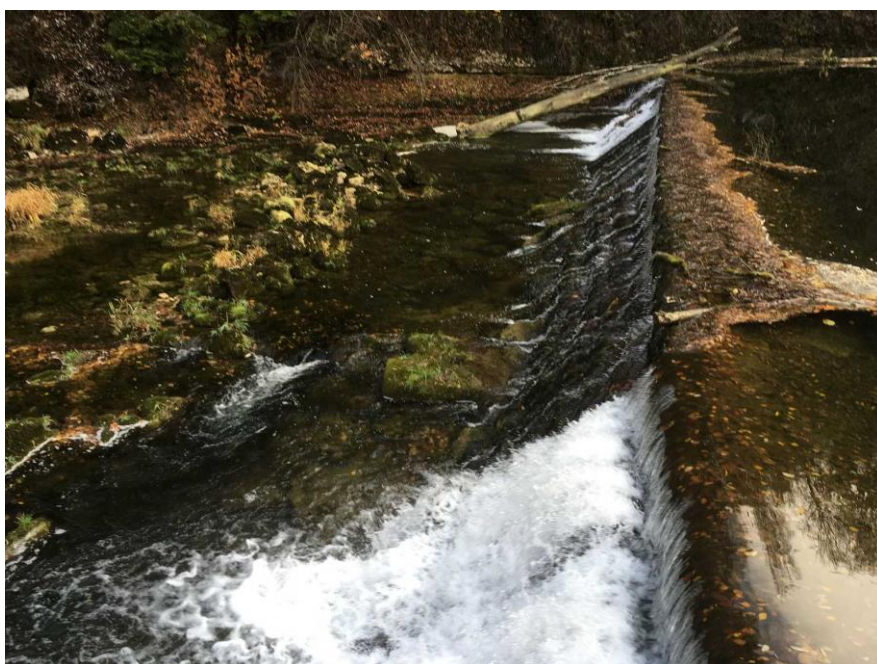
1.2. Le Projet

D'après les renseignements qui nous ont été fournis, le Projet consiste en l'étude de faisabilité de l'effacement d'un ouvrage hydraulique du Dessoubre. Ce qui aurait pour conséquence l'abaissement de la ligne d'eau.

L'objectif de l'étude, qui doit compléter la reconnaissance visuelle réalisée en 2018 (étude 25.182824 St HIPPOLYTE), est de connaître la profondeur du calcaire à proximité du pont de la Vaclusotte afin de caractériser l'impact de la suppression de l'ouvrage hydraulique sur le pont.

1.3. Description de l'existant

L'ouvrage hydraulique du Dessoubre (voir photographie ci-dessous), situé à l'aval du pont de la Vaclusotte, serait supprimé afin de restaurer la continuité écologique du Dessoubre.



photographie de l'ouvrage hydraulique du Dessoubre, le 14 novembre 2018



Le pont de la Vaclusotte, objet de cette étude, se situe sur la D273, à la Voyèze commune de VAUCLUSOTTE (25).



photographie du Pont de la Vaclusotte, le 14 novembre 2018

Compte-tenu du contexte, il n'a pas été possible de procéder à la reconnaissance des fondations des piles du pont. Cependant, d'après la reconnaissance visuelle réalisée en 2018, les fondations du pont présentent un débord en béton d'environ 1,00 à 1,50 m.

De plus, il a été observé un affouillement sous le béton coulé sur le fond de la rivière, au niveau de la pile centrale.

L'accessibilité du site a permis d'implanter les nouvelles reconnaissances de part et d'autre du pont de la Vaclusotte, sur le haut des berges.

L'implantation des sondages et essais réalisés figure en annexe.

1.4. Topographie

D'après les plans topographiques qui nous ont été transmis, l'altitude du site est d'environ :

- 408,65 NGF sur le pont ;
- 406,75 NGF au droit de SD1 ;
- 408,65 NGF au droit de SP1 ;
- 402,65 NGF à la surface de l'eau ;
- 401,95 NGF le lit de la rivière, depuis le Nord du pont.

Nous rappelons que les altitudes données sur nos sondages le sont à titre indicatif. Seul un relevé de la position et de l'altitude des sondages par un géomètre expert pourrait faire foi.



2. MISSION

Conformément à notre devis référencé 25.191187 du 23/04/2019 qui a reçu l'approbation de notre client, notre mission doit permettre de définir :

Prestation d'investigations géotechniques

- la nature des différents terrains rencontrés ;
- leurs caractéristiques mécaniques et géométriques ;
- le niveau d'eau relevé dans les sondages.

Etude géotechnique de conception G2

- **Phase Avant-Projet (AVP)**
 - avis sur la stabilisation des fondations du Pont de la Vauclusotte.

La classification des missions géotechniques types (extrait de la norme NF P 94-500-nov. 2013) figure en fin de ce rapport.

3. RECONNAISSANCE

3.1. Reconnaissance in situ

Compte tenu du contexte géologique local et de la nature du Projet qui nous a été décrit, le programme de reconnaissance a consisté en l'exécution de :

- **2 sondages géologiques profonds** notés SP1 et SD1 de 10,00 à 10,50 m de profondeur. Ils ont été réalisés en diamètre 63 mm. Ils ont permis :
 - de reconnaître la nature et l'épaisseur des différentes couches ;
 - de prélever des échantillons remaniés pour d'éventuelles analyses en laboratoire ;
 - d'effectuer les mesures en forage suivantes :
- **des essais pressiométriques** répartis dans le forage SP1 de façon à définir les caractéristiques mécaniques des différentes couches de sol. Ils ont permis la mesure des paramètres suivants :
 - pression limite (Pl) ;
 - pression de fluage (Pf) ;
 - module pressiométrique (E).

3.2. Résultats des sondages et essais

Remarque préliminaire : les profondeurs des différentes couches sont celles mesurées au droit de nos reconnaissances à partir du terrain naturel (TN) le jour de notre intervention. Des fluctuations parfois importantes et/ou localisées d'origine anthropique ou liées à la nature des dépôts, peuvent apparaître entre ces points.

- 1. Terre végétale

L'épaisseur de cet horizon est d'environ 15 cm.

- 2. Remblais

Cet horizon constitué de blocs et cailloutis à matrice limono-argileuse au droit de SD1 et de limon argileux à cailloutis au droit de SP1 a été rencontré jusqu'à 3,60 à 3,90 m de profondeur.



Les caractéristiques mécaniques mesurées sont résumées ci-après :

		<i>minimum</i>	<i>maximum</i>
<i>Module pressiométrique E</i>	(MPa)	6,6	10,8
<i>Pression de Fluage Pf</i>	(MPa)	0,40	0,50
<i>Pression Limite Pl</i>	(MPa)	0,70	0,84

- 3. Limon argileux

Cet horizon constitué de limon argileux vasard gris brun vert a été rencontré jusqu'à 7,90 m de profondeur au droit de SP1. D'après la carte géologique au 1/50 000 de MAICHE, il s'agit de l'horizon limoneux des alluvions récentes du Dessoubre.

Les caractéristiques mécaniques mesurées sont résumées ci-après :

		<i>minimum</i>	<i>maximum</i>
<i>Module pressiométrique E</i>	(MPa)	1,0	7,6
<i>Pression de Fluage Pf</i>	(MPa)	0,10	0,40
<i>Pression Limite Pl</i>	(MPa)	0,24	0,80

Les alluvions, de par leur mode de dépôt peuvent toujours contenir des lentilles limoneuses ou vasardes, témoins du comblement d'anciens bras morts.

- 4. Argile à cailloutis et blocs

Cet horizon constitué d'argile grossièrement sableuse brun clair orangé à passées gris vert à cailloutis et blocs a été rencontré jusqu'à 9,80 m de profondeur au droit de SP1. D'après la carte géologique au 1/50 000 de MAICHE, il s'agit de l'horizon argileux des alluvions récentes du Dessoubre.

Les caractéristiques mécaniques mesurées sont résumées ci-après :

		<i>minimum</i>	<i>maximum</i>
<i>Module pressiométrique E</i>	(MPa)	11,3	16,2
<i>Pression de Fluage Pf</i>	(MPa)	0,50	0,73
<i>Pression Limite Pl</i>	(MPa)	1,00	1,60

- 5. Substratum calcaire

Cet horizon constitué de calcaire a été rencontré jusqu'à l'arrêt des sondages entre 10,00 et 10,50 m de profondeur. D'après la carte géologique au 1/50 000 de MAICHE, il s'agit du calcaire du Bajocien.

Les horizons calcaires sont sensibles à la **karstification** qui ménage des galeries vides ou remplies de sédiments divers.

3.3. Hydrogéologie

Lors de notre intervention des arrivées d'eau ont été rencontrées au droit du sondage SP1, à 7,00 m de profondeur, soit à la cote 401,65 NGF.

Les niveaux d'eau mesurés et rappelés ci-dessus ne sont représentatifs de la nappe qu'au jour de la mesure. Ils ne permettent pas de juger des variations saisonnières de la nappe qui pourra varier de manière importante notamment en période de crue ou de hautes eaux.



3.4. Risque sismique

Le territoire de la commune de VAUCLUSOTTE est situé en zone de sismicité 3 (modérée) d'après le décret du 22 octobre 2010.

Le dimensionnement des ouvrages neufs, extension d'un existant incluse, dépend de la zone sismique à laquelle est attribué un niveau d'aléa, ainsi que de la catégorie de l'ouvrage, associée à un coefficient d'importance.

Catégorie d'importance	Description
I 	Bâtiments dans lesquels il n'y a aucune activité humaine nécessitant un séjour de longue durée.
II 	- Habitations individuelles. - Établissements recevant du public (ERP) de catégories 4 et 5. - Habitations collectives de hauteur inférieure à 28 m. - Bureaux ou établissements commerciaux non ERP, $h \leq 28$ m, max. 300 pers. - Bâtiments industriels pouvant accueillir au plus 300 personnes. - Parcs de stationnement ouverts au public.
III 	- ERP de catégories 1, 2 et 3. - Habitations collectives et bureaux, $h > 28$ m. - Bâtiments pouvant accueillir plus de 300 personnes. - Établissements sanitaires et sociaux. - Centres de production collective d'énergie. - Établissements scolaires.
IV 	- Bâtiments indispensables à la sécurité civile, la défense nationale et le maintien de l'ordre public. - Bâtiments assurant le maintien des communications, la production et le stockage d'eau potable, la distribution publique de l'énergie. - Bâtiments assurant le contrôle de la sécurité aérienne. - Établissements de santé nécessaires à la gestion de crise. - Centres météorologiques.

	I 	II 	III 	IV 
Zone 1	aucune exigence			
Zone 2				
Zone 3	PS-MI ¹		Eurocode 8 ³ $a_{gr}=1,1$ m/s ²	Eurocode 8 ³ $a_{gr}=1,1$ m/s ²
Zone 4	PS-MI ¹		Eurocode 8 ³ $a_{gr}=1,6$ m/s ²	Eurocode 8 ³ $a_{gr}=1,6$ m/s ²
Zone 5	CP-MI ²		Eurocode 8 ³ $a_{gr}=3$ m/s ²	Eurocode 8 ³ $a_{gr}=3$ m/s ²

¹ Application **possible** (en dispense de l'Eurocode 8) des PS-MI sous réserve du respect des conditions de la norme PS-MI

² Application **possible** du guide CP-MI sous réserve du respect des conditions du guide

³ Application **obligatoire** des règles Eurocode 8

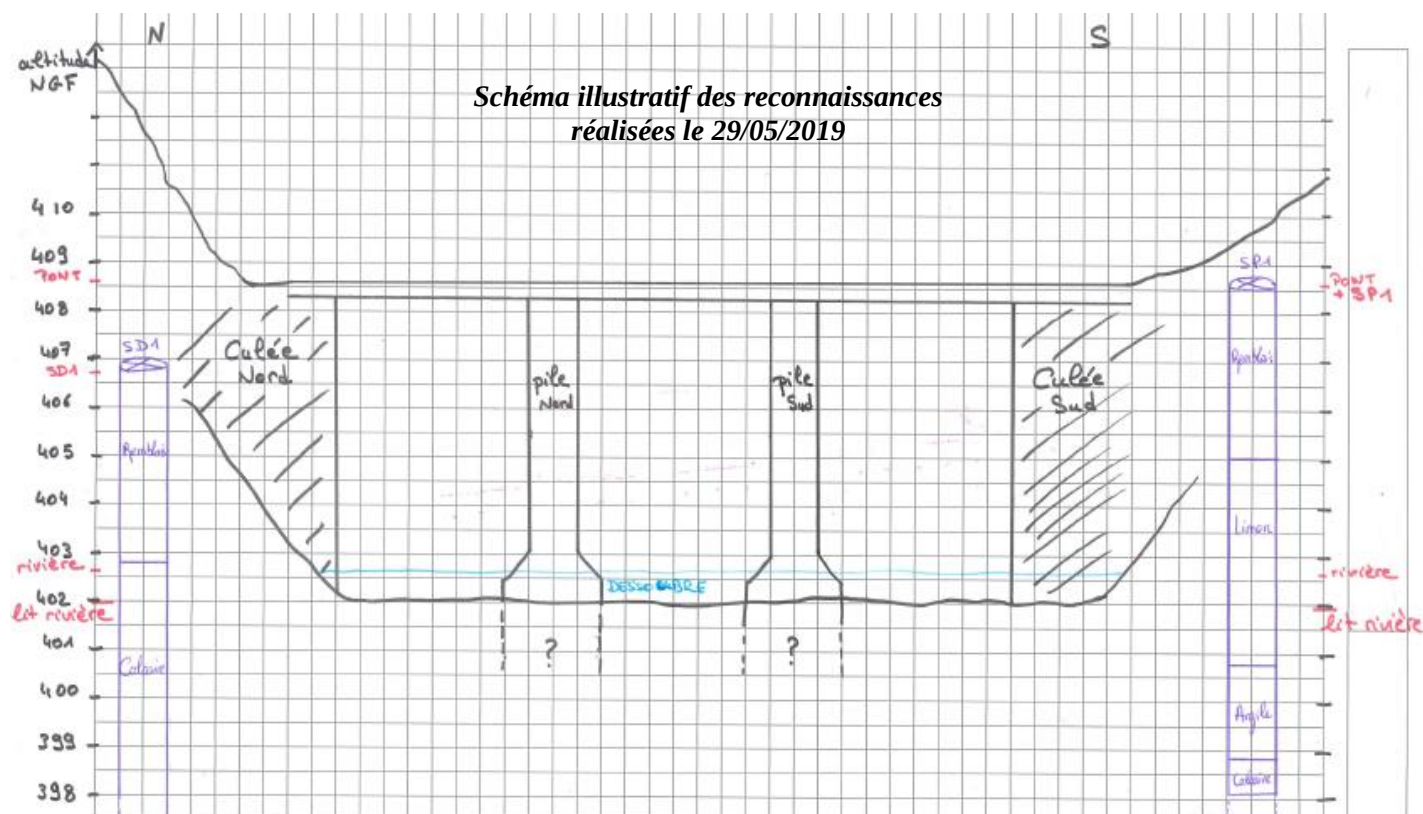
Tableaux issus de « la nouvelle réglementation parasismique applicable aux bâtiments » de janvier 2011 disponible sur www.developpement-durable.gouv.fr.

Il appartient aux responsables du Projet de définir la catégorie d'importance d'ouvrage de leur Projet, dont dépendra l'éventuelle justification selon l'Eurocode 8.

Il conviendra donc de respecter les textes et normes en vigueur (Eurocode 8 - Calcul des structures pour leur résistance aux séismes - NF EN 1998 - octobre 2007) et se référer plus particulièrement à la partie 5 - fondations, ouvrages de soutènement et aspects géotechniques.



4. AVIS SUR LA STABILITÉ DES FONDATIONS DU PONT DE LA VAUCLUSOTTE



4.1. En rive gauche : sondage SD1

Le sondage SD1 réalisé en rive gauche, a mis en évidence le toit du calcaire à 3,90 m de profondeur, soit à la cote 402,85 NGF. Le lit de la rivière a été mesuré à la cote 401,94 NGF. Les fondations de la culée Nord du pont, à proximité de SD1, sont donc vraisemblablement ancrées dans le calcaire.

Dans ce contexte, la stabilité des fondations pour la partie Nord du pont de la Vaclusotte serait assurée.

4.2. En rive droite : sondage SP1

Le sondage SP1 réalisé en rive droite, a mis en évidence une couche de limon argileux vasard jusqu'à 400,75 NGF.

L'horizon limoneux à caractéristiques très moyennes, ne constituerait pas un horizon d'ancrage pérenne pour les piles du pont.

En revanche, un niveau d'argile sableuse et graveleuse de compacité moyenne à élever a été mis en évidence avant le niveau calcaire. Cet horizon a pu servir d'assise aux fondations.

Le calcaire se situerait dans cette zone environ 3 m sous le lit de la rivière. Il pourrait s'agir d'un surcreusement lié à un ancien chenal.

Compte tenu de l'absence d'information précise concernant la cote et la nature d'assise des fondations, la reconnaissance de sols au droit de SP1 ne permet pas statuer sur la tenue de l'assise des piles du pont, pour la partie Sud (argile sablo-graveleuse ou calcaire).



4.3. Conclusion

Dans ce contexte, seules des investigations complémentaires avec mise en place de moyens spécifiques adaptés au contexte de reconnaissance de fondation dans un cours d'eau et autorisations administratives nécessaires, pourraient permettre de préciser l'ancrage des piles du pont en partie Sud et ainsi de donner un avis précis sur la stabilité des fondations en cas d'abaissement du niveau d'eau dans la rivière.

Également, et uniquement dans le cas où le tablier et les culées du pont n'étaient pas en béton précontraint (diagnostic préalable par BE Structure spécialisé), il pourrait être envisagé la réalisation de sondages destructifs à travers les piles et les culées du pont, afin de reconnaître les terrains d'assise sous chaque partie l'ouvrage.



Ce rapport correspond à la mission G2 phase AVP (étude géotechnique de conception – phase Avant-Projet) qui nous a été confiée pour cette affaire.

Les calculs et valeurs dimensionnelles donnés dans le présent rapport sont destinés à appréhender les sujétions techniques et ne sont en aucun cas un dimensionnement du Projet.

Selon l'enchaînement des missions géotechniques au sens de la norme NFP 94-500, le présent rapport devra être suivi de la mission G2 phase Projet (étude géotechnique de conception – phase Projet).

Fait à Semur-en-Auxois, le 24 juin 2019

B. CORNELIS

Ingénieur géotechnicien

A. ALBERTINI

Gérant



CONDITIONS GENERALES DES MISSIONS GEOTECHNIQUES ET D'UTILISATION DU PRESENT DOCUMENT

(version du 12/12/2013)

1. Cadre de la mission

ICSEO BUREAU D'ETUDES n'est tenu qu'à une obligation de moyens et ne peut être en aucun cas tenu à une obligation de résultats. Les prestations d'études et de conseil sont réputées incertaines par nature.

Par référence à la Classification des Missions Géotechniques types extraite de la norme NF P 94-500 (30/11/2013), il appartient au maître d'ouvrage et à son maître d'œuvre de veiller à ce que toutes les missions géotechniques nécessaires à la conception puis à l'exécution de l'ouvrage soient engagées avec les moyens opportuns et confiées à des hommes de l'Art.

L'enchaînement des missions géotechniques suit la succession des phases d'élaboration du projet, chacune de ces missions ne couvrant qu'un domaine spécifique de la conception ou de l'exécution. En particulier :

- les missions d'ingénierie géotechnique (étapes 1 à 3) sont réalisées dans l'ordre successif ;
- une mission confiée à ICSEO BUREAU D'ETUDES peut ne contenir qu'une partie des prestations décrites dans la mission type correspondante ;
- la prestation d'investigations géotechniques (PIG) engage notre société uniquement sur la conformité des travaux exécutés à ceux contractuellement commandés et l'exactitude des résultats qu'elle fournit ;
- une mission d'ingénierie géotechnique (étapes 1 à 3 ou diagnostic) n'engage notre société sur son devoir de conseil que dans le cadre strict, d'une part, des objectifs explicitement définis dans notre proposition technique sur la base de laquelle la commande et ses avenants éventuels ont été établis, d'autre part, du projet du client décrit par les documents graphiques ou plans cités dans le rapport ;
- une mission d'ingénierie géotechnique (étapes 1 à 3 ou diagnostic) exclut tout engagement de notre société sur les quantités, coûts et délais d'exécution des futurs ouvrages géotechniques ;
- une étude géotechnique de conception (G2) engage notre société en tant qu'assistant technique à la Maîtrise d'Œuvre dans les limites du contrat fixant l'étendue de la mission et la (ou les) partie(s) d'ouvrage(s) concerné(s).

La responsabilité de notre société ne saurait être engagée en dehors du cadre de la mission géotechnique, objet du rapport. En particulier, toute modification apportée au projet ou à son environnement nécessite la réactualisation du rapport géotechnique dans le cadre d'une nouvelle mission.

2. Recommandations

Il est précisé que l'étude géotechnique repose sur une reconnaissance du sol dont la maille ne permet pas de lever la totalité des aléas toujours possibles en milieu naturel. En effet, des hétérogénéités, naturelles ou du fait de l'homme, des discontinuités et des aléas d'exécution peuvent apparaître compte tenu du rapport entre le volume échantillonné ou testé et le volume sollicité par l'ouvrage, et ce d'autant plus que ces singularités éventuelles peuvent être limitées en extension. Les éléments géotechniques nouveaux mis éventuellement en évidence lors de l'exécution (par exemple, failles, remblais anciens ou récents, hétérogénéité localisée, venue d'eau, pollution, etc.), n'ayant pu être détectés au cours de nos opérations de reconnaissance et pouvant avoir une influence sur les conclusions du rapport (en partie ou en totalité), doivent immédiatement être signalés à ICSEO BUREAU D'ETUDES pour lui permettre de reconsidérer et d'adapter éventuellement les solutions initialement préconisées et ceci dans le cadre de missions géotechniques complémentaires.

Si un caractère évolutif particulier a été mis en lumière (notamment glissement, érosion, dissolution, remblais évolutifs, tourbe), l'application des recommandations du rapport nécessite une validation à chaque étape suivante de la conception ou de l'exécution. En effet, un tel caractère évolutif peut remettre en cause ces recommandations notamment s'il s'écoule un laps de temps important avant leur mise en œuvre.

Il est vivement conseillé au Maître d'Ouvrage, au Maître d'Œuvre ou à l'Entreprise de faire procéder, au moment de l'ouverture des fouilles ou de la réalisation des premiers pieux ou puits, à une visite de chantier par un spécialiste. Cette visite est normalement prévue par ICSEO BUREAU D'ETUDES lorsque notre société est chargée d'une mission de supervision géotechnique d'exécution des travaux de fondations (G4). Cette visite, pour laquelle un compte-rendu sera rédigé, a pour objet principal de vérifier que la nature des sols et la profondeur de l'horizon de fondation sont conformes aux données de l'étude.



3. Rapport de la mission

Le rapport géotechnique constitue le compte-rendu de la mission géotechnique définie par la commande au titre de laquelle il a été établi et dont les références sont rappelées en tête. A défaut de clauses spécifiques contractuelles, la remise du rapport géotechnique fixe la fin de la mission.

Un rapport géotechnique et toutes ses annexes identifiées constituent un ensemble indissociable. Les deux exemplaires de référence en sont les deux originaux conservés : un par le client et le second par ICSEO BUREAU D'ETUDES. Dans ce cadre, toute autre interprétation qui pourrait être faite d'une communication ou reproduction partielle ne saurait engager la responsabilité de notre société. En particulier l'utilisation même partielle de ces résultats et conclusions par un autre maître d'ouvrage ou par un autre constructeur ou pour un autre ouvrage que celui objet de la mission confiée ne pourra en aucun cas engager la responsabilité de notre société et pourra entraîner des poursuites judiciaires.

ICSEO BUREAU D'ETUDES ne pourrait être rendu responsable des modifications apportées à la présente étude sans son consentement écrit.

Si, en l'absence de plans précis des ouvrages projetés, ICSEO BUREAU D'ETUDES a été amené dans le présent document à faire une ou des hypothèses sur le projet, il appartient au Maître d'Ouvrage ou à son Maître d'Œuvre, de communiquer par écrit ses observations éventuelles à ICSEO BUREAU D'ETUDES sans quoi, il ne pourrait en aucun cas et pour aucune raison être reproché à ICSEO BUREAU D'ETUDES d'avoir établi son étude pour le projet décrit dans le présent document.

Pour ces raisons notamment, et sauf stipulation contraire explicite de la part d'ICSEO BUREAU D'ETUDES, l'utilisation de la présente étude pour chiffrer, à forfait ou non, le coût de tout ou partie des ouvrages d'infrastructure ne saurait en aucun cas engager la responsabilité d'ICSEO BUREAU D'ETUDES. Une mission d'étude géotechnique de projet (G2) minimum est nécessaire pour estimer des quantités, coûts et délais d'ouvrages géotechniques.

Les éventuelles altitudes indiquées pour chaque sondage (*cotes de références rattachées à un repère arbitraire ou cotes NGF*) ne sont données qu'à titre indicatif. Seules font foi les profondeurs mesurées depuis le sommet des sondages et comptées à partir du niveau du sol au moment de la réalisation des essais. Ces altitudes (en Z) pourront être garanties par un Géomètre Expert, lors d'un relevé. Il en est de même pour l'implantation (en X et Y) des sondages sur le terrain.

ICSEO BUREAU D'ETUDES se réserve le droit d'utilisation de l'étude de sol en question jusqu'à son paiement intégral du, aux termes de la commande ou du contrat, conformément à la loi 80335 du 12 mai 1980. La simple remise de traites ou de titres créant obligation de paiement ne constitue pas un paiement. Tant que l'étude n'est pas totalement payée par le client, celle-ci restera propriété d'ICSEO BUREAU D'ETUDES et ne pourra en aucun cas être utilisée par un tiers.

4. Clauses de responsabilité et assurances dans un contrat d'ingénierie géotechnique

Les clauses ci-dessous résultent de l'observation des meilleures pratiques des contrats d'ingénierie géotechnique. Elles sont recommandées par SYNTEC-INGENIERIE, et en particulier par le Comité Géotechnique qui regroupe les professionnels de la géotechnique.

Répartition des risques et responsabilités autres que la responsabilité décennale soumise à obligation d'assurance.

Le prestataire assume les responsabilités qu'il engage par l'exécution de sa mission telle que décrite au présent contrat.

A ce titre, le prestataire est responsable de ses prestations dont la défectuosité lui est imputable.

Le prestataire sera garanti en totalité par le client contre les conséquences de toute recherche en responsabilité dont le prestataire serait l'objet du fait de ses prestations, de la part de tiers au présent contrat, le client ne garantissant cependant le prestataire qu'au delà du montant de responsabilité visé ci-dessous pour le cas des prestations défectueuses.

La responsabilité globale et cumulée du prestataire au titre ou à l'occasion de l'exécution du contrat sera limitée au montant des garanties délivrées par son assureur, dont le client reconnaît avoir eu connaissance, et ce pour les dommages de quelque nature que ce soit et quelqu'en soit le fondement juridique.

Il est expressément convenu que le prestataire ne sera pas responsable des dommages immatériels consécutifs ou non à un dommage matériel tels que, par exemple, la perte d'exploitation, la perte de production, le manque à gagner, la perte de profit, la perte de contrat, la perte d'image, l'immobilisation de personnel ou d'équipements ainsi que tout dommage indirect etc.



Assurance décennale obligatoire.

Le prestataire bénéficie d'un contrat d'assurance au titre de la responsabilité décennale afférente aux ouvrages soumis à obligation d'assurance, conformément à l'article L.241-1 du Code des assurances.

Ce contrat impose une obligation de déclaration préalable et d'extension de garantie pour les ouvrages dont la valeur € HT (travaux et honoraires compris) excède au jour de la déclaration d'ouverture de chantier un montant de 30 M€.

Il est expressément convenu que le client a l'obligation d'informer le prestataire d'un éventuel dépassement de ce seuil, et accepte, le cas échéant, de fournir tous éléments d'information nécessaires à l'extension de la garantie.

Le client prend également l'engagement, en cas de souscription d'une Police Complémentaire de Groupe (PCG), de faire le nécessaire pour que le prestataire soit mentionné parmi les bénéficiaires de cette garantie de responsabilité de seconde ligne.

En tout état de cause, il appartiendra au client de prendre en charge toute éventuelle surcotation qui serait demandée au prestataire par rapport aux conditions de base de son contrat d'assurance.

Le Maître d'Ouvrage devra communiquer à ICSEO BUREAU D'ETUDES la Déclaration Réglementaire d'Ouverture du Chantier (DROC) et faire réactualiser le présent rapport si le chantier est ouvert plus de 2 ans après la date d'établissement de celui-ci. De même il est tenu d'informer ICSEO BUREAU D'ETUDES du montant global de l'opération et de la date prévisible de réception de l'ouvrage.



Enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique - extrait norme NF P 94-500 du 30/11/13

L'enchaînement des missions contribue à la maîtrise des risques géotechniques en vue de fiabiliser la qualité, le délai d'exécution et le coût réel des ouvrages géotechniques.

Tout ouvrage est en interaction avec son environnement géotechnique. Le maître d'ouvrage doit associer l'ingénierie géotechnique au même titre que les autres ingénieries à la maîtrise d'œuvre et ce, à toutes les étapes successives de conception puis de réalisation de l'ouvrage.

Le maître d'ouvrage ou son mandataire doit veiller à la synchronisation des missions d'ingénierie géotechnique avec les phases effectives de la maîtrise d'œuvre du projet.

L'enchaînement et la définition synthétique des missions d'ingénierie géotechnique sont donnés dans les tableaux 1 et 2 de la norme. Deux ingénieries géotechniques différentes doivent intervenir : la première pour le compte du maître de l'ouvrage ou de son mandataire lors des étapes 1 à 3 ; la seconde pour le compte de l'entreprise lors de l'étape 3.

Enchaînement des missions G1 à G4	Phases de la maîtrise d'œuvre	Mission d'ingénierie géotechnique (GN) et Phase de la mission		Objectifs à atteindre pour les ouvrages géotechniques	Niveau de management des risques géotechniques attendu	Prestations d'investigations géotechniques à réaliser
Étape 1 : Etude géotechnique préalable (G1)		Etude géotechnique préalable (G1) Phase Etude de Site (ES)		Spécificités géotechniques du site	Première identification des risques présentés par le site	Fonction des données existantes et de la complexité géotechnique
	Etude préliminaire, Esquisse, APS	Etudes géotechnique préalable (G1) Phase Principes Généraux de Construction (PGC)		Première adaptation des futurs ouvrages aux spécificités du site	Première identification des risques pour les futurs ouvrages	Fonctions des données existantes et de la complexité géotechnique
Étape 2 : Etude géotechnique de conception (G2)	APD/AVP	Etude géotechnique de conception (G2) Phase Avant-projet (AVP)		Définition et comparaison des solutions envisageables pour le projet	Mesures préventives pour la réduction des risques identifiés, mesures correctives pour les risques résiduels avec détection au plus tôt de leur survenance	Fonction du site et de la complexité du projet (<i>choix constructifs</i>)
	PRO	Etudes géotechniques de conception (G2) Phase Projet (PRO)		Conception et justifications du projet		Fonction du site et de la complexité du projet (<i>choix constructifs</i>)
	DCE/ACT	Etude géotechnique de conception (G2) Phase DCE/ACT		Consultation sur le projet de base/choix de l'entreprise et mise au point du contrat de travaux		
Étape 3 : Etudes géotechniques de réalisation (G3/G4)		A la charge de l'entreprise	A la charge du maître d'ouvrage			
	EXE/VISA	Etude de suivi géotechniques d'exécution (G3) Phase Etude (en interaction avec la phase suivi)	Supervision géotechnique d'exécution (G4) Phase Supervision de l'étude géotechnique d'exécution (en interaction avec la phase supervision du suivi)	Etude d'exécution conforme aux exigences du projet, avec maîtrise de la qualité, du délai et du coût	Identification des risques résiduels, mesures correctives, contrôle du management des risques résiduels (<i>réalité des actions, vigilance, mémorisation, capitalisation des retours d'expérience</i>)	Fonction des méthodes de construction et des adaptations proposées si des risques identifiés surviennent
	DET/AOR	Etude et suivi géotechniques d'exécutions (G3) Phase Suivi (en interaction avec la Phase Etude)	Supervision géotechnique d'exécution (G4) Phase Supervision du suivi géotechnique d'exécution (en interaction avec la phase Supervision de l'étude)	Exécution des travaux en toute sécurité et en conformité avec les attentes du maître d'ouvrage		Fonction du contexte géotechnique observé et du comportement de l'ouvrage et des avoisinants en cours de travaux
A toute étape d'un projet ou sur un ouvrage existant	Diagnostic	Diagnostic géotechnique (G5)		Influence d'un élément géotechnique spécifique sur le projet ou sur l'ouvrage existant	Influence de cet élément géotechnique sur les risques géotechniques identifiés	Fonction de l'élément géotechnique étudié



Tableau 2 - Classification des missions d'ingénierie géotechnique

L'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique (étapes 1 à 3) doit suivre les étapes de conception et de réalisation de tout projet pour contribuer à la maîtrise des risques géotechniques. Le maître d'ouvrage ou son mandataire doit faire réaliser successivement chacune de ces missions par une ingénierie géotechnique. Chaque mission s'appuie sur des données géotechniques adaptées issues d'investigations géotechniques appropriées.

ETAPE 1 : ETUDE GEOTECHNIQUE PREALABLE (G1)

Cette mission exclut toute approche des quantités, délais et coûts d'exécution des ouvrages géotechniques qui entre dans le cadre de la mission d'étude géotechnique de conception (étape 2). Elle est à la charge du maître d'ouvrage ou son mandataire. Elle comprend deux phases :

Phase Étude de Site (ES)

Elle est réalisée en amont d'une étude préliminaire, d'esquisse ou d'APS pour une première identification des risques géotechniques d'un site. - Faire une enquête documentaire sur le cadre géotechnique du site et l'existence d'avoisinants avec visite du site et des alentours.

- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Fournir un rapport donnant pour le site étudié un modèle géologique préliminaire, les principales caractéristiques géotechniques et une première identification des risques géotechniques majeurs.

Phase Principes Généraux de Construction (PGC)

Elle est réalisée au stade d'une étude préliminaire, d'esquisse ou d'APS pour réduire les conséquences des risques géotechniques majeurs identifiés. Elle s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées.

- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Fournir un rapport de synthèse des données géotechniques à ce stade d'étude (première approche de la ZIG, horizons porteurs potentiels, ainsi que certains principes généraux de construction envisageables (notamment fondations, terrassements, ouvrages enterrés, améliorations de sols).

ETAPE 2 : ETUDE GEOTECHNIQUE DE CONCEPTION (G2)

Cette mission permet l'élaboration du projet des ouvrages géotechniques et réduit les conséquences des risques géotechniques importants identifiés. Elle est à la charge du maître d'ouvrage ou son mandataire et est réalisée en collaboration avec la maîtrise d'œuvre ou intégrée à cette dernière. Elle comprend trois phases :

Phase Avant-projet (AVP)

Elle est réalisée au stade de l'avant-projet de la maîtrise d'œuvre et s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées.

- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Fournir un rapport donnant les hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade de l'avant-projet, les principes de construction envisageables (terrassements, soutènements, pentes et talus, fondations, assises des dallages et voiries, améliorations de sols, dispositions générales vis-à-vis des nappes et des avoisinants), une ébauche dimensionnelle par type d'ouvrage géotechnique et la pertinence d'application de la méthode observationnelle pour une meilleure maîtrise des risques géotechniques.

Phase Projet (PRO)

Elle est réalisée au stade du projet de la maîtrise d'œuvre et s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées suffisamment représentatives pour le site. - Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.

- Fournir un dossier de synthèse des hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade du projet (valeurs caractéristiques des paramètres géotechniques en particulier), des notes techniques donnant les choix constructifs des ouvrages géotechniques (terrassements, soutènements, pentes et talus, fondations, assises des dallages et voiries, améliorations de sols, dispositions vis-à-vis des nappes et des avoisinants), des notes de calcul de dimensionnement, un avis sur les valeurs seuils et une approche des quantités.

Phase DCE / ACT

Elle est réalisée pour finaliser le Dossier de Consultation des Entreprises et assister le maître d'ouvrage pour l'établissement des Contrats de Travaux avec le ou les entrepreneurs retenus pour les ouvrages géotechniques.

- Établir ou participer à la rédaction des documents techniques nécessaires et suffisants à la consultation des entreprises pour leurs études de réalisation des ouvrages géotechniques (dossier de la phase Projet avec plans, notices techniques, cahier des charges particulières, cadre de bordereau des prix et d'estimatif, planning prévisionnel).
- Assister éventuellement le maître d'ouvrage pour la sélection des entreprises, analyser les offres techniques, participé à la finalisation des pièces techniques des contrats de travaux.

ETAPE 3 : ETUDES GEOTECHNIQUES DE REALISATION (G3 et G 4, distinctes et simultanées) ETUDE ET SUIVI GEOTECHNIQUES D'EXECUTION (G3)

Cette mission permet de réduire les risques géotechniques résiduels par la mise en œuvre à temps de mesures correctives d'adaptation ou d'optimisation. Elle est confiée à l'entrepreneur sauf disposition contractuelle contraire, sur la base de la phase G2 DCE/ACT. Elle comprend deux phases interactives :

Phase Étude

- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Étudier dans le détail les ouvrages géotechniques : notamment établissement d'une note d'hypothèses géotechniques sur la base des données fournies par le contrat de travaux ainsi que des résultats des éventuelles investigations complémentaires, définition et dimensionnement (calculs justificatifs) des ouvrages géotechniques, méthodes et conditions d'exécution (phasages généraux, suivis, auscultations et contrôles à prévoir, valeurs seuils, dispositions constructives complémentaires éventuelles).
- Élaborer le dossier géotechnique d'exécution des ouvrages géotechniques provisoires et définitifs : plans d'exécution, de phasage et de suivi.

Phase Suivi

- Suivre en continu les auscultations et l'exécution des ouvrages géotechniques, appliquer si nécessaire des dispositions constructives prédéfinies en phase Étude.
- Vérifier les données géotechniques par relevés lors des travaux et par un programme d'investigations géotechniques complémentaire si nécessaire (le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats).
- Établir la prestation géotechnique du dossier des ouvrages exécutés (DOE) et fournir les documents nécessaires à l'établissement du dossier d'interventions ultérieures sur l'ouvrage (DIUO)

SUPERVISION GEOTECHNIQUE D'EXECUTION (G4)

Cette mission permet de vérifier la conformité des hypothèses géotechniques prises en compte dans la mission d'étude et suivi géotechniques d'exécution. Elle est à la charge du maître d'ouvrage ou son mandataire et est réalisée en collaboration avec la maîtrise d'œuvre ou intégrée à cette dernière. Elle comprend deux phases interactives :

Phase Supervision de l'étude d'exécution

- Donner un avis sur la pertinence des hypothèses géotechniques de l'étude géotechnique d'exécution, des dimensionnements et méthodes d'exécution, des adaptations ou optimisations des ouvrages géotechniques proposées par l'entrepreneur, du plan de contrôle, du programme d'auscultation et des valeurs seuils.

Phase Supervision du suivi d'exécution

- Par interventions ponctuelles sur le chantier, donner un avis sur la pertinence du contexte géotechnique tel qu'observé par l'entrepreneur (G3), du comportement tel qu'observé par l'entrepreneur de l'ouvrage et des avoisinants concernés (G3), de l'adaptation ou de l'optimisation de l'ouvrage géotechnique proposée par l'entrepreneur (G3).
- Donner un avis sur la prestation géotechnique du DOE et sur les documents fournis pour le DIUO.

DIAGNOSTIC GEOTECHNIQUE (G5)

Pendant le déroulement d'un projet ou au cours de la vie d'un ouvrage, il peut être nécessaire de procéder, de façon strictement limitative, à l'étude d'un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques, dans le cadre d'une mission ponctuelle. Ce diagnostic géotechnique précise l'influence de cet ou ces éléments géotechniques sur les risques géotechniques identifiés ainsi que leurs conséquences possibles pour le projet ou l'ouvrage existant.

- Définir, après enquête documentaire, un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Étudier un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques (par exemple soutènement, causes géotechniques d'un désordre) dans le cadre de ce diagnostic, mais sans aucune implication dans la globalité du projet ou dans l'étude de l'état général de l'ouvrage existant.
- Si ce diagnostic conduit à modifier une partie du projet ou à réaliser des travaux sur l'ouvrage existant, des études géotechniques de conception et/ou d'exécution ainsi qu'un suivi et une supervision géotechniques seront réalisés ultérieurement, conformément à l'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique (étape 2 et/ou 3).



ANNEXES

- plan de situation de l'étude
- schéma d'implantation des sondages
- sondages pressiométriques
- sondages géologiques



PLAN DE SITUATION DE L'ÉTUDE

25.191187 VAUCLUSOTTE

Pont de la Vauclusotte

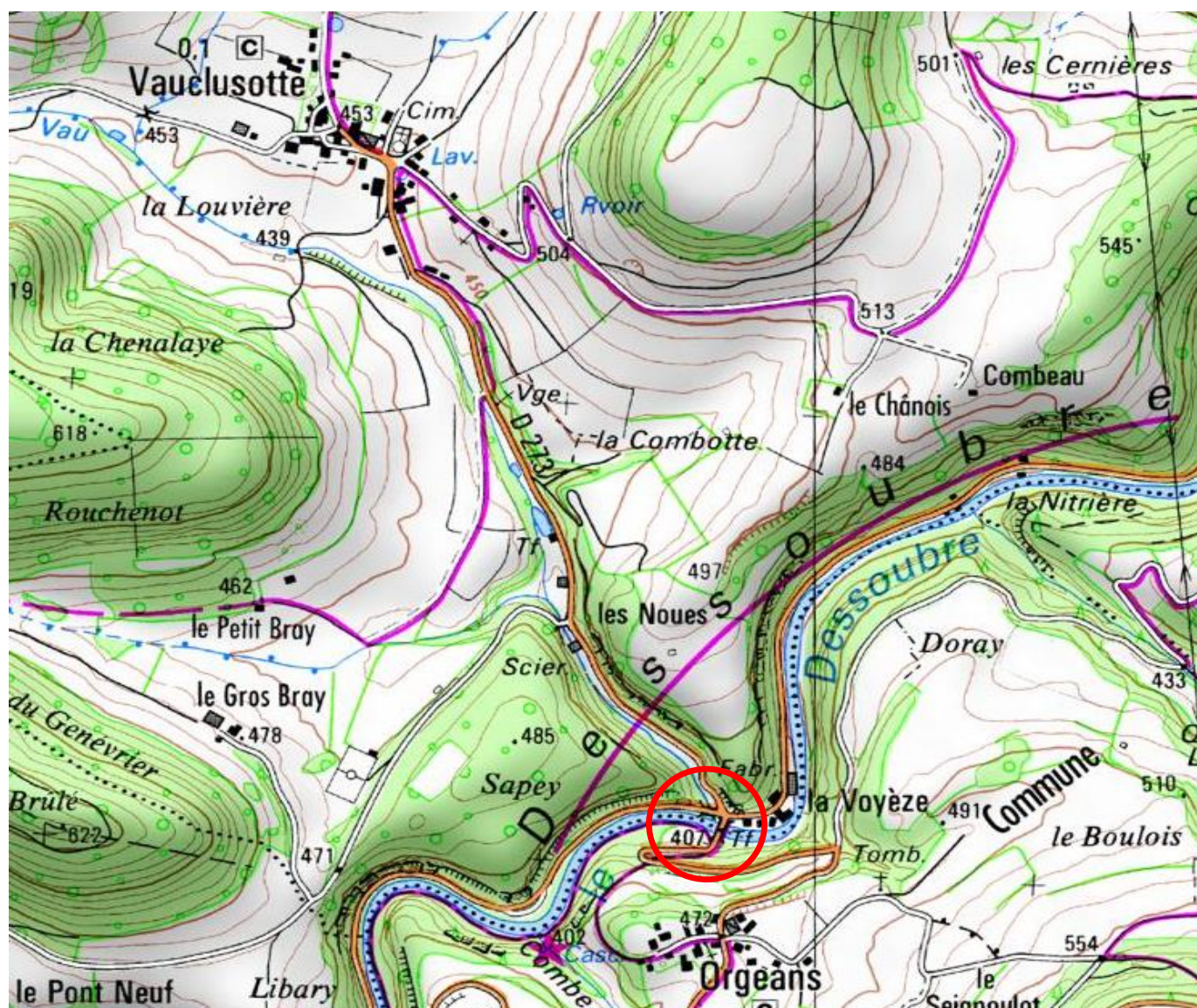


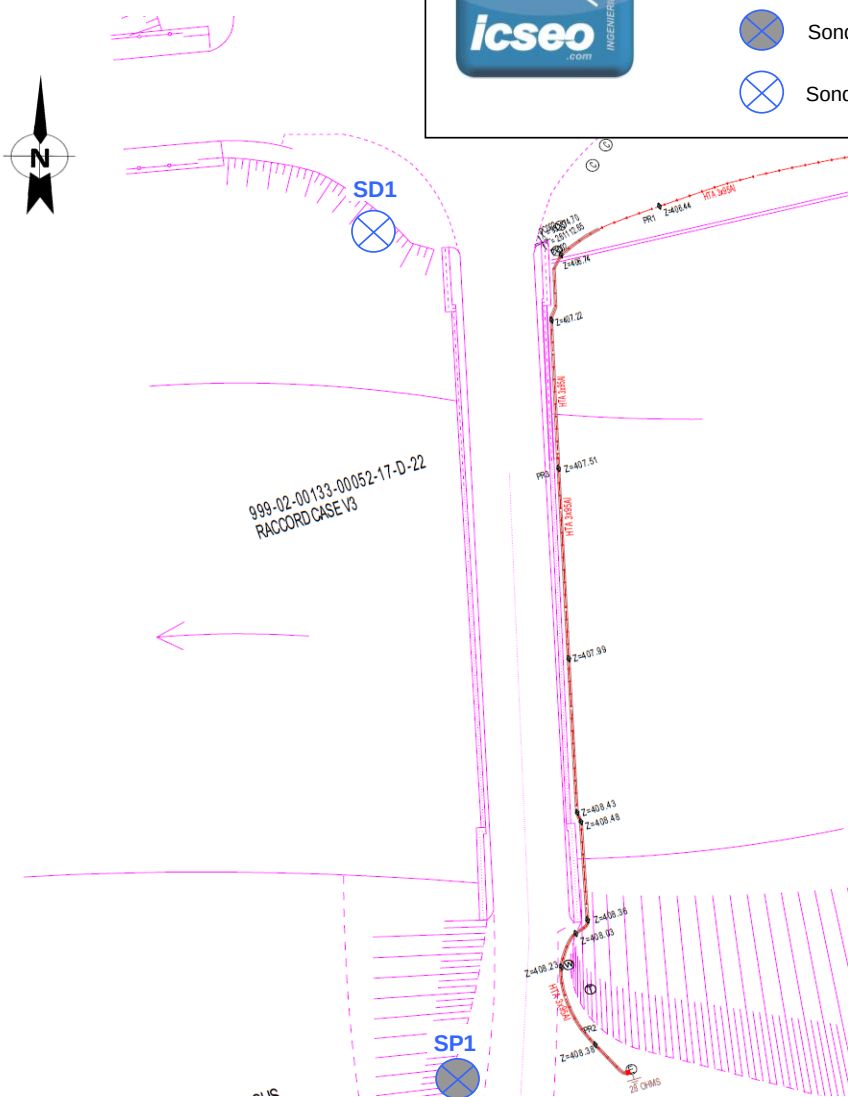


SCHÉMA D'IMPLANTATION DES SONDAGES

25.191187 VAUCLUSOTTE

Pont de la Vauclusotte

-  Sondage pressiométrique
-  Sondage géologique



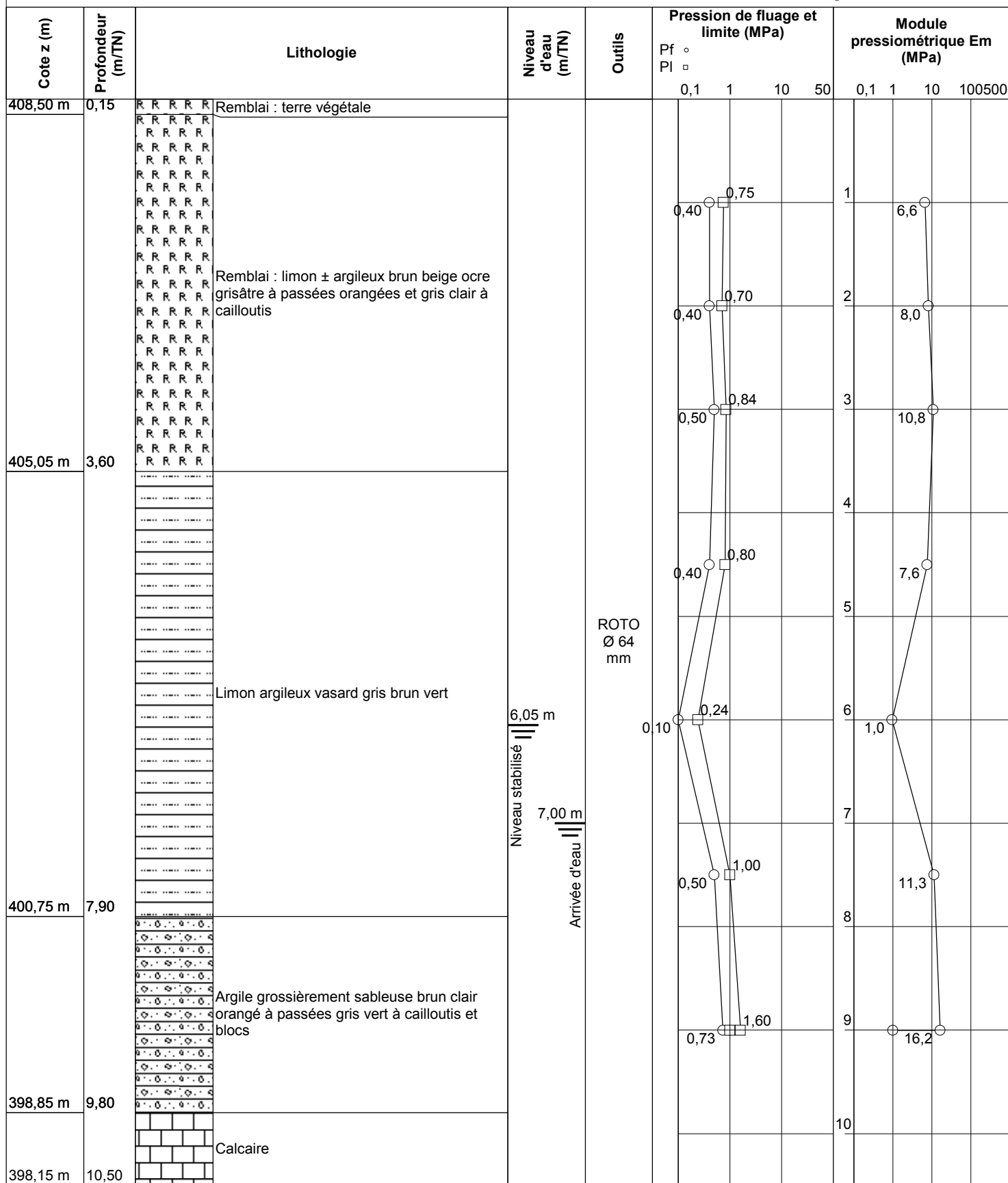


Forage : SP1

Sondage Pressiométrique
NF P 94-110-1

Dossier : VAUCLUSOTTE
Pont de la Vauclusotte
Affaire : 25.191187

X :
Y :
Z : 408.65 NGF
Date : 29/05/2019
Echelle : 1/50
Page : 1/1
DBI



Observations :

Eboulement du sondage à 3.10 m de profondeur

EXGTE 3.22



Forage : SD1

Sondage géologique

Dossier : **VAUCLUSOTTE**
Pont de la Vauclusotte
Affaire : **25.191187**

X :
Y :
Z : **406.75 NGF**

Date : **29/05/2019**
Echelle : **1/50**
Page : **1/1** **DBI**

Cote z (m)	Profondeur (m/TN)	Lithologie	Niveau d'eau (m/TN)	Outils	Perm (m/s)	Remarque
406,60 m	0,15	Remblai : terre végétale	Eboulement du sondage à 1.60 m de profondeur	THC Ø 63 mm		
		Remblai : blocs et cailloutis à matrice limoneuse ± argileuse gris foncé à noire				
402,85 m	3,90	Calcaire		ROTO Ø 64 mm		
396,75 m	10,00					

Observations :

EXGTE 3.22

Annexe 4

Analyse de l'ouvrage et de ses fondations – Proposition de solutions techniques, 07/07/2021, SRiGC

SYNDICAT MIXTE D'AMENAGEMENT DU DESSOUBRE
ET DE VALORISATION DU BASSIN VERSANT
Bureaux administratifs
3 rue du Clos Pascal
25190 Saint Hippolyte

***Restauration de la continuité écologique sur le secteur aval du Dessoubre
au droit des seuils de « Fleurey », « Neuf Gouffre » et la « Voyèze »***

OUVRAGE DE LA VOYEZE

Annexe au rapport géotechnique G2 PRO

ANALYSE DE L'OUVRAGE ET DE SES FONDATIONS

EVALUATION DE LA CONTRAINTE AU SOL

SOMMAIRE

Objet de la note.....	3
Présentation de la structure du pont de la Voyèze.....	4
Analyse du poids propre de l'ouvrage.....	6
Analyse des charges d'exploitation à reprendre par l'ouvrage.....	8
Evaluation des contraintes sous les appuis.....	10

Objet de la note

Dans le cadre des travaux de restauration de continuité écologique sur le secteur aval du Dessoubre, il est envisagé d'abaisser le seuil situé à l'aval du pont de la Voyèze. Les études préliminaires et d'avant-projet, notamment l'étude ARTELIA réf 4 16 1946 « DIAGNOSTIC – AVANT-PROJET ET PROPOSITIONS – OUVRAGE DE LA VOYEZE » du 13/09/2019, ont mis en évidence le risque d'impact de l'abaissement de la ligne d'eau de la rivière sur les fondations du Pont de la Voyèze.

L'objet de cette note est d'une part de présenter une analyse du mode de fondation des appuis du pont et des charges reprises par ces appuis, et d'autre part de proposer des solutions éventuelles de confortement des fondations du pont pour assurer sa pérennité dans le cadre de la mise en œuvre de la continuité écologique.



Vue générale du site

Présentation de la structure du pont de la Voyèze

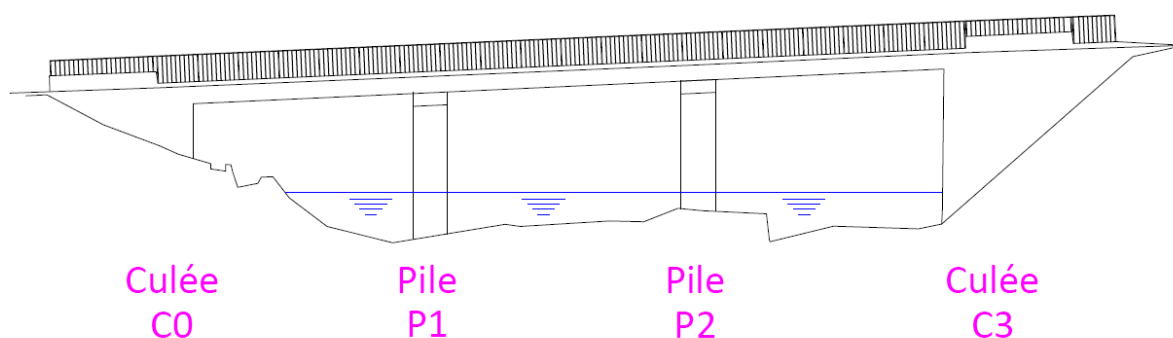
Le pont de la Voyèze est localisé sur les communes d'Orgeans-Blanchefontaine et la Vauclusotte, à environ 200 m en amont du barrage de la Voyèze.

Le pont de la Voyèze est constitué de pierres maçonnées et de béton projeté mis en œuvre lors du confortement des piles. La date de construction de l'édifice n'est pas connue, cependant le pont est visible sur les cartes d'Etat-major (années 1820 – 1866).

Le pont est constitué d'un tablier type PRAD de 3 travées de 8,65 m de portée moyenne appuyé sur 2 culées béton armé et 2 piles mixtes BA/maçonnerie en rivière. L'ouvrage présente les caractéristiques géométriques suivantes :

- Longueur totale de l'ouvrage : 41,20 m
- Longueur du tablier entre joints de dilatation : 31,05 m
- Largeur totale du tablier : 5,40 m
- Largeur circulée entre bordures : 4,20 m
- 2 trottoirs de : 0,60 m

Le tablier présente une pente ascendante de la rive gauche vers la rive droite de 4,3 %



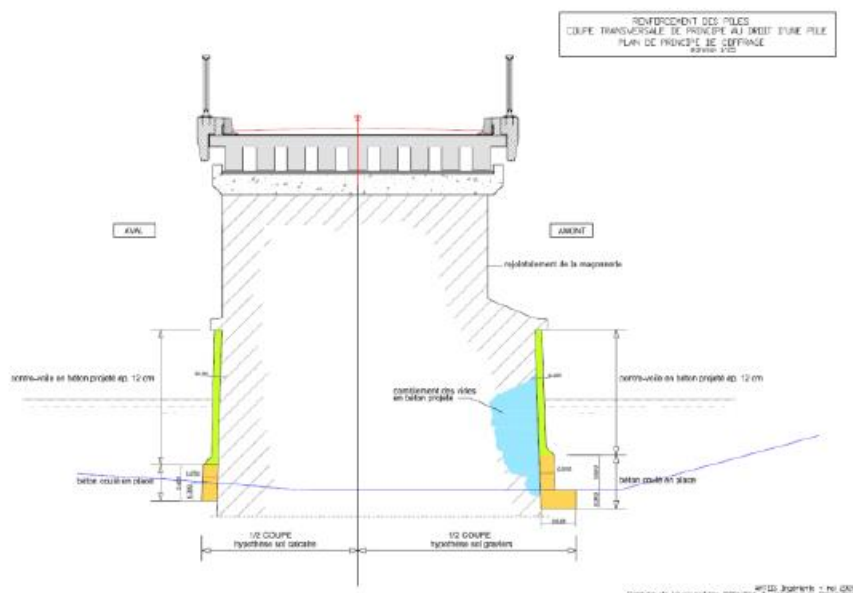
Coupe longitudinale de repérage des appuis

La culée C0, en rive gauche, présente un mur de front de 2,10 m de hauteur vue. La base de ce mur et la fondation de cette culée ne sont pas visibles sans procéder à des fouilles mécaniques.

Un canal de dérivation de section $\sim 60 \times 25$ est présent en pieds de ce mur de front de la culée C0.

La culée C3, en rive droite, présente un mur de front de 5,90 m de hauteur vue. La base de ce mur et la fondation de cette culée ne sont pas visibles sans procéder à des fouilles mécaniques.

Les piles P1 et P2 sont constituées d'un chevêtre en tête reposant sur une pile maçonnée qui a fait l'objet de confortement en 2009 :



Coupe type sur les piles et leur confortement

Les caractéristiques géométriques des piles sont les suivantes :

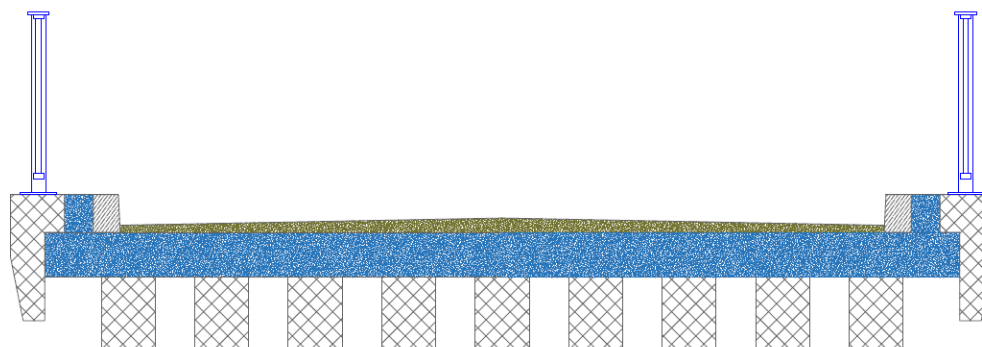
- Chevêtre de 4,87 m longueur x 1,31 m larg. et une hauteur estimée à 0,35m
- Partie supérieure de la pile constituée de maçonnerie de section 4,50 m long. x 1,31 m larg. et une hauteur estimée à 1,40m sur P1 et 1,85m sur P2
- Partie inférieure de la pile constituée de maçonnerie et béton armé de section 5,50 m long. x 1,60 m larg. et une hauteur estimée à 2,30m
- Une fondation non visible et non accessible, mais reconnue dans le cadre des investigations menées par HYDROGÉOTECHNIQUE dans le cadre de la mission d'étude géotechnique G5 qui a fait l'objet du rapport C.20.20090 du 10/09/2020. Son épaisseur est estimée à 1,30m. Ses dimensions en plan sont prises en compte dans la présente étude en retenant un débord limité à +0,50m par rapport à l'embase de la pile. Cette hypothèse est conservative vis-à-vis de l'étude de la stabilité des piles. Soit une dimension de semelle estimée à 6,50 m long. x 2,50 m larg.

Les caractéristiques géométriques des culées sont extrapolées à partir des dimensions visibles et mesurables sur site, sans investigations lourdes.

Analyse du poids propre de l'ouvrage

Les éléments géométriques ci-dessus et la coupe type de l'ouvrage (voir ci-dessous), permettent d'évaluer le poids propre de chaque élément de l'ouvrage à savoir :

PONT DE LA VOYEZE				Métrés et analyse DDC					
Désignation / Détails	Nbre (u)	Long. (m)	Larg. (m)	Altimétrie (IGN 69)	Ht / Ep. (m)	Surface (m²)	Volume (m³)	Poids/u (kN/m³)	Poids (kN)
1 Tablier									
- poutrelles	9.00	28.05	0.30		0.41		31.05	25.00	776.28
- hourdis et enrobés : en toit => var de 29 à 33 cm	1.00	31.05	5.09		0.31	158.04	48.99	25.00	1 224.84
- trottoir hors retombée corniche	2.00	31.05	0.60		0.17		6.33	25.00	158.36
- retombée corniche	2.00	31.05	0.24		0.53		7.90	25.00	197.48
- garde-corps	2.00	31.05						0.30	18.63
- réseau en encorbellement à l'aval DN 225 plein	1.00	31.05						0.70	21.74
- réseau / fourreau sous tablier	1.00	31.05						0.10	3.11
Sous-Total 1 - Tablier :						158.04 (m²)			2 400.43 (kN)
2 Pile P1				A. Sup 407.25	407.40				
Tablier à ~407,25 - 0,72 ép tablier = A.Sup chevêtre à									
- chevêtre	1.00	4.87	1.31		0.35	1.70	2.23	25.00	55.82
- partie sup de la pile	1.00	4.50	1.31		1.40	6.30	8.25	25.00	206.33
- partie inf de la pile : A.Sup. 405,55	1.00	5.50	1.61	405.55	2.30	12.65	20.37	25.00	509.16
- semelle de fondation : A.Inf. 402.05	1.00	6.50	2.50		1.30		21.13	25.00	528.13
				402.05					
Sous-Total 2 - Pile P1 :				5.20	5.35 (m ht)	20.65 (m²)			1 299.43 (kN)
3 Pile P2				A. Sup 407.70	407.69				
- chevêtre	1.00	4.87	1.31		0.35	1.70	2.23	25.00	55.82
- partie sup de la pile	1.00	4.50	1.31		1.85	8.33	10.91	25.00	272.64
- partie inf de la pile : A.Sup. 405,49	1.00	5.50	1.61	405.89	2.30	12.65	20.37	25.00	509.16
- semelle de fondation : A.Inf. 401.89	1.00	6.50	2.50		1.30		21.13	25.00	528.13
				401.89					
Sous-Total 3 - Pile P2 :				5.81	5.80 (m ht)	22.68 (m²)			1 365.75 (kN)
4 Culée C0									
- semelle de fondation	1.00	4.50	4.00		0.80		14.40	25.00	360.00
- mur de front	1.00	4.50	0.50		1.70		3.83	25.00	95.63
- sommier	1.00	4.50	1.20		0.80		4.32	25.00	108.00
- murs en retour	2.00	1.00	8.50	m²	0.50		8.50	25.00	212.50
- muret en superstructure	2.00	4.10	0.50		0.69		2.83	25.00	70.73
Sous-Total 4 - Culée C0 :									846.85 (kN)
5 Culée C3									
- semelle de fondation	1.00	4.50	6.00		0.80		21.60	25.00	540.00
- mur de front	1.00	4.50	0.80		5.20		18.72	25.00	468.00
- sommier	1.00	4.50	1.20		0.80		4.32	25.00	108.00
- murs en retour	2.00	1.00	37.50	m²	0.50		37.50	25.00	937.50
- muret en superstructure	2.00	6.04	0.50		0.69		4.17	25.00	104.19
Sous-Total 5 - Culée C3 :									2 157.69 (kN)

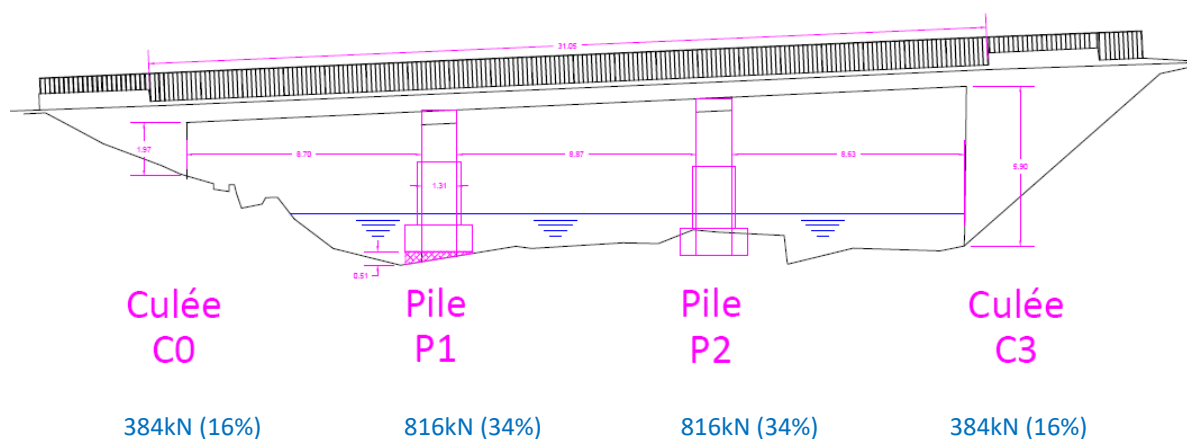


Coupe transversale du tablier

Le poids propre des éléments constitutifs de l'ouvrage est estimé à :

- Culée C0 : 850 kN (85 ton)
- Pile P1 : 1 300 kN (130 ton)
- Pile P2 : 1 370 kN (137 ton)
- Culée C3 : 2 160 kN (216 ton)
- Tablier entre joint de dilatation : 2 400 kN (240 ton)

Les travées de l'ouvrage étant quasiment identiques, le poids propre du tablier se répartit de la façon suivante :



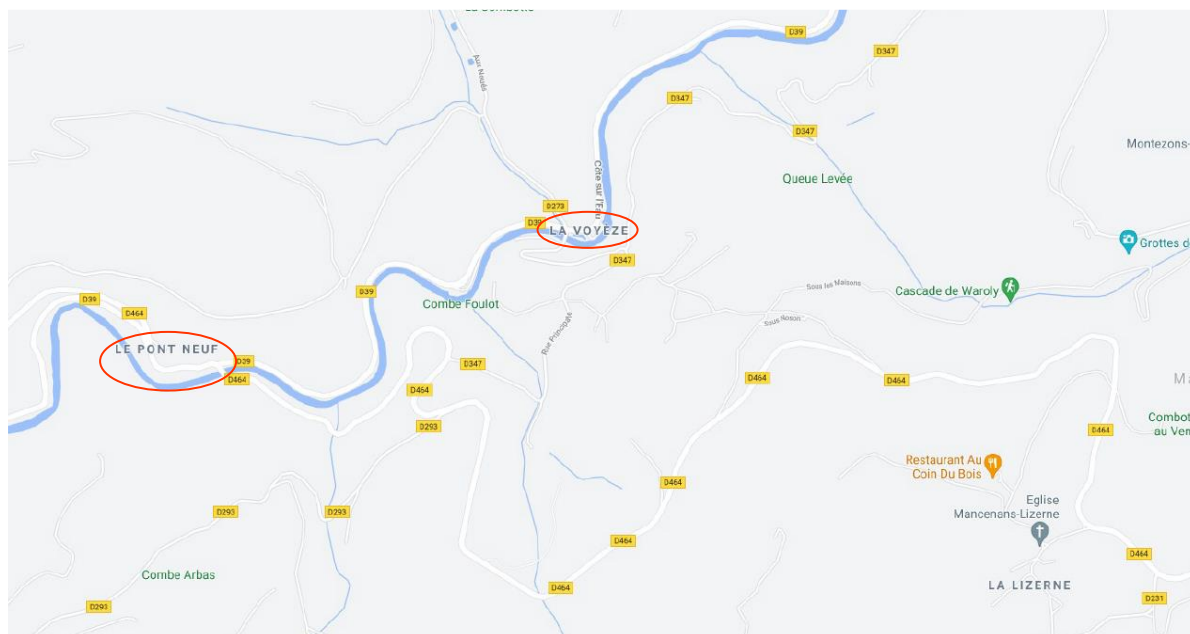
Coupe longitudinale de l'ouvrage avec répartition du poids du tablier par appui

Analyse des charges d'exploitation à reprendre par l'ouvrage

Le pont de la Voyèze est interdit à la circulation poids lourd :



Sa situation particulière dans un réseau routier peu dense l'expose cependant au franchissement occasionnel par des véhicules de PTAC supérieur à 3,5 t qui n'iraient pas jusqu'au « Pont Neuf » situé environ 1,5 km en amont sur le Dessoubre :



Par sécurité nous proposons de retenir les charges LM1 et LM4 définies au chapitre 4 de l'Eurocode 1 – Action sur les structures – Partie 2 : Actions sur les ponts dues au trafic, pour l'estimation de la descente de charges sur les fondations. Cette hypothèse ne présume en rien de la capacité du pont lui-même à reprendre de telles charges.

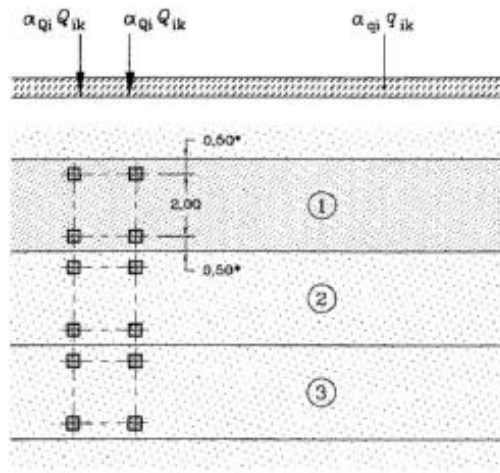
Nombre voie de circulation à prendre en compte suivant article 4.2.3 de l'EC1 partie 2 :

- Largeur de chaussée, $w = 4,20 \text{ m} < 5,40 \text{ m}$, donc une seule voie conventionnelle de trafic et une largeur conventionnelle de voie $w_l = 3,00 \text{ m}$

Chargement LM1 pour la Voie n° 1 : (tableau 4.2 et figure 4.2a)

- Tandem TS : $Q_k = 300 \text{ kN}$ et Système UDL : $q_k = 9 \text{ kN/m}^2$

Page 32
EN 1991-2:2003



Légende

- (1) Voie n° 1 : $Q_{1k} = 300 \text{ kN}$; $q_{1k} = 9 \text{ kN/m}^2$
- (2) Voie n° 2 : $Q_{2k} = 200 \text{ kN}$; $q_{2k} = 2,5 \text{ kN/m}^2$
- (3) Voie n° 3 : $Q_{3k} = 100 \text{ kN}$; $q_{3k} = 2,5 \text{ kN/m}^2$
- * Pour $w_l = 3,00 \text{ m}$

Figure 4.2a — Application du modèle de charge 1

Pour l'évaluation de la charge à reprendre par un appui, il y a donc lieu de placer le convoi au droit de l'appui considéré (300kN) et de prendre en compte la charge complémentaire UDL sur la largeur de voie conventionnelle, dans le cas présent :

- $3,00\text{m larg} \times 10,20 \text{ ml pour une pile} \times q_k = 9 \text{ kN/m}^2 = 275 \text{ kN}$

Chargement LM4 : charge uniformément répartie de 5 kN/m^2 sur la largeur totale du tablier, soit :

- $5,40\text{m larg} \times 10,20 \text{ ml pour une pile} \times 5 \text{ kN/m}^2 = 275 \text{ kN}$

Le chargement LM1 est donc le cas dimensionnant avec une résultante totale au droit d'une pile égale à :

$$Q_{LM1} = TS + UDL = 300 \text{ kN} + 275 \text{ kN}$$

- $Q_{LM1} = 575 \text{ kN}$

Evaluation des contraintes sous les appuis

Evaluation de la DDC ELU au droit de la pile P1 :

$$\begin{aligned} &1,35 \times (G_{\text{pile}} + G_{\text{tablier}}) + 1,50 \times Q_{\text{LM1}} = \\ &1,35 \times (1\,300 + 816) + 1,50 \times 575 = \\ &3\,720 \text{ kN ELU} \end{aligned}$$

La contrainte en sous-face de semelle de fondation peut donc évaluée à :

$$\sigma_{\text{ELU}} = 3\,720 / (6,50 \times 2,50)$$

$$\sigma_{\text{ELU}} = 230 \text{ kPa}$$

Evaluation de la DDC ELU au droit de la pile P2 :

$$\begin{aligned} &1,35 \times (G_{\text{pile}} + G_{\text{tablier}}) + 1,50 \times Q_{\text{LM1}} = \\ &1,35 \times (1\,370 + 816) + 1,50 \times 575 = \\ &3\,814 \text{ kN ELU} \end{aligned}$$

La contrainte en sous-face de semelle de fondation peut donc évaluée à :

$$\sigma_{\text{ELU}} = 3\,814 / (6,50 \times 2,50)$$

$$\sigma_{\text{ELU}} = 235 \text{ kPa}$$

Evaluation de la DDC ELU au droit des culées :

La contrainte en sous-face des semelles des culées est très dépendante de la géométrie des semelles de culées et de la nature des matériaux qui transmettent les charges à l'arrière des culées. Nous proposons de retenir d'une part un chargement triangulaire en sous face de la semelle $1/3 \Leftrightarrow 2/3$

($\sigma_{ELU \max} = 4/3 \times \sigma_{ELU \text{ moy}}$) et d'autre part une semelle générale de 4,50 m x 4,00 m pour C0 et de 4,50 m x 6,00 m pour C3.

La DDC ELU en sous face de semelle peut être évaluée en retenant :

$$1,35 \times (G_{\text{culée}} + G_{\text{tablier}} + G_{\text{poids de terre}}) + 1,50 \times Q_{LM1} =$$

Soit pour C0 : avec 3,00 m de hauteur de terre en chaussée sur la semelle,

$$G_{\text{poids de terre}} = 3,00 \times 4,50 \times 4,00 \times 18 \text{ kN/m}^3 = 972 \text{ kN}$$

$$1,35 \times (850 + 384 + 972) + 1,50 \times 575 =$$

$$3\,841 \text{ kN ELU}$$

La contrainte ELU en sous-face de semelle de fondation de C0 peut donc évaluée à :

$$\sigma_{ELU \max} = 4/3 \times 3\,841 / (4,50 \times 4,00)$$

$$\sigma_{ELU \max} = 285 \text{ kPa}$$

Soit pour C3 : avec 6,50 m de hauteur de terre en chaussée sur la semelle,

$$G_{\text{poids de terre}} = 6,50 \times 4,50 \times 6,00 \times 18 \text{ kN/m}^3 = 3\,159 \text{ kN}$$

$$1,35 \times (2\,160 + 384 + 3\,159) + 1,50 \times 575 =$$

$$8\,562 \text{ kN ELU}$$

La contrainte ELU en sous-face de semelle de fondation de C0 peut donc évaluée à :

$$\sigma_{ELU \max} = 4/3 \times 8\,562 / (4,50 \times 6,00)$$

$$\sigma_{ELU \max} = 425 \text{ kPa}$$

Annexe 5

Résultat des reconnaissances géophysique

Profil transversal au Dessoubre

Aval immédiat du pont de la Voyèze

NORD

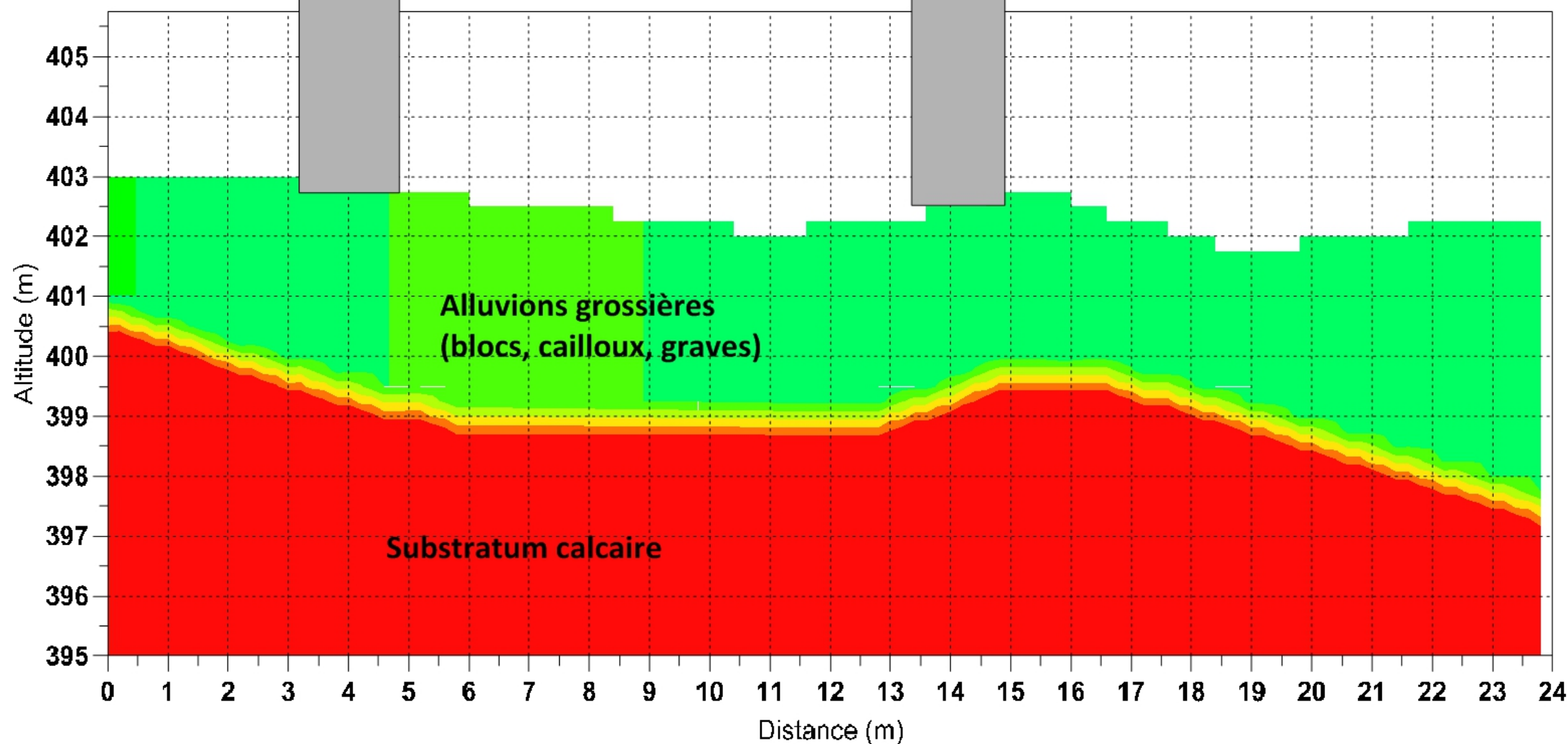
SUD

Culée C0

Pile P1

Pile P2

Culée C3

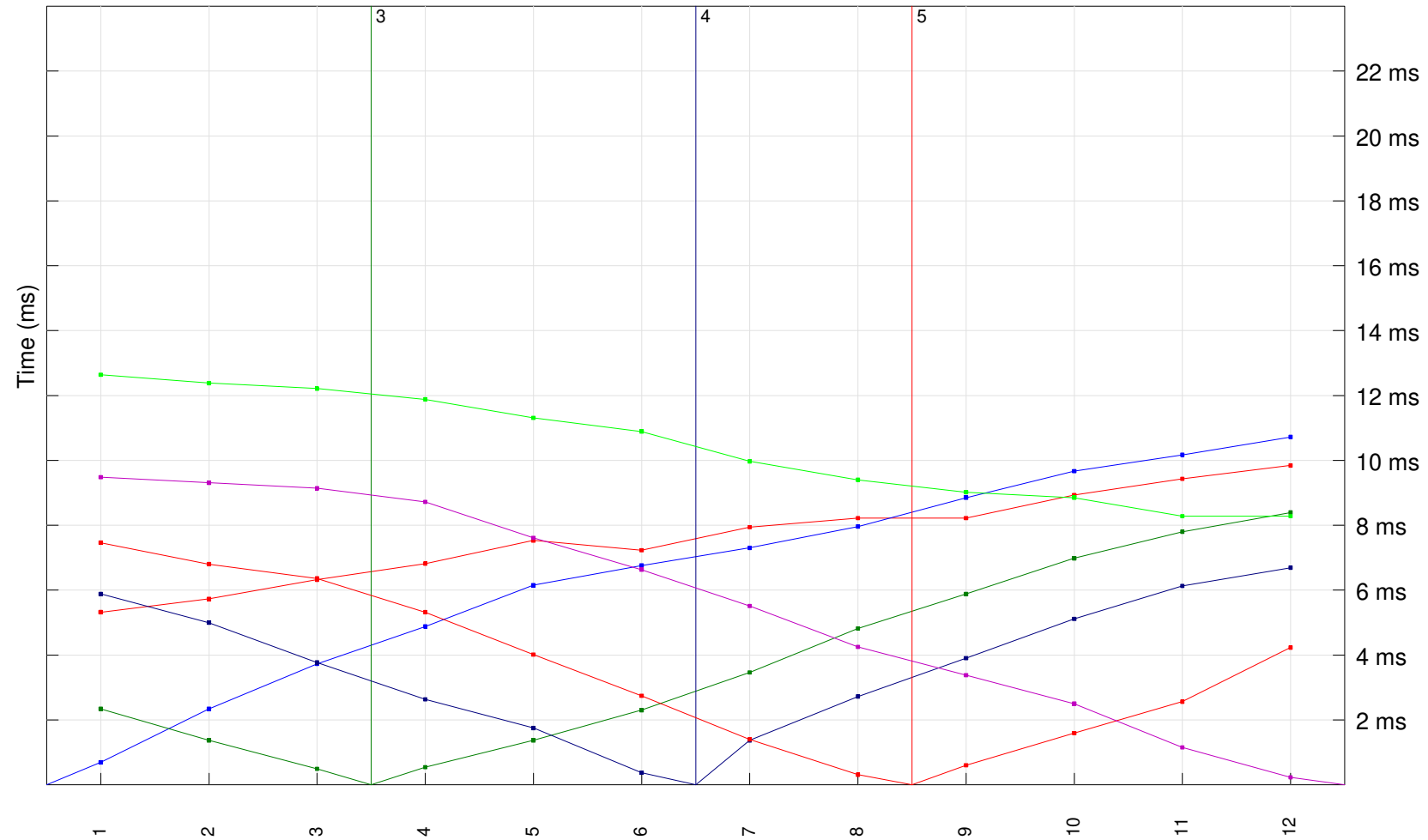


Echelle indicative : 1/500^{ème}

Pont de la Voyèze - Sismique Réfraction - Hodochrones

NORD

SUD



Calculs d'épaisseur

Annexe 6

Résultat des calculs de dimensionnement des micropieux – Pile
P1 et P2

6.1. Modélisation Foxta pour les descentes de charge

6.2. Vérification de la capacité portante

Données

Titre du projet : Descentes de charge micropieux - Solution B

Titre du calcul : DDC - P1 et P2 - solution B

Numéro d'affaire : 21-404 - Pont de la Voyèze

Commentaires : N/A

Mode général : Mode Groupie+

Mode Groupie+ : Mode simplifié

Pas maximal (m) : 0,50

Modifier les paramètres avancés : Non

Définition des pieux

No	XP	YP	Cote tête	α	β	L	D	Liaison	Elx	Ely	ES	Γ
1	2,50	-3,25	402,70	-20,0	0,0	17,00	0,25	Encastré	4,32E03	4,32E03	1,49E06	1,00
2	-2,50	-1,95	402,70	20,0	0,0	17,00	0,25	Encastré	4,32E03	4,32E03	1,49E06	1,00
3	2,50	-0,62	402,70	-20,0	0,0	17,00	0,25	Encastré	4,32E03	4,32E03	1,49E06	1,00
4	-2,50	0,65	402,70	20,0	0,0	17,00	0,25	Encastré	4,32E03	4,32E03	1,49E06	1,00
5	2,50	1,95	402,70	-20,0	0,0	17,00	0,25	Encastré	4,32E03	4,32E03	1,49E06	1,00
6	-2,50	3,25	402,70	20,0	0,0	17,00	0,25	Encastré	4,32E03	4,32E03	1,49E06	1,00

Raideurs additionnelles en pointe de pieux : Non

Type de courbe de réaction : À partir des données pressiométriques

Type de sollicitation latérale : Sollicitations permanentes en tête dominant

Cote de référence (m) : 402,70

Définition du sol

No	Nom	Couleur	Cote base	αY	αX	EM	α	pf*	pl*	qsl	Type de sol	qpl
1	Alluvions		396,70	0,0	0,0	3,10E03	0,50	6,17E02	7,40E02	0,01	Sol granulaire	0,01
2	Calcaire		380,00	0,0	0,0	7,50E04	0,50	2,93E03	3,50E03	165,00	Sol granulaire	0,01

Cas de chargement

No	TX	MY	TY	MX	TZ	MZ
1	0,00	0,00	0,00	0,00	3814,00	0,00

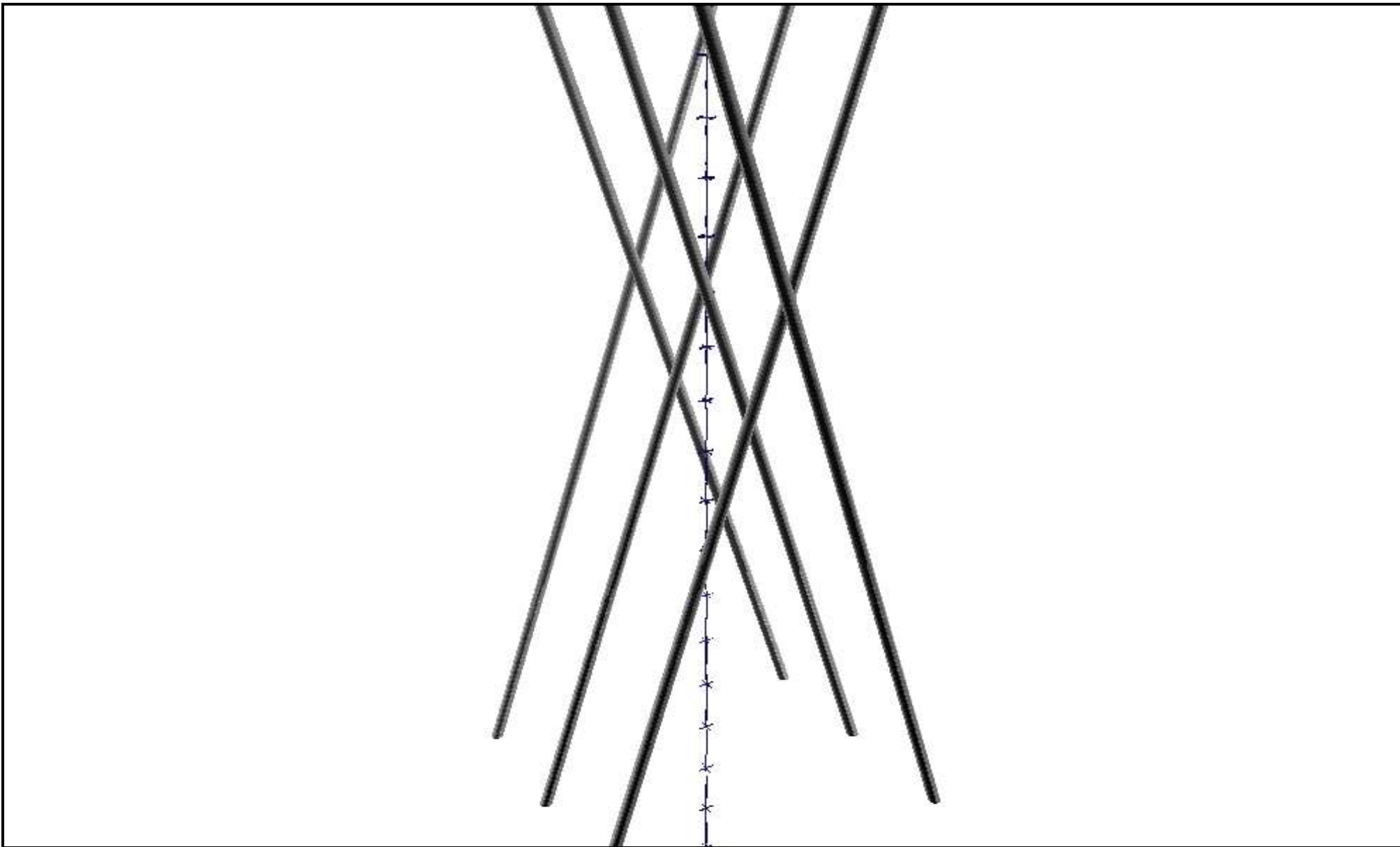


FoXta v3
v3.3.6

Imprimé le : 26/11/2021 - 14:36:30
Calcul réalisé par : GEOLITHE

Projet : 21-404_solutionC_P1_P2_indB
Module : Groupie+
Titre du calcul : DDC - P1 et P2 - solution B

Onglet "Paramètres généraux"



Chargement/déplacement de la semelle

N° cas charge	TX	MY	TY	MX	TZ	MZ	UX	rot/Y	UY	rot/X	UZ	rot/Z
1	0,00	0,00	0,00	0,00	3814,00	0,00	3,696E-06	1,956E-06	-3,809E-06	-6,458E-06	5,241E-03	9,232E-04



FoXta v3
v3.3.6

Imprimé le : 26/11/2021 - 14:36:31
Calcul réalisé par : GEOLITHE

Projet : 21-404_solutionC_P1_P2_indB
Module : Groupie+
Titre du calcul : DDC - P1 et P2 - solution B

Efforts en tête des pieux

N° cas charge	N° pieu	T1	M1	T2	M2	Tz	Mz
1	1	40,416	-25,373	18,449	-10,512	568,174	0,001
1	2	-0,892	0,553	-18,449	10,470	772,442	0,001
1	3	20,414	-12,819	18,449	-10,512	670,502	0,001
1	4	-20,564	12,900	-18,449	10,470	669,824	0,001
1	5	0,869	-0,552	18,449	-10,512	768,264	0,001
1	6	-40,237	25,247	-18,449	10,470	564,656	0,001

Version n° 2,1

Version n° 2,1

Portance limite			
ELU			
Résistance à la compression		R _c ;k	907 kN
Résistance à la traction		R _t ;k	747 kN
ELU durable et transitoire		Compression R _c ;d	825 kN
		Traction R _t ;d	650 kN
ELU accidentel		Compression R _c ;d	907 kN
		Traction R _t ;d	711 kN
ELU sismique		Compression R _c ;d	825 kN
		Traction R _t ;d	650 kN
ELS			
Charge de fluage à la compression		R _c ;cr;k	635 kN
Charge de fluage à la traction		R _t ;cr;k	523 kN
ELS quasi-permanent		Compression R _c ;cr;d	577 kN
		Traction R _t ;cr;d	348,6 kN
ELS caractéristique		Compression R _c ;cr;d	706 kN
		Traction R _t ;cr;d	475 kN

Annexe 7

Résultat des calculs de dimensionnement des micropieux – Culée
C3

6.1. Modélisation Foxta pour les descentes de charge

6.2. Vérification de la capacité portante

Données

Titre du projet : Descentes de charge - Solution B

Titre du calcul : DDC C3 - Solution B

Numéro d'affaire : 21-404 - Pont de la Voyèze

Commentaires : N/A

Mode général : Mode Groupie+

Mode Groupie+ : Mode simplifié

Pas maximal (m) : 0,50

Modifier les paramètres avancés : Non

Définition des pieux

No	XP	YP	Cote tête	α	β	L	D	Liaison	Elx	Ely	ES	Γ
1	0,00	0,60	401,90	20,0	0,0	16,00	0,25	Encastré	4,32E03	4,32E03	1,49E06	1,00
2	0,00	1,80	401,90	20,0	0,0	16,00	0,25	Encastré	4,32E03	4,32E03	1,49E06	1,00
3	0,00	3,00	401,90	20,0	0,0	16,00	0,25	Encastré	4,32E03	4,32E03	1,49E06	1,00
4	0,00	-0,60	401,90	20,0	0,0	16,00	0,25	Encastré	4,32E03	4,32E03	1,49E06	1,00
5	0,00	-1,80	401,90	20,0	0,0	16,00	0,25	Encastré	4,32E03	4,32E03	1,49E06	1,00
6	0,00	-3,00	401,90	20,0	0,0	16,00	0,25	Encastré	4,32E03	4,32E03	1,49E06	1,00
7	0,00	0,00	401,90	0,0	0,0	20,00	0,25	Encastré	1,00E10	1,00E10	1,00E-01	1,00

Raideurs additionnelles en pointe de pieux : Non

Type de courbe de réaction : À partir des données pressiométriques

Type de sollicitation latérale : Sollicitations permanentes en tête dominant

Cote de référence (m) : 401,90

Définition du sol

No	Nom	Couleur	Cote base	αY	αX	EM	α	pf*	pl*	qsl	Type de sol	qpl
1	Alluvions		396,70	0,0	0,0	3,10E03	0,50	6,17E02	7,40E02	0,01	Sol granulaire	0,01
2	Calcaire		380,00	0,0	0,0	7,50E04	0,50	2,93E03	3,50E03	165,00	Sol granulaire	0,01

Cas de chargement

No	TX	MY	TY	MX	TZ	MZ
1	0,00	0,00	0,00	0,00	3434,00	0,00

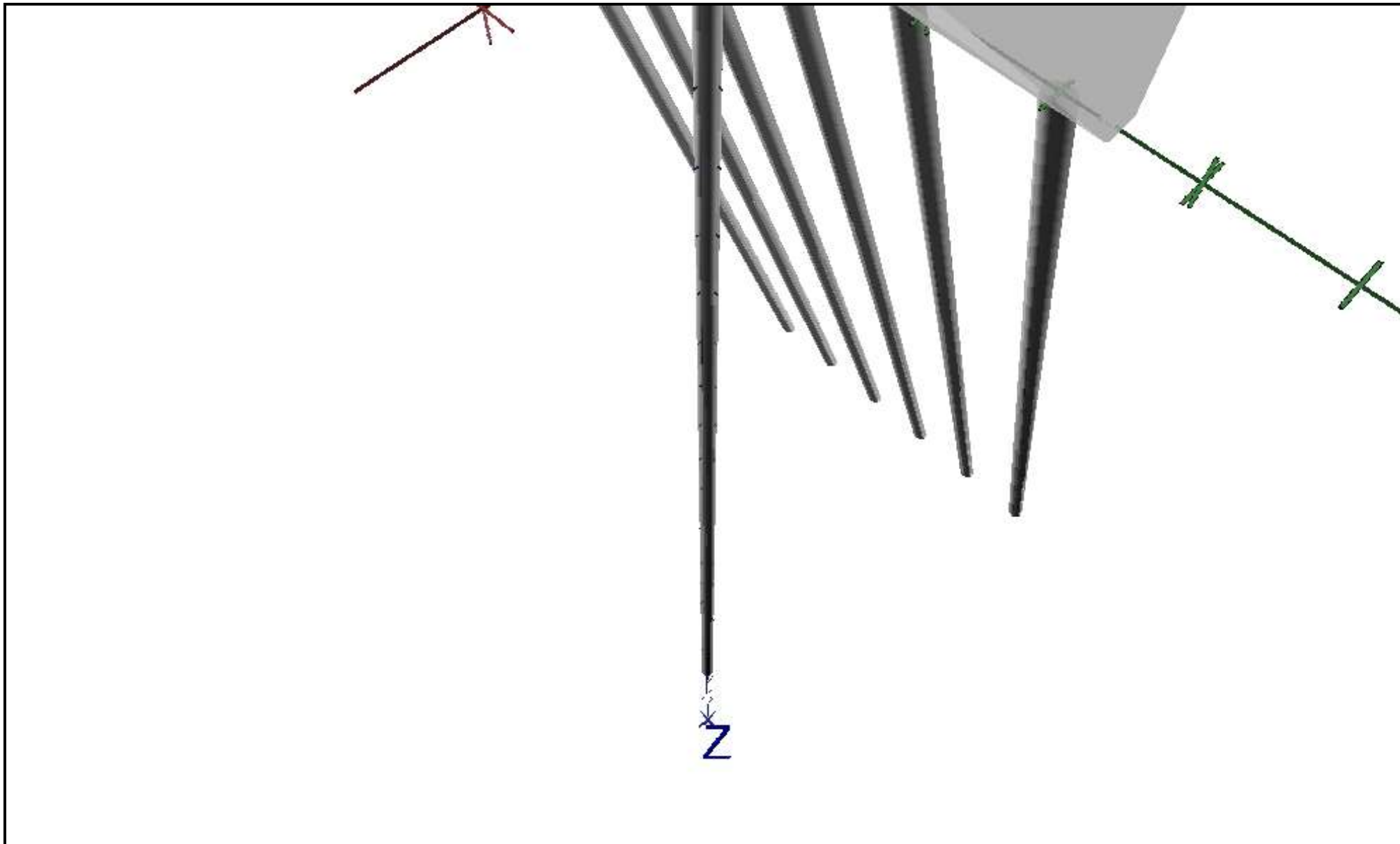


FoXta v3
v3.3.6

Imprimé le : 26/11/2021 - 14:38:22
Calcul réalisé par : GEOLITHE

Projet : 21-404_solutionC_C3_indA_test
Module : Groupie+
Titre du calcul : DDC C3 - Solution B

Onglet "Paramètres généraux"



Chargement/déplacement de la semelle

N° cas charge	TX	MY	TY	MX	TZ	MZ	UX	rot/Y	UY	rot/X	UZ	rot/Z
1	0,00	0,00	0,00	0,00	3434,00	0,00	-3,524E-03	2,545E-04	-6,000E-16	-4,288E-17	5,297E-03	-2,164E-16



FoXta v3
v3.3.6

Imprimé le : 26/11/2021 - 14:38:23
Calcul réalisé par : GEOLITHE

Projet : 21-404_solutionC_C3_indA_test
Module : Groupie+
Titre du calcul : DDC C3 - Solution B

Efforts en tête des pieux

N° cas charge	N° pieu	T1	M1	T2	M2	Tz	Mz
1	1	-43,410	26,372	0,000	-0,000	593,264	0,000
1	2	-43,410	26,372	-0,000	0,000	593,264	-0,000
1	3	-43,410	26,372	-0,000	0,000	593,264	-0,000
1	4	-43,410	26,372	-0,000	0,000	593,264	-0,000
1	5	-43,410	26,372	-0,000	0,000	593,264	-0,000
1	6	-43,410	26,372	-0,000	0,000	593,264	-0,000
1	7	-972,696	-158,230	-0,000	0,000	0,003	-0,000

Version n° 2,1

Version n° 2,1Version n° 2,1Version n° 2,1Version n° 2,1

Annexe 8

Calcul de la charge critique de flambement – Vérification du
flambement

Données

Titre du projet : Descentes de charge - Solution B

Numéro d'affaire : 21-404 - Pont de la Voyèze

Commentaires : N/A

Titre du calcul : Titre du calcul (pieu n°1)

Type de calcul : Calcul spécifique de flambement
à partir des données pressiométriques (élastique)

Cote de référence (m) : 401,90

Inclinaison du pieu (°) : 20,0

Nb d'incréments : 20

Nb d'itérations par incrément : 100

Définition des couches de sol

No	Nom	Couleur	Zbase	EM	α	B
1	eau		398,90	1,00E-04	0,50	0,25
2	alluvions		395,90	3,10E03	0,50	0,25
3	calcaire		384,90	7,50E04	0,50	0,25

Discretisation

Nom	h	EI	n
eau	3,00	4,30E03	10
alluvions	3,00	4,30E03	10
calcaire	11,00	4,30E03	10

Charges ponctuelles

No	Z	K	C
0	401,90	1,00E10	1,00E10
1	398,90	0,00E00	0,00E00
2	395,90	0,00E00	0,00E00
3	384,90	0,00E00	0,00E00

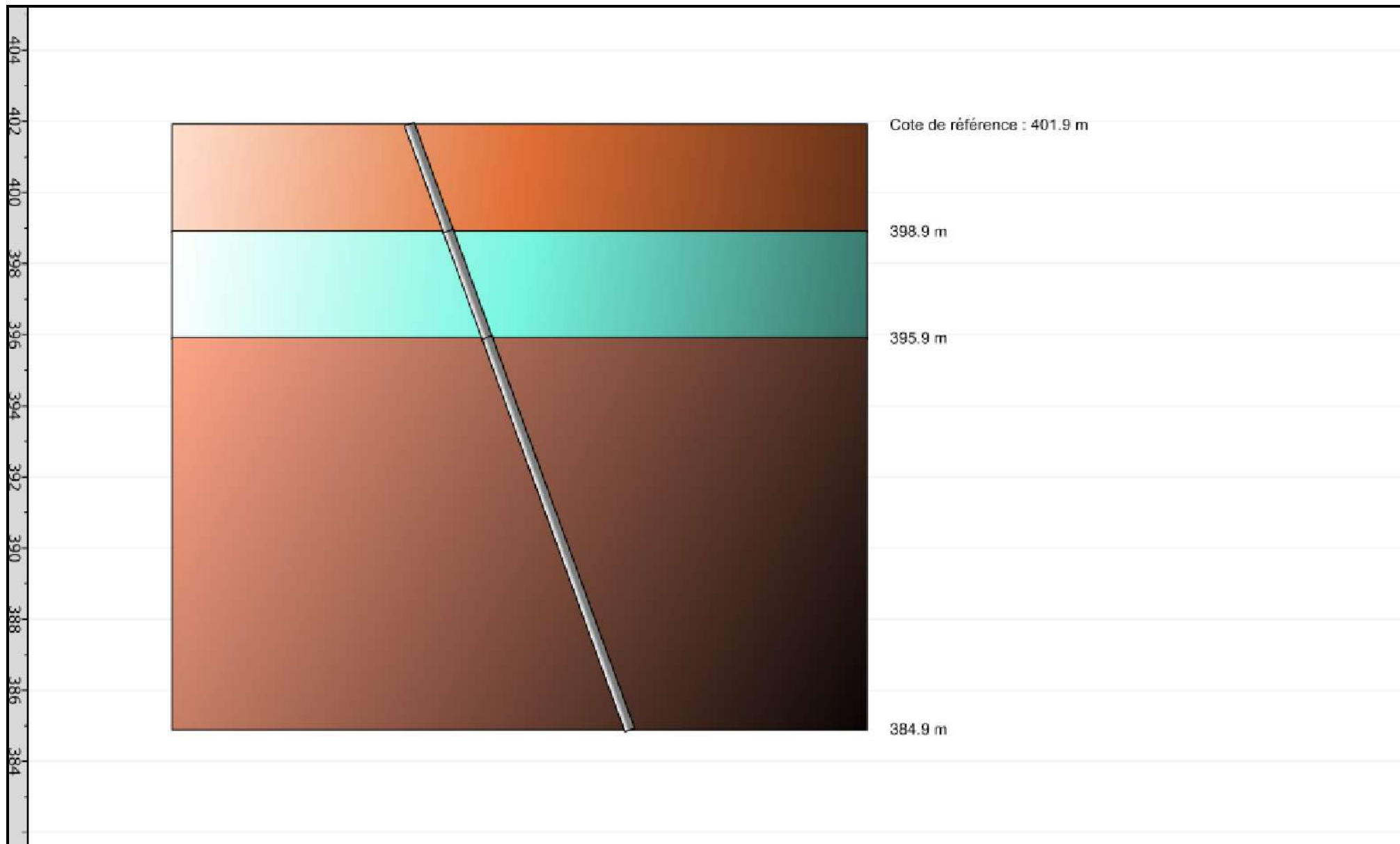


FoXta v3
v3.3.6

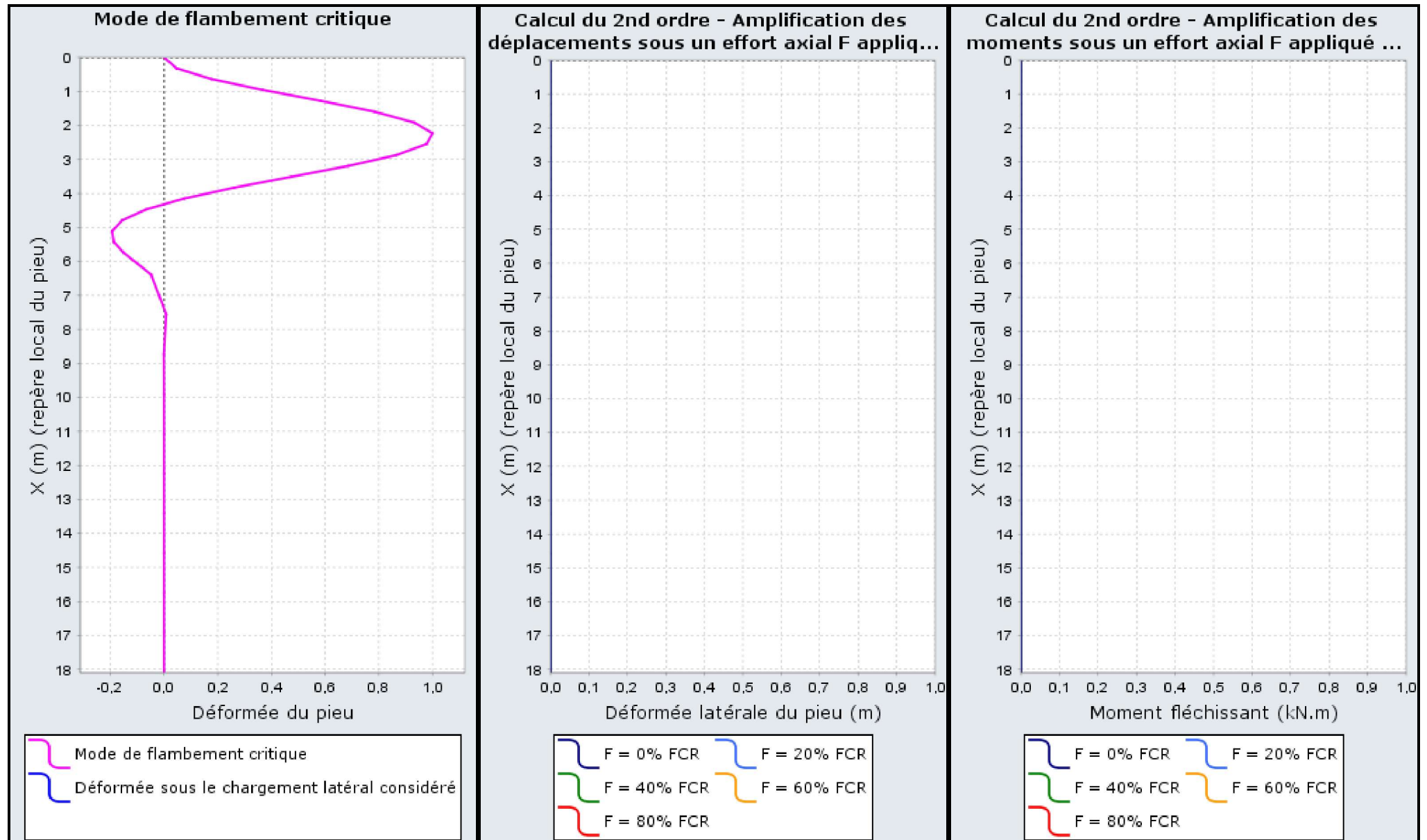
Imprimé le : 26/11/2021 - 14:37:31
Calcul réalisé par : GEOLITHE

Projet : 21-404_solutionC_C3_indA_test
Module : Piecoef+ (Pieu 1/1)
Titre du calcul : Titre du calcul

Onglet "Paramètres généraux"



Résultats de flambement (Charge critique de flambement FCR = 7954 kN)



Annexe 9

Compte rendu des reconnaissances complémentaires

Opération : Confortement du pont de la Voyèze – Reconnaissances complémentaires

Résultats des reconnaissances complémentaires – octobre 2021

Rédactrice : E. MAGAT

Objet de la note

Cette note a été rédigée par le bureau d'étude Géolithe pour le compte et à la demande du Syndicat Mixte du Doubs Dessoubre (SMDD) dans le cadre du projet d'effacement du seuil de la Voyèze.

Elle présente les résultats des reconnaissances complémentaires réalisées au niveau du pont de la Voyèze fin octobre 2021.

Cette note fait suite aux éléments suivants :

- Reconnaissances géophysiques et analyse structurelle, 09/06/2021
- Etude géotechnique de projet, G2-PRO, indA, 23/09/2021

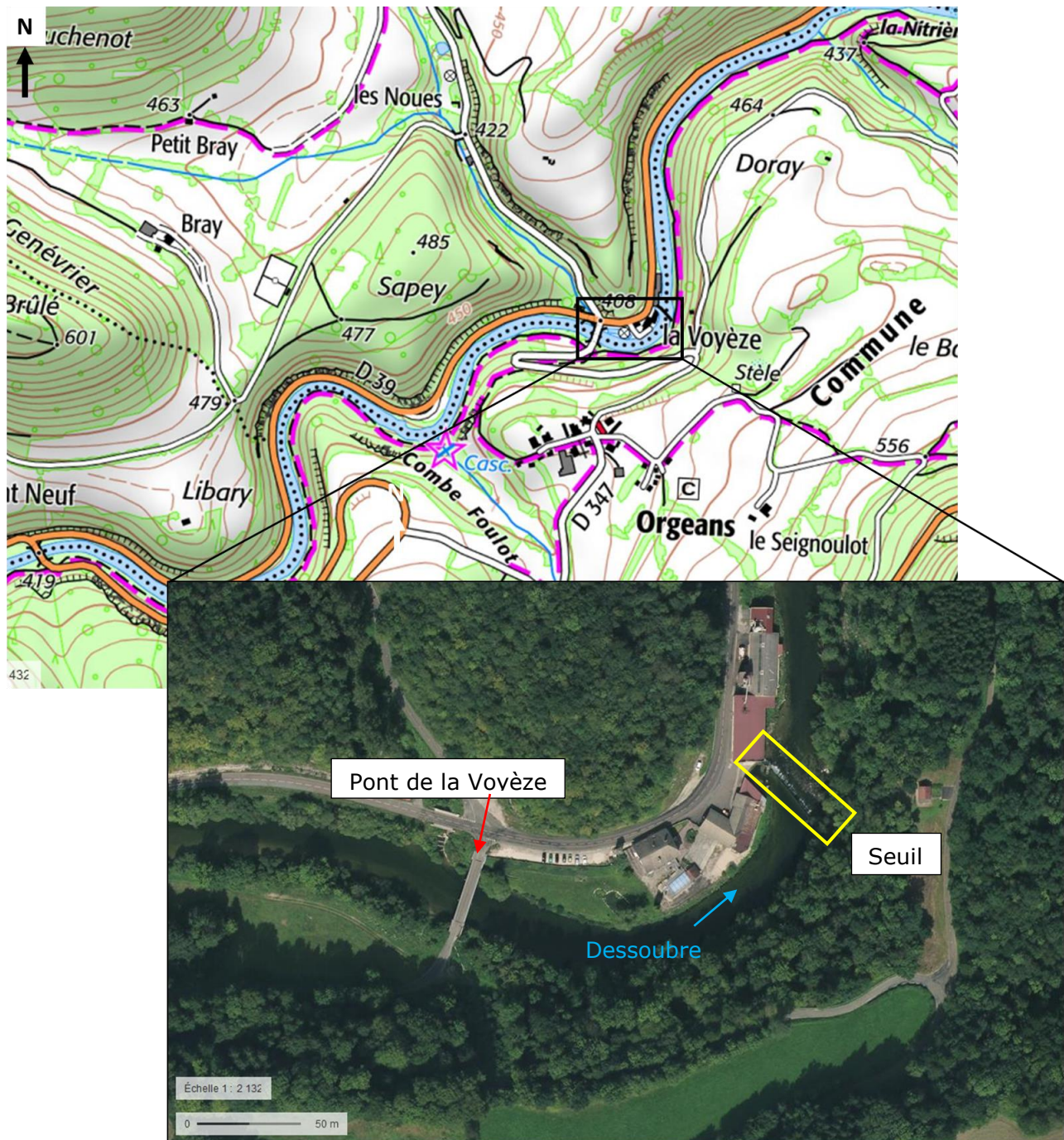
Pour rappel, les reconnaissances complémentaires avaient pour objectif de préciser les conditions de fondations du pont de la Voyèze (position de la base des piles et de la culée C3 vis-à-vis du substratum rocheux).



Vue d'ensemble

1. Localisation et récapitulatif des reconnaissances

Le pont de la Voyèze est situé dans le cours du Dessoubre sur les communes de Vaclusotte et d'Orgeans-Blanchefontaine au lieu-dit La Voyèze. L'ouvrage est situé en amont du seuil de la Voyèze. La localisation de ces éléments est détaillée ci-dessous :



Localisation du site d'étude (source : geoportail.gouv.fr)

Les reconnaissances complémentaires ont consisté à réaliser 3 sondages de 10 m de profondeur réalisés dans la culée sud et les deux piles du pont afin de traverser la fondation et de reconnaître la nature des terrains sous-jacents.

Les sondages ont été réalisés par l'entreprise ECR Environnement du 25 au 29 octobre 2021, intervenant en tant que sous-traitant de GEOLITHE.

La nature des matériaux rencontrés n'a pas permis de réaliser les sondages carottés toute hauteur. Le type de sondages a été ajusté en forages destructifs en cours d'intervention de façon à permettre d'atteindre le toit du substratum rocheux.

Légende :

Sondages carottés (SC) prolongés en sondage destructif (SD) : 



Plan d'implantation des sondages (source : ECR Environnement)

Sondage	Profondeur carottage	Profondeur totale sondage
SC1-SD1 – Pile P1	7 m	11,9 m
SC2-SD2 – Pile P2	8 m	13,2 m
SC3-SD3 – Culée C3	9 m	10,6 m

Le détail des sondages est disponible en fin de rapport.

2. Résultats des reconnaissances

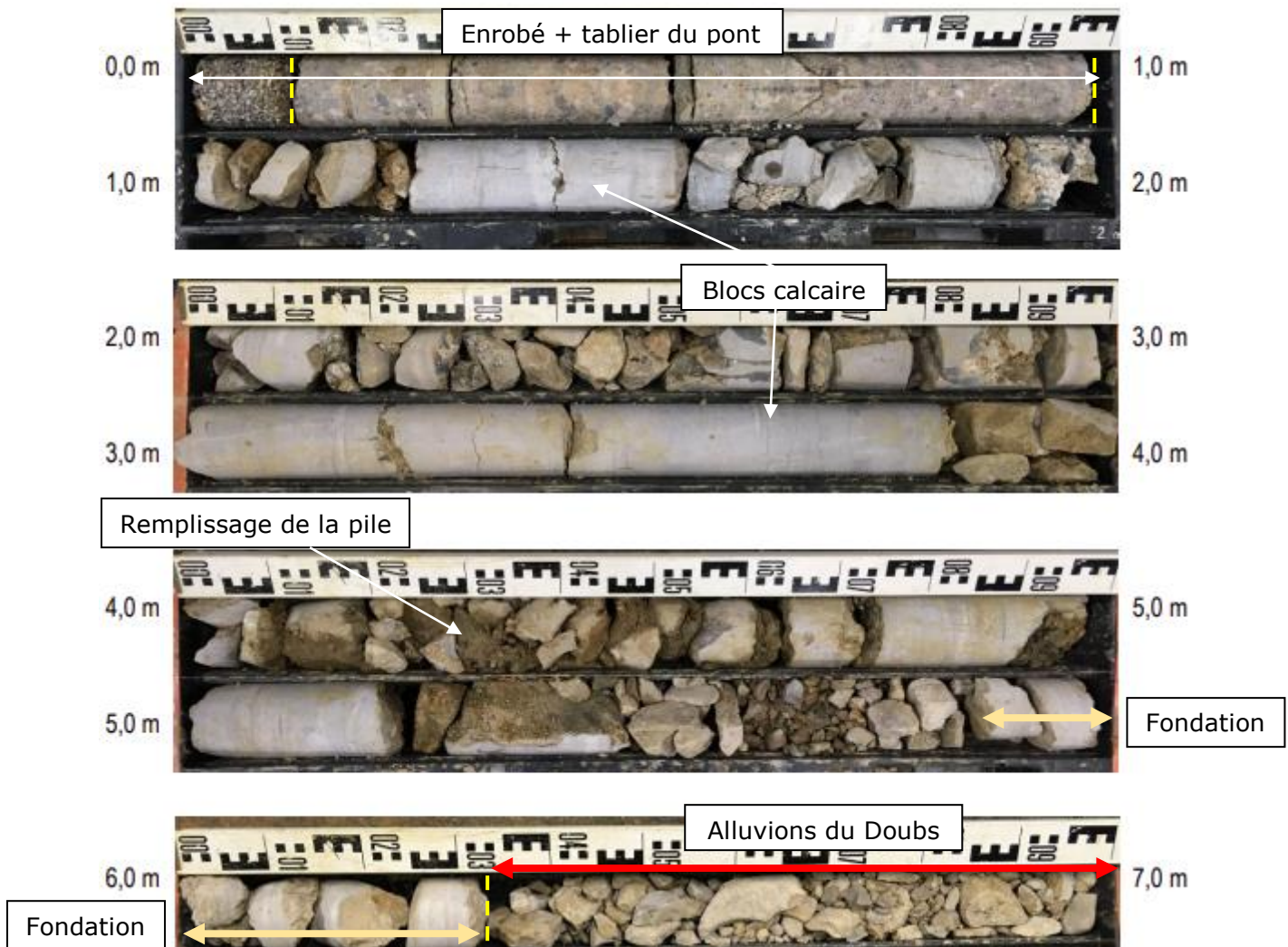
Les reconnaissances ont mis en évidence la succession lithologique suivante :

Pile P1 :

- 0 - 0,1 m : enrobé
- 0,1 - 1 m : béton armé correspondant à l'épaisseur du tablier du pont
- 1 - 6,3 m : Blocs calcaires plus ou moins friable avec une matrice argileuse brune
- 6,3 - 11,3 m : alluvions sablo-graveleux du Doubs, matrice fine potentiellement délavée par le carottage
- A partir de 11,3 : calcaire +/- fracturé

La pile P1 est fondée superficiellement sur les alluvions (6 m d'épaisseur au droit du sondage). Elle est constituée par une enceinte en maçonnerie jointoyée (reconnue comme des blocs calcaire dans les sondages) avec un remplissage en remblais en blocs. Il peut s'agir d'alluvions du Doubs prélevés dans le lit de la rivière lors de la réalisation du pont ou de matériaux d'apport provenant de carrières avoisinantes.

La fondation, en blocs calcaires, est reconnue sur 0,5 m d'épaisseur.



Photographie des carottes SC1 - pile P1

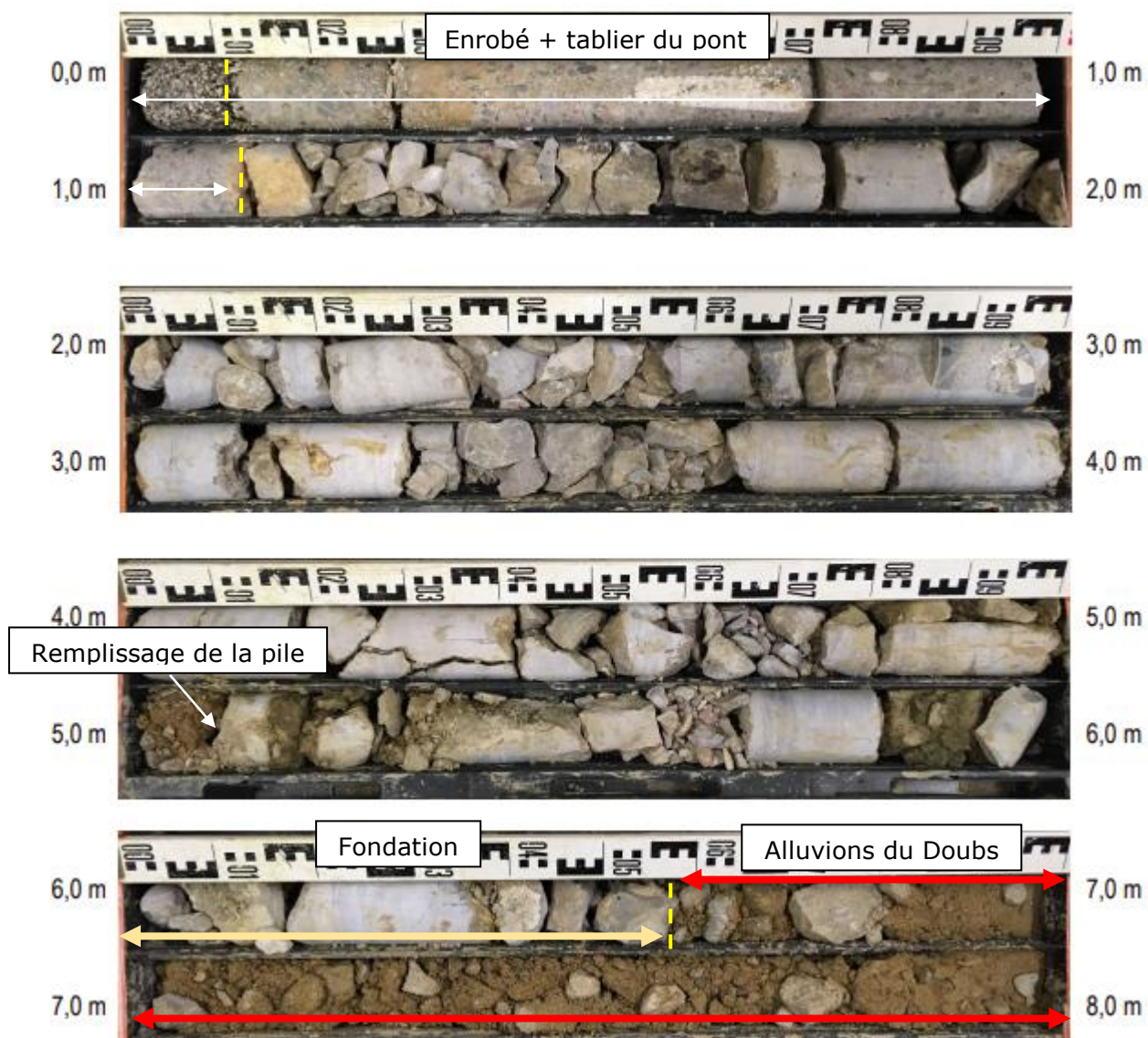
Pile P2 :

- 0 - 0,1 m : enrobé
- 0,1 - 1,1 m : béton armé correspondant au tablier du pont. L'épaisseur du tablier varie en fonction de la position du sondage du fait de la forme du tablier
- 1,1 - 6,6 m : matériaux de remplissage (blocs calcaires plus ou moins friable avec une matrice argileuse brune)
- 6,6 - 11,6 m : alluvions sablo-graveleux du Doubs (sable et gravier)
- A partir de 11,6 : calcaire +/- fracturé

La pile P2 est fondée superficiellement sur les alluvions (5,2 m d'épaisseur au droit du sondage). Elle est constituée par une enceinte en maçonnerie jointoyée (reconnue comme des blocs calcaire dans les sondages) avec un remplissage en remblais (reconnus dans les sondages par des blocs calcaires fracturés dans une matrice argileuse brune en proportion variable). Il peut s'agir d'alluvions du Doubs prélevés dans le lit de la rivière lors de la réalisation du pont ou de matériaux d'apport provenant de carrières avoisinantes.

La fondation, en blocs calcaires, est reconnue sur 0,6 m d'épaisseur.

Ce sondage a été réalisé plus proche du bord de la pile (donc du parement périphérique en maçonnerie), ce qui pourrait expliquer la proportion plus importante de blocs calcaire par rapport à la pile P1.



Photographie des carottes SC2 – pile P2

Culée C3 :

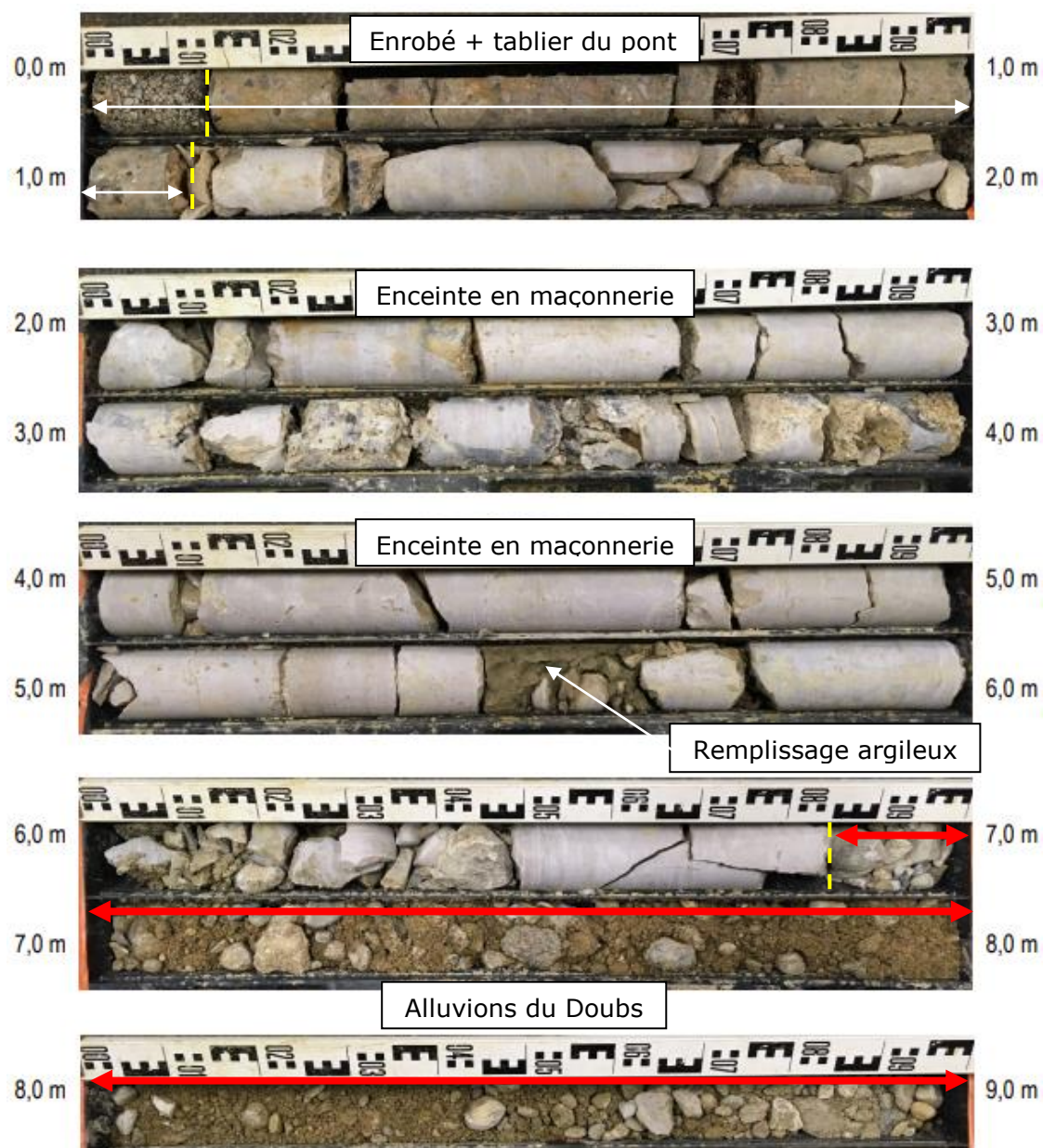
- 0 - 0,14 m : Enrobé
- 0,14 – 1,1 m : Béton armé correspondant au tablier du pont. L'épaisseur du tablier varie en fonction de la position du sondage du fait de la forme du tablier
- 1,1 - 6,9 m : blocs calcaires plus ou moins friables avec une matrice argileuse brune
- 6,9 – 10,6 m : Sable et gravier, passage argileux correspondant aux alluvions du Doubs

La culée C3 est fondée superficiellement sur les alluvions du Doubs.

Le toit du calcaire n'a pas été atteint. Les reconnaissances précédentes effectuées à proximité de la culée indiquent le calcaire à partir de 398,8 m NGF soit à 9,90 m de profondeur. Il y a donc un approfondissement local du calcaire au droit de la culée C3.

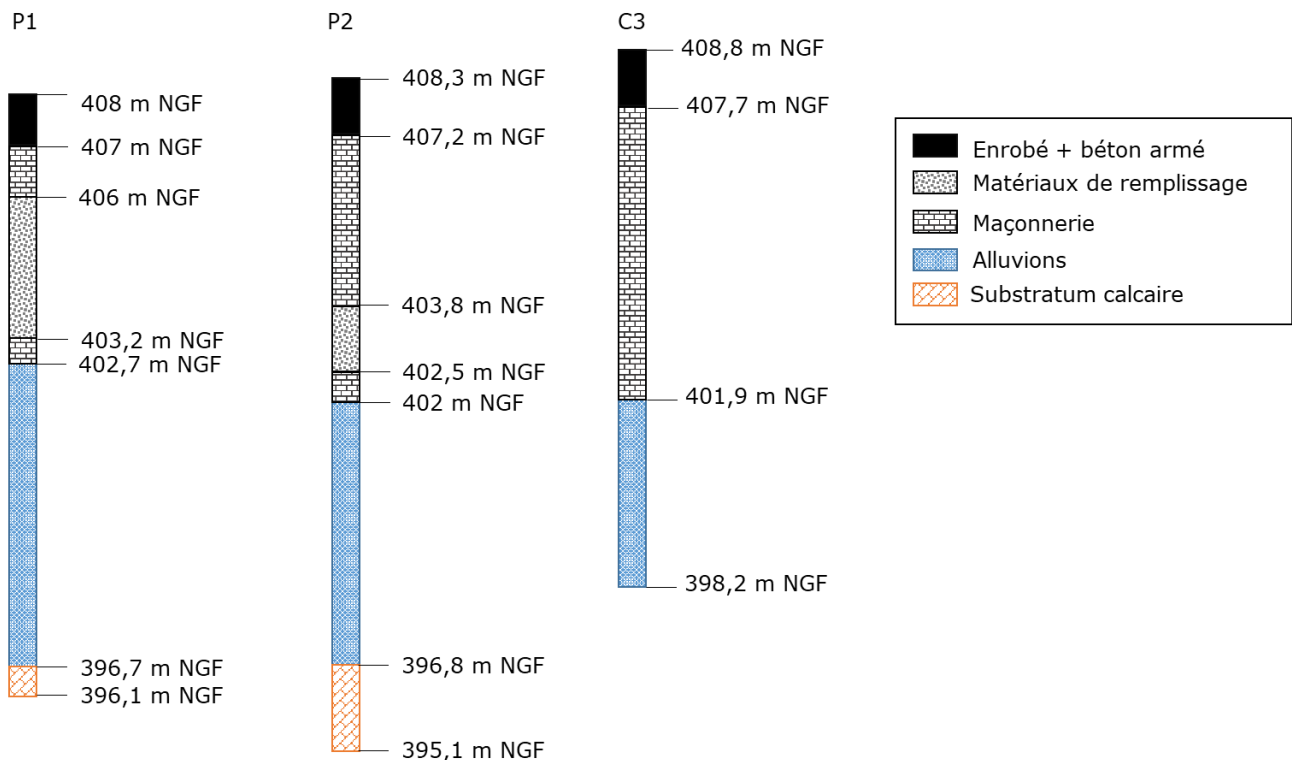
Le sondage a été réalisé dans le parement en maçonnerie. Les matériaux de remplissage à l'arrière ne sont donc pas visibles.

A noter la présence de remplissage argileux au sein des blocs calcaires, pouvant témoigner d'une circulation d'eau au sein de la culée entraînant les fines du terrain adjacent.



Photographie des carottes SC3 – culée C3

3. Synthèse des reconnaissances complémentaires



Synthèse de résultats des sondages

4. Observations lors de la visite du 26/10/2021

Lors de la visite réalisée par GEOLITHE en cours d'intervention, le forage SC2 au droit de la pile P2 était en cours de réalisation. La bonne visibilité dans l'eau a permis d'observer les confortements en béton réalisés en 2009 entourant les piles P1 et P2. Ces confortements, larges d'environ 2 sur 0,5 m d'épaisseur, sont affouillés. L'affouillement au droit de P2 semble plus important qu'au droit de la pile P1. Pour rappel, aucun document relatif à ces travaux n'est disponible.



Vue de la base de la pile P1 depuis la culée C0

Lors du forage, des poussières en suspension sont visibles dans le cours de la rivière au droit de la pile. Cela est en lien avec les cuttings provoqués par la foration. Cela confirme l'existence d'une circulation entre l'intérieur des piles et le cours de la rivière, en lien avec la fracturation et/ou disjointoiment des blocs calcaire constituant le parement en maçonnerie et les fondations.

Les résidus de poussière se sont déposés dans le fond de la rivière sur 10-15 m en aval du pont après le forage. La perturbation du cours d'eau reste limitée.



Vue depuis la pile P2 lors de la foration (26/10/2021)

Remarque :

Suite à d'importantes pertes de coulis de bentonite ciment dans la culée lors du remplissage de la culée C3, le rebouchage des forages a été réalisé en base et en tête par un bouchon étanche (pas de rebouchage du forage sur l'intégralité de la pile/culée). A noter que ces pertes ne sont pas retrouvées dans le cours d'eau.

5. Conclusion

L'approfondissement du calcaire du sud vers le nord n'est pas vérifié dans les résultats obtenus.

Les deux piles et la culée sont fondées superficiellement sur les alluvions du *Doubs*.

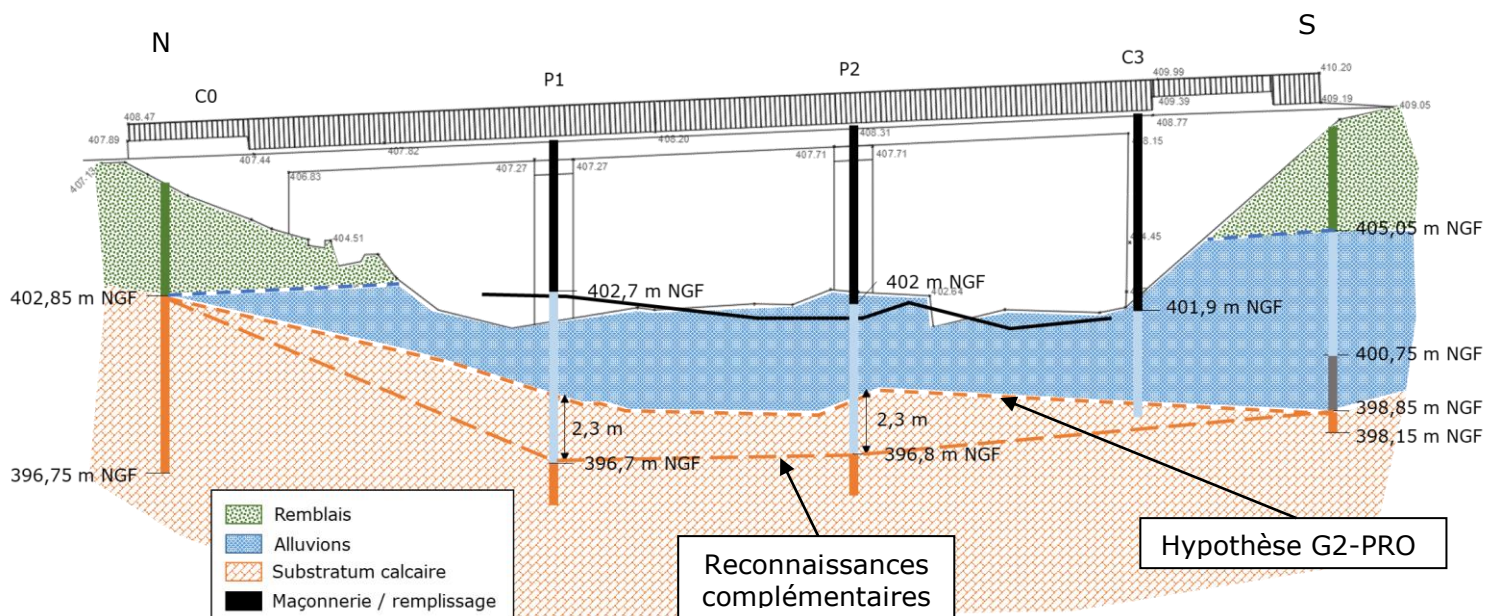
Elles sont visiblement constituées d'un parement en maçonnerie de blocs calcaires jointoyés avec un remplissage intérieur en remblais à blocs pouvant présenter une matrice fine en proportion variable (sable, argile, pierre et blocs fractionnés).

Malgré le confortement réalisé en 2009, un affouillement se produit au droit des piles P1 et P2 sous la gangue béton. La suppression du seuil, telle qu'envisagée viendra aggraver le phénomène et conduira à un risque d'affouillement plus élevé sur les piles et la culée par rapport à l'état actuel.

Le confortement des appuis du pont tel qu'évoqué lors de l'étude G2-PRO est donc à envisager. Les résultats des reconnaissances complémentaires d'octobre 2021 montrent des épaisseurs d'alluvions différentes des hypothèses retenues lors du dimensionnement en phase projet, avec une sur-profondeur du toit des calcaires identifiée au droit des 2 piles. Au niveau de la culée C3, et bien que non identifiée à ce stade, une surprofondeur est également probable.

De ce fait, les micropieux à réaliser en confortement seront plus longs que ceux dimensionnés dans l'étude G2 PRO actuelle. Une mise à jour de cette étude paraît souhaitable.

Dans tous les cas, les études géotechniques d'exécution devront prendre en compte les résultats de ces sondages dans le dimensionnement des micropieux. Notamment, les épaisseurs d'alluvions diffèrent des hypothèses.



Synthèse de reconnaissances au droit du pont de la Voyèze

ANNEXES

PLAN D'IMPLANTATION DES SONDAGES

Affaire : Reconnaissances géotechniques complémentaires au droit du Pont de la Voyère à VAUCLUSOTTE (25)

Client : SYNDICAT MIXTE DOUBS DESSOUBRE / GEOLITHE

N° Dossier : 2501476



Légende :

Sondages carottés (SC) prolongés en sondage destructif (SD) : 



(Contrat 2501476)

SYNDICAT MIXTE DOUBS DESSOUBRE / GEOLITHE
Reconnaitssances géotechniques complémentaires au
droit du Pont de la Voyère à VAUCLUSOTTE (25)

Date : 28/10/2021

Machine : Ecofore CE 302G

Profondeur : 0,00 - 7,00 m

1/40

Forage : SC - PILE 1

EXGTE 3.20/GTE

Prof. (m)		Lithologie	Formati on	Outil	Pourcentage de récupération
0,12 m 0		Enrobé monocouche	Enrobé	Carottier rotatif Ø 116 mm	100 %
0,28 m		0,12 m Béton armé (granulats Ømax = 20mm)	Béton armé		
		0,28 m Béton armé (granulats Ømax = 20mm)			
1,00 m 1		1,00 m Béton armé (granulats Ømax = 20mm)	1,00 m		
1,24 m		1,24 m Blocs calcaires gris à ciment gris brun friable	Maçonnerie		
1,55 m		1,55 m Blocs calcaires gris			
2		Blocs calcaires gris à ciment gris brun friable			
3,00 m 3		3,00 m Blocs calcaires gris			
3,84 m		3,84 m			
4		Blocs calcaires gris à ciment friable ou matrice argileuse brune			
5					
6					
6,32 m		6,32 m	6,32 m		
		Galets calcaires alluvionnaires (matrice sableuse délavée)	Terrain naturel		
7,00 m 7		7,00 m	7,00 m	7,00 m	

Planche photos du sondage carotté SC - PILE 1

Affaire : Reconnaissances géotechniques complémentaires au droit du Pont de la Voyère à VAUCLUSOTTE
(25)

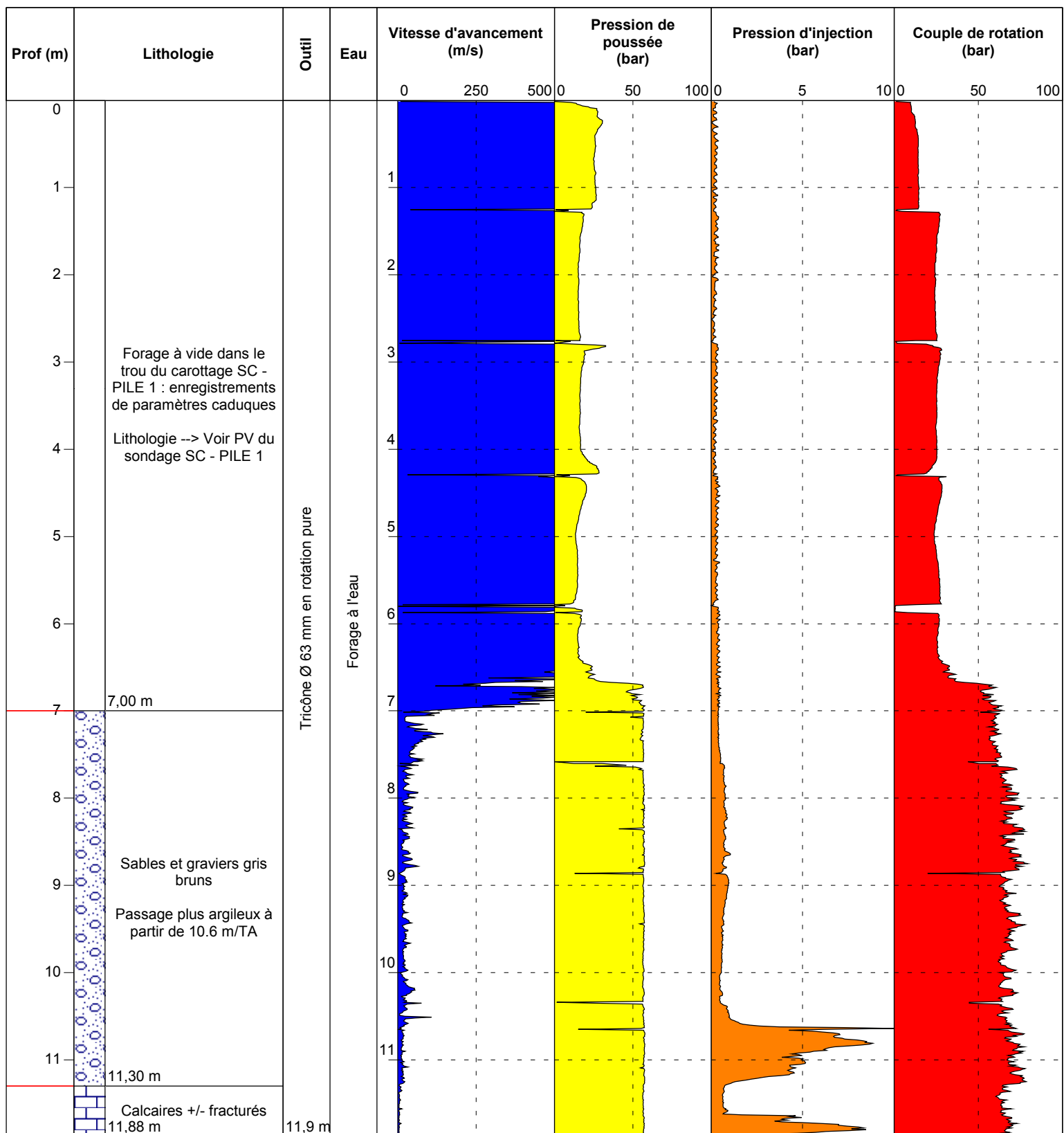
Client : SYNDICAT MIXTE DOUBS DESSOUBRE / GEOLITHE

Dossier : 2501476



Forage : SD - PILE 1

EXGTE 3.20/LB2EPF584FR



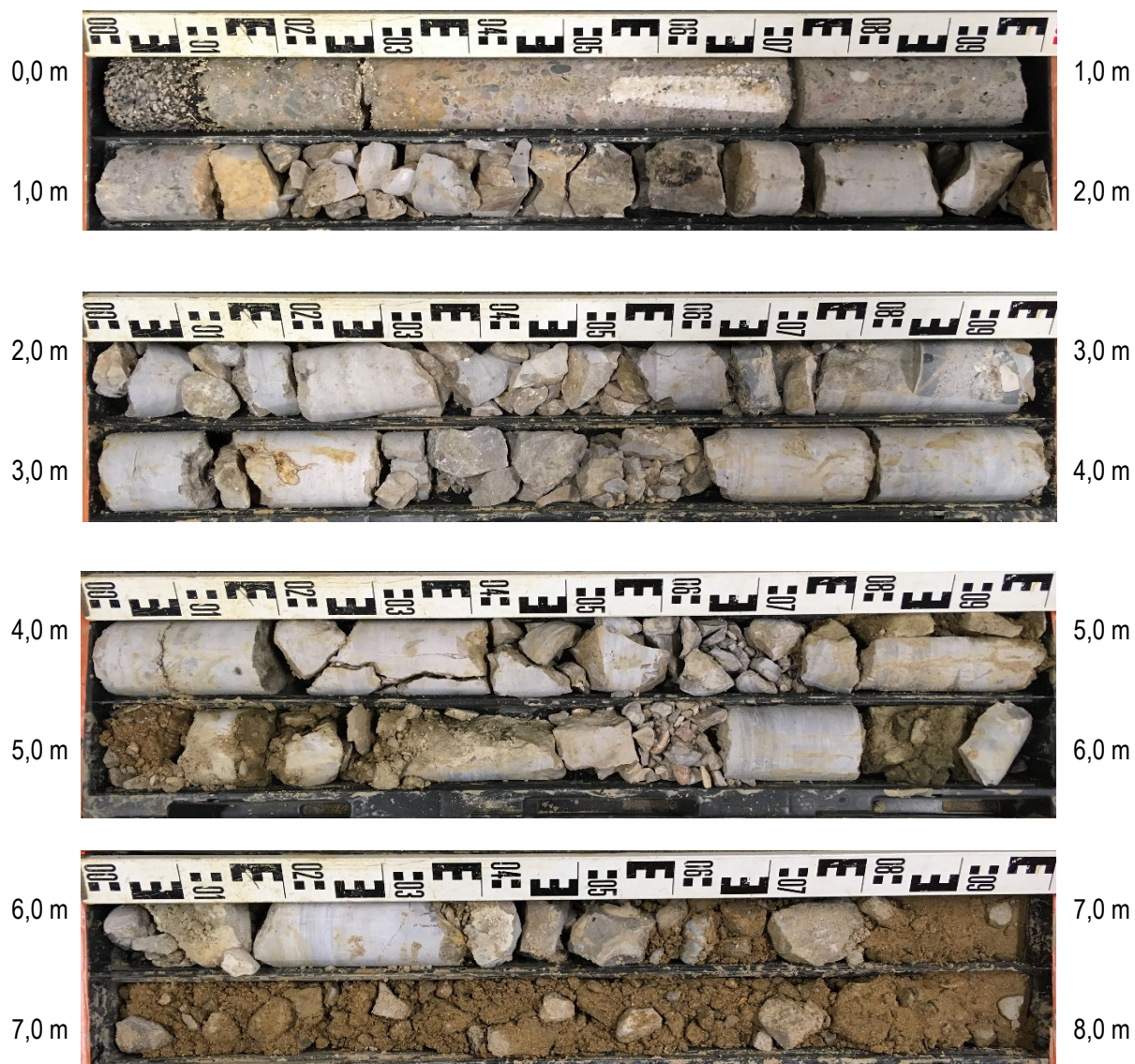
Prof. (m)		Lithologie	Formati on	Outil	Pourcentage de récupération		
0,12 m 0		Enrobé monocouche	Enrobé	Carottier rotatif Ø 116 mm	100 %		
0,28 m		0,12 m	Béton armé				
		Béton armé (granulats Ømax = 20mm)					
		0,28 m					
		Béton armé (granulats Ømax = 20mm) Traces de polystyrène dans les fractures	1,12 m				
1,12 m 1		1,12 m					
2		Blocs calcaires gris à ciment gris brun friable en majorité lessivé	Maçonnerie				
3							
3,65 m		3,65 m					
		Blocs calcaires gris					
4,17 m 4		4,17 m					
		Blocs calcaires gris à ciment friable ou matrice argileuse brune ou galets de remplissage					
5							
6			Terrain naturel	Carottier battu Ø 114 mm			
6,44 m		6,44 m					
6,60 m		Blocs calcaires gris					
		6,60 m					
7		Sables et graviers gris bruns					
8,00 m 8		8,00 m		8,00 m		8,00 m	

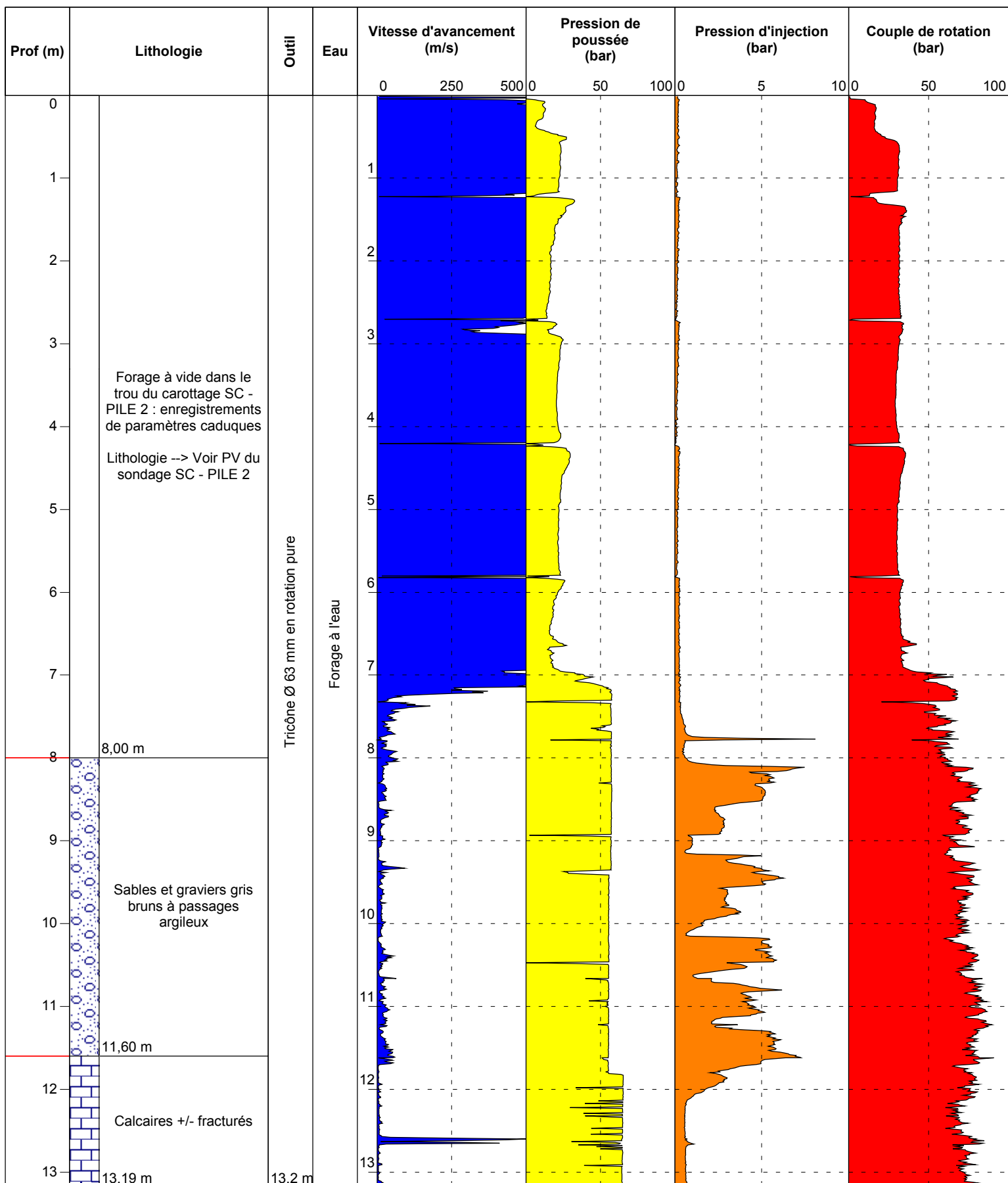
Planche photos du sondage carotté SC - PILE 2

Affaire : Reconnaissances géotechniques complémentaires au droit du Pont de la Voyère à VAUCLUSOTTE
(25)

Client : SYNDICAT MIXTE DOUBS DESSOUBRE / GEOLITHE

Dossier : 2501476





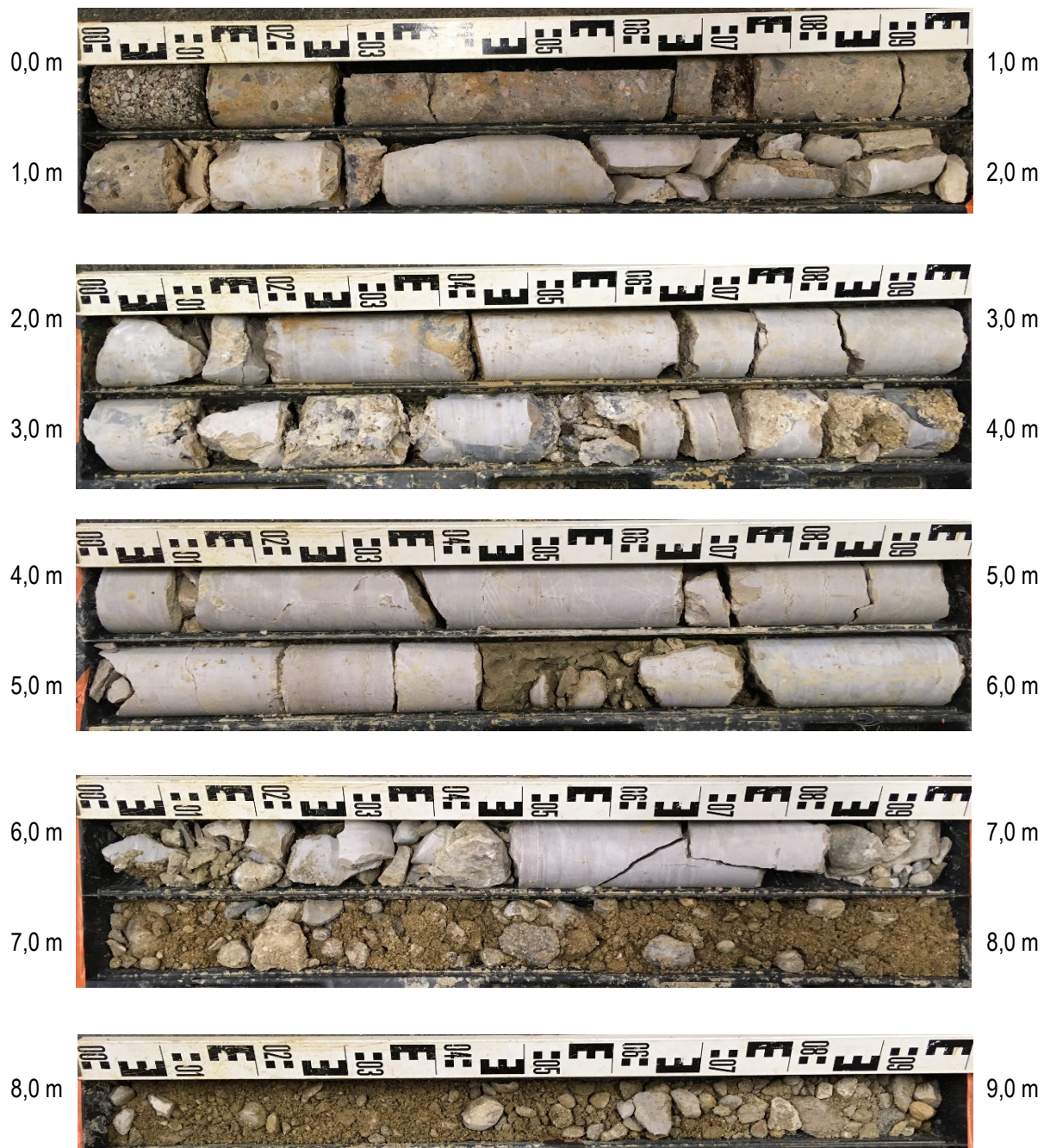
Prof. (m)		Lithologie	Formati on	Outil	Pourcentage de récupération
0,14 m 0		Enrobé monocouche	Enrobé		
0,28 m					
	0,14 m	Béton armé (granulats Ømax = 20mm)			
	0,28 m				
		Béton armé (granulats Ømax = 20mm) Pastille de polystyrène de 0.75 à 0.77 m			
1,10 m 1	1,10 m		1,14 m		
	2	Blocs calcaires gris à rares traces de ciment gris brun friable			
3,00 m 3	3,00 m				
		Blocs calcaires gris clair et foncé décomprimé, avec ciment friable blanc injecté dans les fractures			
4,00 m 4	4,00 m				
	5	Blocs calcaires gris à rares traces de ciment gris brun friable Remplissage argileux gris vert important de 5.45 à 5.73 m			
6,00 m 6	6,00 m				
		Blocs calcaires gris à ciment friable ou matrice argileuse brune ou galets de remplissage			
6,48 m	6,48 m				
		Blocs calcaires gris			
6,87 m	6,87 m		6,87 m	6,87 m	
	7				
	8	Sables et graviers gris bruns			
9,00 m 9	9,00 m				

Planche photos du sondage carotté SC - CULEE 3

Affaire : Reconnaissances géotechniques complémentaires au droit du Pont de la Voyère à VAUCLUSOTTE
(25)

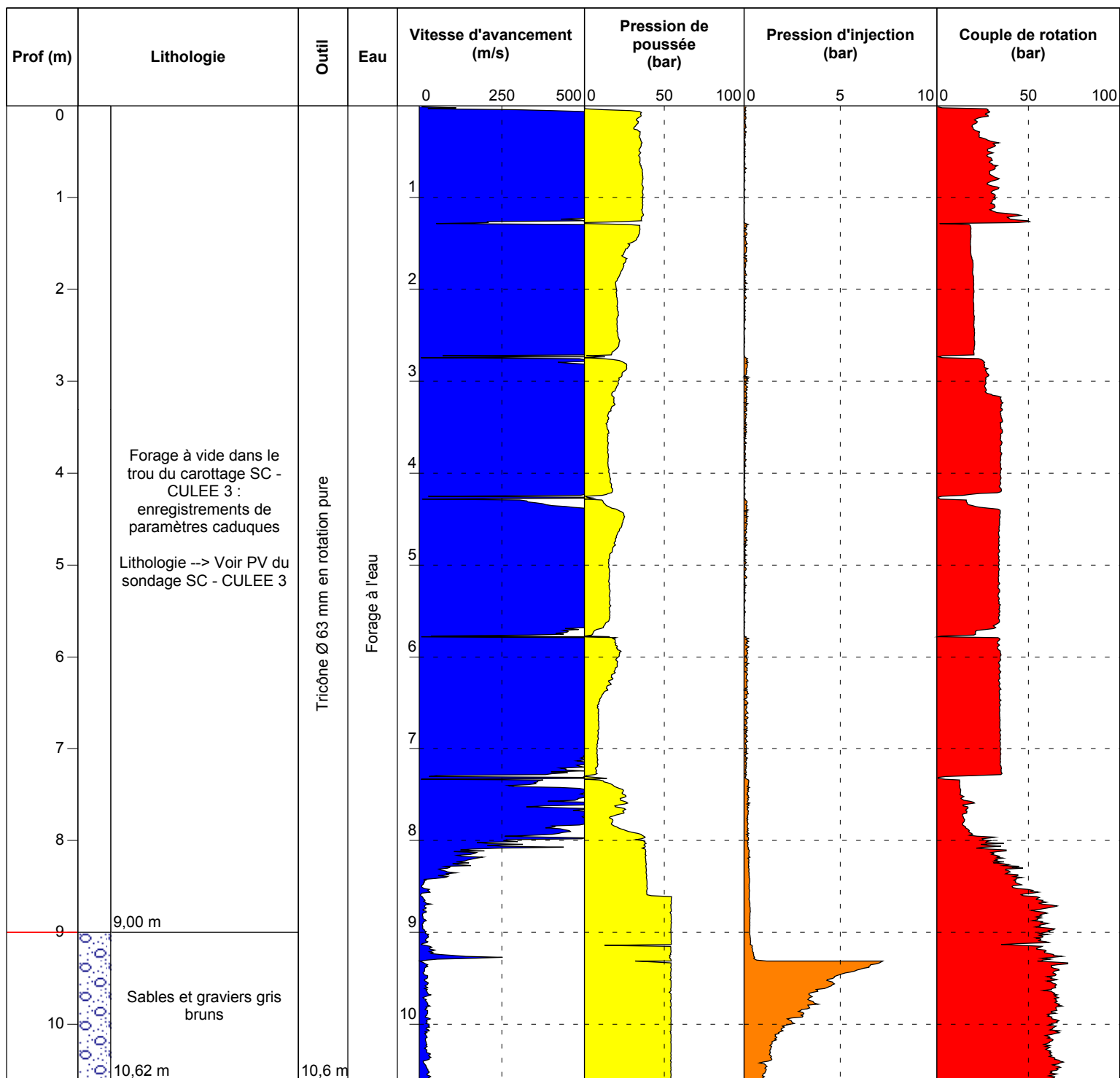
Client : SYNDICAT MIXTE DOUBS DESSOUBRE / GEOLITHE

Dossier : 2501476



Forage : SD - CULEE 3

EXGTE 3.20/LB2EPF584FR



Annexe 10

Extrait de la norme N FP 94-500 – Mission d'ingénierie
géotechnique, de novembre 2013

4.2.4 Tableaux synthétiques

Tableau 1 — Enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique

Enchaînement des missions G1 à G4	Phases de la maîtrise d'œuvre	Mission d'ingénierie géotechnique (GN) et Phase de la mission		Objectifs à atteindre pour les ouvrages géotechniques	Niveau de management des risques géotechniques attendu	Prestations d'investigations géotechniques à réaliser
Étape 1 : Étude géotechnique préalable (G1)		Étude géotechnique préalable (G1) Phase Étude de Site (ES)		Spécificités géotechniques du site	Première identification des risques présentés par le site	Fonction des données existantes et de la complexité géotechnique
	Étude préliminaire, esquisse, APS	Étude géotechnique préalable (G1) Phase Principes Généraux de Construction (PGC)		Première adaptation des futurs ouvrages aux spécificités du site	Première identification des risques pour les futurs ouvrages	Fonction des données existantes et de la complexité géotechnique
Étape 2 : Étude géotechnique de conception (G2)	APD/AVP	Étude géotechnique de conception (G2) Phase Avant-projet (AVP)		Définition et comparaison des solutions envisageables pour le projet	Mesures préventives pour la réduction des risques identifiés, mesures correctives pour les risques résiduels avec détection au plus tôt de leur survenance	Fonction du site et de la complexité du projet (choix constructifs)
	PRO	Étude géotechnique de conception (G2) Phase Projet (PRO)		Conception et justifications du projet		Fonction du site et de la complexité du projet (choix constructifs)
	DCE/ACT	Étude géotechnique de conception (G2) Phase DCE / ACT		Consultation sur le projet de base / Choix de l'entreprise et mise au point du contrat de travaux		
Étape 3 : Études géotechniques de réalisation (G3/G4)		À la charge de l'entreprise	À la charge du maître d'ouvrage			
	EXE/VISA	Étude et suivi géotechniques d'exécution (G3) Phase Étude (en interaction avec la phase Suivi)	Supervision géotechnique d'exécution (G4) Phase Supervision de l'étude géotechnique d'exécution (en interaction avec la phase Supervision du suivi)	Étude d'exécution conforme aux exigences du projet, avec maîtrise de la qualité, du délai et du coût	Identification des risques résiduels, mesures correctives, contrôle du management des risques résiduels (réalité des actions, vigilance, mémorisation, capitalisation des retours d'expérience)	Fonction des méthodes de construction et des adaptations proposées si des risques identifiés surviennent
	DET/AOR	Étude et suivi géotechniques d'exécution (G3) Phase Suivi (en interaction avec la phase Étude)	Supervision géotechnique d'exécution (G4) Phase Supervision du suivi géotechnique d'exécution (en interaction avec la phase Supervision de l'étude)	Exécution des travaux en toute sécurité et en conformité avec les attentes du maître d'ouvrage		Fonction du contexte géotechnique observé et du comportement de l'ouvrage et des avoisinants en cours de travaux
À toute étape d'un projet ou sur un ouvrage existant	Diagnostic	Diagnostic géotechnique (G5)		Influence d'un élément géotechnique spécifique sur le projet ou sur l'ouvrage existant	Influence de cet élément géotechnique sur les risques géotechniques identifiés	Fonction de l'élément géotechnique étudié

Tableau 2 — Classification des missions d'ingénierie géotechnique

L'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique (étapes 1 à 3) doit suivre les étapes de conception et de réalisation de tout projet pour contribuer à la maîtrise des risques géotechniques. Le maître d'ouvrage ou son mandataire doit faire réaliser successivement chacune de ces missions par une ingénierie géotechnique. Chaque mission s'appuie sur des données géotechniques adaptées issues d'investigations géotechniques appropriées.
ÉTAPE 1 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE PRÉALABLE (G1) Cette mission exclut toute approche des quantités, délais et coûts d'exécution des ouvrages géotechniques qui entre dans le cadre de la mission d'étude géotechnique de conception (étape 2). Elle est à la charge du maître d'ouvrage ou son mandataire. Elle comprend deux phases : <u>Phase Étude de Site (ES)</u> Elle est réalisée en amont d'une étude préliminaire, d'esquisse ou d'APS pour une première identification des risques géotechniques d'un site. — Faire une enquête documentaire sur le cadre géotechnique du site et l'existence d'avoisinants avec visite du site et des alentours. — Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats. — Fournir un rapport donnant pour le site étudié un modèle géologique préliminaire, les principales caractéristiques géotechniques et une première identification des risques géotechniques majeurs. <u>Phase Principes Généraux de Construction (PGC)</u> Elle est réalisée au stade d'une étude préliminaire, d'esquisse ou d'APS pour réduire les conséquences des risques géotechniques majeurs identifiés. Elle s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées. — Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats. — Fournir un rapport de synthèse des données géotechniques à ce stade d'étude (première approche de la ZIG, horizons porteurs potentiels, ainsi que certains principes généraux de construction envisageables (notamment fondations, terrassements, ouvrages enterrés, améliorations de sols).
ÉTAPE 2 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE DE CONCEPTION (G2) Cette mission permet l'élaboration du projet des ouvrages géotechniques et réduit les conséquences des risques géotechniques importants identifiés. Elle est à la charge du maître d'ouvrage ou son mandataire et est réalisée en collaboration avec la maîtrise d'œuvre ou intégrée à cette dernière. Elle comprend trois phases : <u>Phase Avant-projet (AVP)</u> Elle est réalisée au stade de l'avant-projet de la maîtrise d'œuvre et s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées. — Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats. — Fournir un rapport donnant les hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade de l'avant-projet, les principes de construction envisageables (terrassements, soutènements, pentes et talus, fondations, assises des dallages et voiries, améliorations de sols, dispositions générales vis-à-vis des nappes et des avoisinants), une ébauche dimensionnelle par type d'ouvrage géotechnique et la pertinence d'application de la méthode observationnelle pour une meilleure maîtrise des risques géotechniques. <u>Phase Projet (PRO)</u> Elle est réalisée au stade du projet de la maîtrise d'œuvre et s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées suffisamment représentatives pour le site. — Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats. — Fournir un dossier de synthèse des hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade du projet (valeurs caractéristiques des paramètres géotechniques en particulier), des notes techniques donnant les choix constructifs des ouvrages géotechniques (terrassements, soutènements, pentes et talus, fondations, assises des dallages et voiries, améliorations de sols, dispositions vis-à-vis des nappes et des avoisinants), des notes de calcul de dimensionnement, un avis sur les valeurs seuils et une approche des quantités. <u>Phase DCE / ACT</u> Elle est réalisée pour finaliser le Dossier de Consultation des Entreprises et assister le maître d'ouvrage pour l'établissement des Contrats de Travaux avec le ou les entrepreneurs retenus pour les ouvrages géotechniques. — Établir ou participer à la rédaction des documents techniques nécessaires et suffisants à la consultation des entreprises pour leurs études de réalisation des ouvrages géotechniques (dossier de la phase Projet avec plans, notices techniques, cahier des charges particulières, cadre de bordereau des prix et d'estimatif, planning prévisionnel). — Assister éventuellement le maître d'ouvrage pour la sélection des entreprises, analyser les offres techniques, participer à la finalisation des pièces techniques des contrats de travaux.

Tableau 2 — Classification des missions d'ingénierie géotechnique (suite)**ÉTAPE 3 : ÉTUDES GÉOTECHNIQUES DE RÉALISATION (G3 et G 4, distinctes et simultanées)****ÉTUDE ET SUIVI GÉOTECHNIQUES D'EXECUTION (G3)**

Cette mission permet de réduire les risques géotechniques résiduels par la mise en œuvre à temps de mesures correctives d'adaptation ou d'optimisation. Elle est confiée à l'entrepreneur sauf disposition contractuelle contraire, sur la base de la phase G2 DCE/ACT. Elle comprend deux phases interactives :

Phase Étude

- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Étudier dans le détail les ouvrages géotechniques : notamment établissement d'une note d'hypothèses géotechniques sur la base des données fournies par le contrat de travaux ainsi que des résultats des éventuelles investigations complémentaires, définition et dimensionnement (calculs justificatifs) des ouvrages géotechniques, méthodes et conditions d'exécution (phasages généraux, suivis, auscultations et contrôles à prévoir, valeurs seuils, dispositions constructives complémentaires éventuelles).
- Élaborer le dossier géotechnique d'exécution des ouvrages géotechniques provisoires et définitifs : plans d'exécution, de phasage et de suivi.

Phase Suivi

- Suivre en continu les auscultations et l'exécution des ouvrages géotechniques, appliquer si nécessaire des dispositions constructives prédéfinies en phase Étude.
- Vérifier les données géotechniques par relevés lors des travaux et par un programme d'investigations géotechniques complémentaire si nécessaire (le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats).
- Établir la prestation géotechnique du dossier des ouvrages exécutés (DOE) et fournir les documents nécessaires à l'établissement du dossier d'interventions ultérieures sur l'ouvrage (DIUO)

SUPERVISION GÉOTECHNIQUE D'EXECUTION (G4)

Cette mission permet de vérifier la conformité des hypothèses géotechniques prises en compte dans la mission d'étude et suivi géotechniques d'exécution. Elle est à la charge du maître d'ouvrage ou son mandataire et est réalisée en collaboration avec la maîtrise d'œuvre ou intégrée à cette dernière. Elle comprend deux phases interactives :

Phase Supervision de l'étude d'exécution

- Donner un avis sur la pertinence des hypothèses géotechniques de l'étude géotechnique d'exécution, des dimensionnements et méthodes d'exécution, des adaptations ou optimisations des ouvrages géotechniques proposées par l'entrepreneur, du plan de contrôle, du programme d'auscultation et des valeurs seuils.

Phase Supervision du suivi d'exécution

- Par interventions ponctuelles sur le chantier, donner un avis sur la pertinence du contexte géotechnique tel qu'observé par l'entrepreneur (G3), du comportement tel qu'observé par l'entrepreneur de l'ouvrage et des avoisinants concernés (G3), de l'adaptation ou de l'optimisation de l'ouvrage géotechnique proposée par l'entrepreneur (G3).
- donner un avis sur la prestation géotechnique du DOE et sur les documents fournis pour le DIUO.

DIAGNOSTIC GÉOTECHNIQUE (G5)

Pendant le déroulement d'un projet ou au cours de la vie d'un ouvrage, il peut être nécessaire de procéder, de façon strictement limitative, à l'étude d'un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques, dans le cadre d'une mission ponctuelle. Ce diagnostic géotechnique précise l'influence de cet ou ces éléments géotechniques sur les risques géotechniques identifiés ainsi que leurs conséquences possibles pour le projet ou l'ouvrage existant.

- Définir, après enquête documentaire, un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Étudier un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques (par exemple soutènement, causes géotechniques d'un désordre) dans le cadre de ce diagnostic, mais sans aucune implication dans la globalité du projet ou dans l'étude de l'état général de l'ouvrage existant.
- Si ce diagnostic conduit à modifier une partie du projet ou à réaliser des travaux sur l'ouvrage existant, des études géotechniques de conception et/ou d'exécution ainsi qu'un suivi et une supervision géotechniques seront réalisés ultérieurement, conformément à l'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique (étape 2 et/ou 3).