

Département de Saône et Loire (71)
Direction des Routes et des Infrastructures

Restoration de la continuité écologique des cours d'eau

Etude de 6 ouvrages
M16-71-240PP

Phases 2 et 3 : Etude de faisabilité

FICHE SIGNALÉTIQUE

CLIENT

Raison sociale	Département Saône et Loire
Coordonnées	Espace Duhesme – 18 rue de Flacé – CS 70126 71 026 MACON Cedex 9
Contact	M BERTHIER

SITE D'INTERVENTION

Site(s)	OH1 – OH2 – OH4/5 – OH6
Commune(s)	Saint Léger sous Beuvray / Saint Igny de Roche / Igé
Famille d'activité	Etudes
Domaine	Restauration milieux aquatiques – Continuité écologique

DOCUMENT

Destinataires	M Le Président
Date de remise	-
Nombre d'exemplaire remis	-
Pièces jointes	-
Responsable Commercial	Cédric DELERIS Responsable Milieux Aquatiques

N° Rapport/Devis BOUP160201_Phases 2 et 3

Révision Version Provisoire

	Nom	Fonction	Date	Signature
Rédaction	VILLEGAS	Ingénieur d'Etudes	09/06/2017	

SOMMAIRE

1	Rappel du contexte de l'étude et méthodologie générale	6
1.1	Objectifs de l'étude	6
1.2	Rappel des conclusions de la phase 1	6
1.3	Phases 2 et 3	9
1.4	Objectifs de restauration et variable de contrôles générales	9
1.4.1	Espèce(s) cibles	9
1.4.2	Débits de référence	10
2	OH 1 : Dalot à Saint-Léger-sous-Beuvray (RD179)	11
2.1	Rappel de l'état initial	11
2.2	Faisabilité des aménagements	12
2.2.1	Éléments géotechniques concernant la stabilité de l'ouvrage d'art	12
2.2.2	Stabilité des berges et risque d'érosion	13
2.2.3	Choix du scénario d'aménagement	13
2.3	Descriptif général des travaux	14
2.3.1	Aménagement sous l'ouvrage de franchissement de la RD 179	14
2.3.2	Aménagement en aval de l'ouvrage départemental	15
2.3.3	Fonctionnement hydraulique	16
2.3.4	Impacts des aménagements	17
2.3.5	Cadre réglementaire	18
2.3.6	Estimation financière des travaux	18
2.3.7	Plans des aménagements	19
3	OH 2 : Pont à Saint-Igny-de-Roche (RD81)	20
3.1	Rappel de l'état initial	20
3.2	Faisabilité des aménagements	21
3.2.1	Éléments géotechniques concernant la stabilité de l'ouvrage d'art	21
3.2.2	Stabilité des berges et risque d'érosion	22
3.2.3	Choix du scénario d'aménagement	22
3.3	Descriptif général des travaux	23
3.3.1	Aménagement sous l'ouvrage de franchissement de la RD 81	23
3.3.2	Fonctionnement hydraulique	24
3.3.3	Impacts des aménagements	25
3.3.4	Cadre réglementaire	26
3.3.5	Estimation financière des travaux	26

3.3.6	Plans des aménagements.....	27
4	OH 4 et OH 5 : Ponts à Igé (RD85)	28
4.1	Rappel de l'état initial	28
4.2	Faisabilité des aménagements	29
4.2.1	Choix du scénario d'aménagement.....	29
4.2.2	Eléments géotechniques concernant la stabilité de l'ouvrage d'art	29
4.2.3	Disponibilité foncière	30
4.2.4	Stabilité des berges et risque d'érosion	31
4.2.5	Réseaux	31
4.2.6	Continuité écologique sur le nouveau tracé	31
4.3	Descriptif général des travaux.....	32
4.3.1	Contournement d'OH4.....	32
4.3.2	Equipement de la chute en aval d'OH5.....	33
4.3.3	Fonctionnement hydraulique.....	35
4.3.4	Impacts des aménagements.....	38
4.3.5	Cadre réglementaire	39
4.3.6	Estimation financière des travaux.....	40
4.3.7	Plans des aménagements.....	40
5	OH 6 : Pont à Igé (RD134)	42
5.1	Rappel de l'état initial	42
5.2	Faisabilité des aménagements	43
5.2.1	Enjeux locaux et projets d'aménagements en cours.....	43
5.2.2	Choix du scénario d'aménagement.....	43
5.3	Descriptif général des travaux.....	43
5.3.1	Impacts des aménagements.....	43
5.3.2	Cadre réglementaire	44
5.3.3	Estimation financière des travaux.....	45
5.3.4	Plans des aménagements.....	45
6	Conclusion	46
7	Annexes	47
7.1	Annexe 1 - Détails de l'estimation des travaux	47
7.2	Annexe 2- Plans d'aménagements	54
7.3	Annexe 3 – Résultats de la modélisation hydraulique OH4-OH5	55
7.4	Annexe 4- Etudes géotechniques.....	57

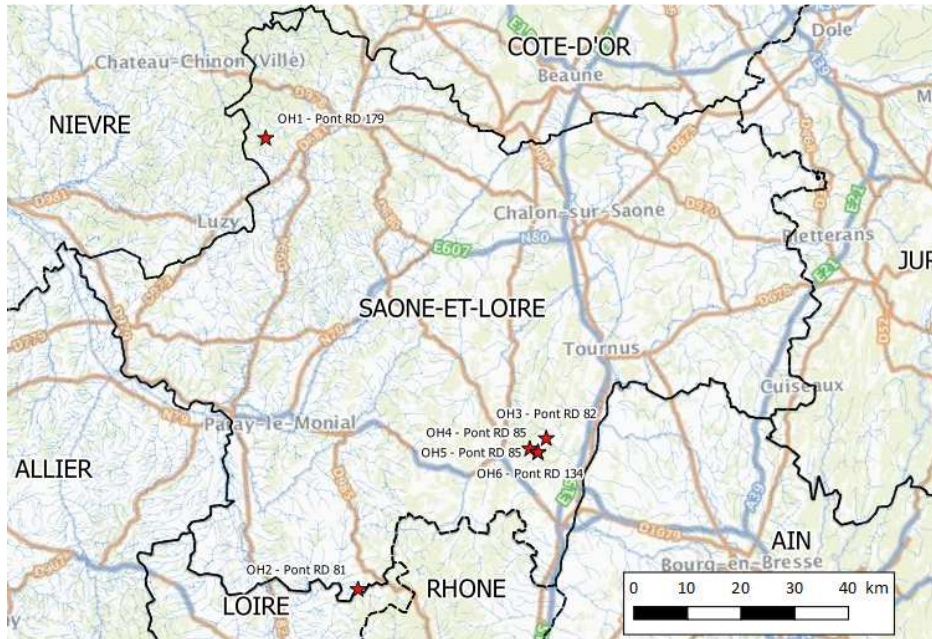
LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Localisation des sites d'étude (Géoportail) et photographies	6
Figure 2 : Espèces cibles retenues	9
Figure 3 : Capacités de nages et de sauts des espèces cibles	9
Figure 4 : Débits de référence	10
Figure 5 : Fiche de synthèse état initial – OH1	11
Figure 6 : Synthèse des données géotechniques –OH1 (Hydrogéotechnique Centre)	12
Figure 7 : Exemple d'une rampe rugueuse	14
Figure 8 : critères hydrauliques – OH1	14
Figure 9 : Caractéristiques des enrochements – OH1	15
Figure 10 : Dimensions caractéristiques du projet d'aménagement du radier d'OH1	15
Figure 11 : Répartition des débits après aménagement – OH1	16
Figure 12 : Conditions d'écoulement sur le radier après aménagement – OH1	16
Figure 13 : Synthèse de la fonctionnalité de la rampe rugueuse sous OH1	16
Figure 14 : Incidences du projet – OH1	17
Figure 15 : Rubriques Loi sur l'Eau concernées par le projet – OH1	18
Figure 16 : Estimation financière – OH1	18
Figure 17 : Extraits de plan de faisabilité – OH1	19
Figure 18 : Fiche de synthèse état initial – OH2	20
Figure 19 : Synthèse des données géotechniques –OH2 (Hydrogéotechnique Centre)	21
Figure 20 : critères hydrauliques – OH2	23
Figure 21 : Caractéristiques des enrochements – OH2	23
Figure 22 : Dimensions caractéristiques du projet d'aménagement du radier d'OH2	24
Figure 23 : Conditions d'écoulement sur le radier après aménagement – OH2	24
Figure 24 : Synthèse de la fonctionnalité de la rampe rugueuse sous OH2	25
Figure 25 : Incidences du projet – OH2	26
Figure 26 : Rubriques Loi sur l'Eau concernées par le projet - OH2	26
Figure 27 : Estimation financière – OH2	26
Figure 28 : Extraits de plan de faisabilité – OH2	27
Figure 29 : Fiche de synthèse état initial – OH4 et OH5	28
Figure 30 : Synthèse des données géotechniques –OH4/OH5 (Hydrogéotechnique Centre)	29
Figure 31 : Vues des parcelles concernées	30
Figure 32 : Vue des berges de l'actuel bras affluent de la Petite Mouge de l'aval vers l'amont	31
Figure 33 : Vue des réseaux concernés	31
Figure 34 : Photographies des deux ouvrages persistants faisant obstacles à la continuité écologique	31
Figure 35 : Extrait du plan de masse	32
Figure 36 : Dimensions caractéristiques du projet de contournement d'OH4	33
Figure 37 : Exemples de prébarrages	33
Figure 38 : Bases de dimensionnement des prébarrages	34
Figure 39 : Exemples de cloisons de prébarrages	34
Figure 40 : Dimensions caractéristiques du projet d'aménagement de l'aval d'OH5	34
Figure 41 : Illustration du modèle hydraulique réalisé	35
Figure 42 : Débits modélisés	36
Figure 43 : Répartition des débits après aménagement	36
Figure 44 : Conditions d'écoulement sur les prébarrages -OH5	37
Figure 45 : Synthèse de la fonctionnalité des prébarrages -OH5	37
Figure 46 : Incidences du projet – OH4 et OH5	38
Figure 47 : Rubriques Loi sur l'Eau concernées par le projet - OH4 et OH5	39
Figure 48 : Extraits de plan de faisabilité – OH4 et OH5	41
Figure 49 : Fiche de synthèse état initial – OH6	42
Figure 50 : Incidences du projet – OH6	44
Figure 51 : Rubriques Loi sur l'Eau concernées par le projet – OH6	44
Figure 52 : Extraits de plan de faisabilité – OH6	45

1 Rappel du contexte de l'étude et méthodologie générale

1.1 Objectifs de l'étude

La présente étude a pour objet le diagnostic et l'étude d'aménagements pour la restauration de la continuité écologique au droit de 6 ouvrages départementaux identifiés comme susceptibles de constituer un obstacle à la continuité écologique sur des cours d'eau classés en liste 2.



6



Figure 1 : Localisation des sites d'étude (Géoportail) et photographies

1.2 Rappel des conclusions de la phase 1

La première phase d'étude a permis de dresser un diagnostic de la continuité écologique au droit de chacun des ouvrages en basses et hautes eaux. Elle a également eu pour objet la caractérisation des tronçons de cours d'eau étudiés ainsi que la définition des enjeux et objectifs environnementaux locaux.

Le tableau présenté en page suivante synthétise les principaux résultats de cette phase de recueil de données et d'analyse des impacts.

Ouvrages		Enjeux			Impacts				
Code	Implantation	Cours d'eau	Espèce(s) cible(s)	Enjeux écologiques	Continuité sédimentaire	Continuité piscicole	Hydraulique	Structures	Usages
OH1	RD179 à Saint-Léger-sous-Beuvray	Le Méchet (FRGR0198)	Truite Fario et ses espèces accompagnatrices chabot et lamproie de planer Saumon atlantique, anguille	Fort <i>Cours d'eau à fort intérêt patrimonial</i>	non altérée	Franchissable pour l'anguille (reptation) Infranchissable pour toutes les autres espèces cibles en basses eaux. Impact majeur en hautes eaux pour les espèces cibles sauteuses (truite et saumon)	Pas d'impact	Pas d'impact	Site propice à la baignade
OH2	RD81 à Saint Igny de Roche	L'Aron (FRGR0187)	Truite fario et chabot	Fort <i>Cours d'eau à potentiel écologique important et démarche de restauration de la continuité écologique sur le linéaire du cours d'eau portée par le contrat de rivière local (effacements des ouvrages à proximité inscrits au CR)</i>	non altérée	Infranchissable pour le chabot Impact majeur pour la truite	Pas d'impact	Pas d'impact	Aucun usage particulier
OH3	RD82 à Azé	La Mouge (FRDR591)	Truite fario	Nul <i>L'ouvrage n'est pas situé sur le bras principal de la Mouge mais sur un bras de décharge. La problématique "continuité écologique" ne s'applique donc pas ici.</i>	non altérée	Infranchissable	Pas d'impact	Pas d'impact	Aucun usage particulier
OH4	RD85 à Igé	La Petite Mouge (FRDR1205)		Fort <i>Tête de bassin versant à fort intérêt patrimonial et beau potentiel de l'aval d'Igé à la confluence avec la Mouge.</i>	non altérée	Infranchissable	Pas d'impact	Habitation rive droite	Aucun usage particulier
OH5	RD85 à Igé	Bras de décharge de la Petite Mouge		Nul <i>ce petit bras annexe ne présente pas d'intérêt particulier</i>	non altérée	Infranchissable	Pas d'impact	Habitation rive droite	Aucun usage particulier
OH6	RD134 à Igé	La Petite Mouge (FRDR1205)		Fort <i>Tête de bassin versant à fort intérêt patrimonial.</i>	non altérée	Infranchissable	Pas d'impact	Habitation rive droite	Aucun usage particulier

Ouvrages		Enjeux associés à la réalisation des travaux	Suite à donner
Code	Implantation		
OH1	RD179 à Saint-Léger-sous-Beuvray	Restauration pérenne de la continuité écologique au droit d'OH1 conditionnée par la suppression du seuil aval.	<p>- Etude de faisabilité de l'effacement (appuyée sur étude géotechnique)</p> <p><i>- nécessité de rencontrer l'AFB, le PNR du Morvan et la commune pour statuer sur l'effacement du seuil en enrochements (pas d'existence légale)</i></p>
OH2	RD81 à Saint Igny de Roche	Pas d'enjeu particulier sur ce site. Les résultats des études géotechniques permettront de statuer sur la possibilité d'aser le radier de l'ouvrage.	<p>- Etude de faisabilité de l'effacement (appuyée sur étude géotechnique)</p>
OH3	RD82 à Azé	-	<p>- Pas de suite à donner</p> <p><i>- le Département 71 se rapprochera des services de l'état (DDT et AFB) pour signaler que l'ouvrage OH3 n'est pas concerné par le classement en liste 2.</i></p>
OH4	RD85 à Igé	<p>La configuration de l'ouvrage exclue l'effacement de l'obstacle. L'aménagement d'un dispositif de franchissement piscicole efficace et peu sélectif est également difficile au vue de la hauteur importante de chute. L'opportunité d'aménagement se porte donc sur un contournement d'OH4, via le déplacement de la Petite Mouge en amont de la RD85 (sous réserve de possibilité foncière), et le passage du cours d'eau sous OH5.</p> <p>Une attention particulière sera portée au devenir de l'ouvrage ROE du moulin des Verchères implanté 300 m en amont. Le gain écologique de la restauration de la continuité écologique de la Petite Mouge au droit d'OH4 étant fortement réduit par la présence de ce verrou amont (linéaire libéré faible au milieu des jardins)</p>	<p>- Etude de faisabilité de contournement de l'ouvrage OH4 et de l'aménagement d'OH5 (appuyée sur étude géotechnique)</p> <p><i>- rencontres des riverains en amont de la RD85 à programmer par l'intermédiaire de l'animateur du contrat de rivière du mâconnais (EPTB Saône et Doubs).</i></p>
OH5	RD85 à Igé	<p>La restauration de la continuité écologique au droit d'OH5 présente un intérêt dans le cas où le déplacement de la Petite Mouge sous l'ouvrage est envisageable.</p> <p>Pas d'intérêt particulier à restaurer la continuité écologique du petit affluent de 200 m.</p>	
OH6	RD134 à Igé	<p>La rampe béton obstacle à la continuité écologique implantée en amont d'OH6 est sur la propriété du Département 71 mais a été construite par un tiers.</p> <p>L'EPTB Saône et Doubs étudie actuellement la potentialité de lancer une étude de remise en fond de talweg du cours d'eau sur le tronçon directement en amont d'OH6.</p>	<p>- Etude de faisabilité de l'effacement de la rampe béton en amont d'OH6</p> <p><i>- veille sur l'étude à venir pour confirmer ou non la nécessité d'intervention dans un souci de cohérence territoriale.</i></p>

1.3 Phases 2 et 3

Les phases 2 et 3 constituent les études de faisabilité des aménagements pour la restauration de la continuité écologique au droit des ouvrages. Le marché intègre le découpage des études de faisabilité suivant :

- **Phase n°2** : étude de faisabilité de l'**effacement** des ouvrages
- **Phase n°3** : étude de faisabilité de l'**aménagement** des ouvrages

Ces deux phases intègrent en tranche ferme (TF) certains ouvrages du programme et en tranches conditionnelles (TC) d'autres :

	OH1 RD179 à Saint- Léger-sous- Beuvray	OH2 RD81 à Saint Igny de Roche	OH3 RD82 à Azé	OH4 RD85 à Igé	OH5 RD85 à Igé	OH6 RD134 à Igé
Phase 2 - Effacement	TF	TF	Exclu du programme en fin de phase 1	TC	TC	TF
Phase 3 - Equipement	TC	TC		TF	TF	TC

Le présent rapport constitue le **document de restitution des études de faisabilité de tranche ferme**. L'objectif est ici de formuler des propositions d'aménagements permettant d'atteindre les objectifs du programme en s'appuyant sur l'état des lieux effectué ainsi que sur les contraintes de chacun des sites.

On notera que les ouvrages OH1, OH2, OH4 et OH5 ont fait l'objet d'investigations géotechniques permettant ainsi d'apporter des éléments sur la stabilité des ouvrages d'art après aménagement. Cette mission a été sous-traitée au bureau Hydrogéotechnique Centre. Les principaux résultats de l'étude sont repris dans le corps de texte du présent rapport. Les documents de restitution détaillés du prestataire sont joints en annexe 4.

9

1.4 Objectifs de restauration et variable de contrôles générales

1.4.1 Espèce(s) cibles

Les espèces cibles retenues pour chacun des ouvrages sont les suivantes :

OH1 – RD179 à Saint Léger sous Beuvray	Truite Fario et ses espèces accompagnatrices chabot et lamproie de planer, Saumon atlantique, anguille
OH2 – RD81 à Saint Igny de Roche	Truite fario et chabot
OH4/OH5 - RD85 à Igé OH6- RD134 à Igé	Truite fario

Figure 2 : Espèces cibles retenues

Les capacités de nage et de saut pour ces espèces cibles sont synthétisées dans le tableau suivant :

Espèce	Nom scientifique	Espèce sauteuse	V, Sprint Umax associé (m/s)			Hauteur de saut associée (m)		
			Min	Moy	Max	Min	Moy	Max
Saumon atlantique	<i>Salmo salar</i>	oui	4.50	5.50	6.50	1.00	1.15	2.50
Truite de rivière [15-30]	<i>Salmo trutta</i>	oui	2.50	3.00	3.50	0.30	0.50	0.80
Chabots	<i>Cottus sp</i>	non	1.50	2.25	3.00			
Lamproie de Planer	<i>Lampetra planeri</i>	non	1.50	2.25	3.00			
Anguille européenne	<i>Anguilla anguilla</i>	non	<1,5	<1,5	<1,5			

Figure 3 : Capacités de nages et de sauts des espèces cibles

1.4.2 Débits de référence

Chacun des sites à fait l'objet d'une analyse hydrologique dans l'objectif de déterminer les débits caractéristiques au droit des ouvrages lors de la phase 1.

Les débits retenus sont les suivants :

	Cours d'eau	QMNA5 (m3/s)	Module (m3/s)	Module x2 (m3/s)
OH1 – RD179 à Saint Léger sous Beuvray	Le Méchet (FRGR0198)	0.06	0.625	1.25
OH2 – RD81 à Saint Igny de Roche	L'Aron (FRGR0187)	0.014	0.209	0.418
OH4/OH5 - RD85 à Igé	La Petite Mouge (FRDR12105)	0.011	0.136	0.272
OH6- RD134 à Igé		0.004	0.056	0.113

Figure 4 : Débits de référence

2 OH 1 : Dalot à Saint-Léger-sous-Beuvray (RD179)

2.1 Rappel de l'état initial

La fiche suivante rappelle les principales caractéristiques du site à l'état initial.

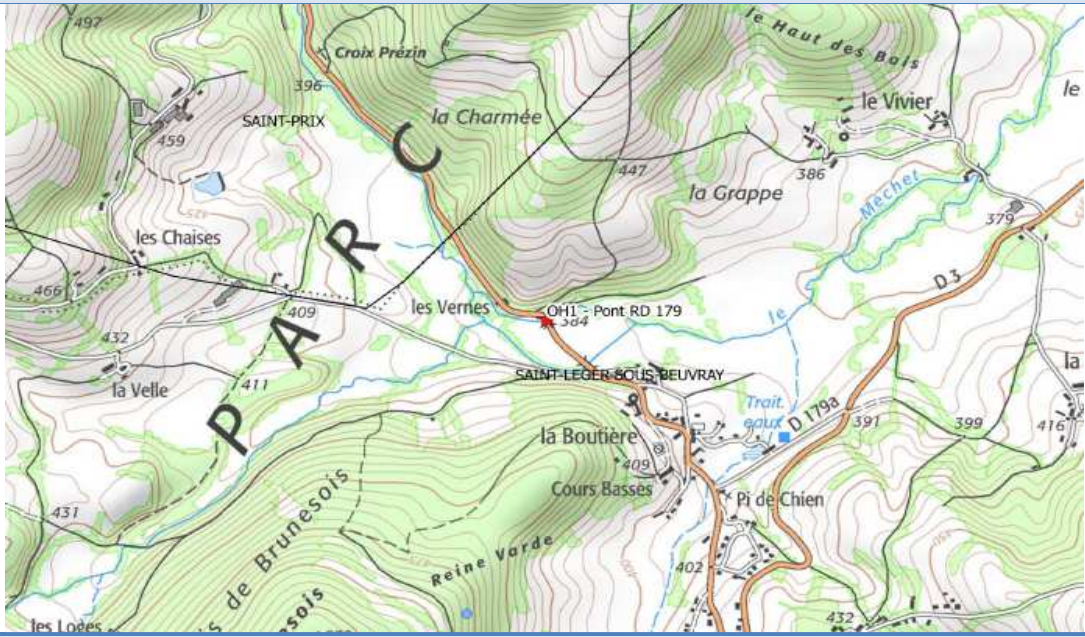


Cours d'eau	Le Méchet (FRGR0198)	Commune	Saint-Léger-sous-Beuvray
Localisation de l'ouvrage			
			
Vues de l'ouvrage			
 <p><i>Vue de l'ouvrage depuis l'amont</i></p>		 <p><i>Vue de l'ouvrage et du seuil depuis l'aval</i></p>	
Caractéristiques de l'ouvrage		Désordres observés	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Dalot à 6 ouvertures d'1 m de large chacune ▪ Seuil en enrochements libres en aval 		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Lame d'eau étalée et vitesses élevées sous le pont. ▪ Chute en aval du pont limitée par la présence du seuil en enrochements libres 	
Franchissabilité		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Franchissabilité du radier du pont indissociable de la présence du seuil aval. ▪ Seuil + pont : franchissable pour l'anguille en basses et hautes eaux, barrière totale pour les autres espèces cibles en basses eaux, barrière partielle à impact majeur pour la truite en hautes eaux et barrière totale pour les autres espèces cibles. 	

Figure 5 : Fiche de synthèse état initial – OH1

2.2 Faisabilité des aménagements

Le rétablissement de la continuité écologique au droit de l'ouvrage départemental OH1 nécessite la prise en compte du seuil en enrochements libres implanté en aval. La faisabilité de l'aménagement du radier du pont de la RD179 a donc été étudiée en intégrant l'effacement du seuil aval.

L'analyse des levés topographiques a mis en évidence que l'effacement du seuil aval et la restauration de la pente d'équilibre sur le site nécessiteraient l'arasement du radier sur 60 cm minimum.

Les deux enjeux majeurs associés à la réalisation d'un effacement du radier d'OH1 sont les suivants :

- stabilité de l'ouvrage d'art
- stabilité des berges et risques d'érosion

2.2.1 Eléments géotechniques concernant la stabilité de l'ouvrage d'art

a. Synthèse des données de sol et aléas géotechniques

Le site en question a fait l'objet des investigations géotechniques suivantes :

- 1 sondage de reconnaissances géologiques à 8 m de profondeur avec enregistrement des paramètres de forage à l'avancement et réalisation de 6 essais de chargement de type pressiométrique.
- 1 forage en carottage continu conduisant à 5 m de profondeur.
- 2 carottages de radier conduits à 0.5 m de profondeur.

La succession lithologique et les caractéristiques mécaniques du site sont synthétisées dans le tableau suivant :

Lithologie	Enrobé	« Radier » béton sur maçonneries	Remblais	Sables graveleux +/- limoneux et argileux à cailloux	Sables graveleux +/- limoneux et argileux à cailloux
N° couche	0.1	0.2	1.1 et 1.2	2.1	2.2
Profondeur base couche (m)	1.0	0.3	1.0	3.5	5.1* à 8.0*
Compacité	/	/	/	Modeste à moyenne	Très élevée
pl* (MPa)	/	/	/	0.50	4.0
pf* (MPa)	/	/	/	0.40	3.0
Em (MPa)	/	/	/	3.0	100
Hydrogéologie	Niveaux de nappe non relevés Les sondages ont été menés au droit ou à forte proximité du cours d'eau				

* profondeurs partielles (fin des sondages)

Figure 6 : Synthèse des données géotechniques –OH1 (Hydrogéotechnique Centre)

Les principaux aléas géotechniques recensés sont les suivants :

- **Géologie** : variations d'épaisseur des remblais superficiels, variations latérales de faciès au sein des alluvions, profondeur et irrégularités importantes du toit du granite.
- **Nature des matériaux** : présence possible de matériaux de nature hétérogène au sein des remblais et d'éventuels vestiges, couche 2.2 pouvant correspondre au toit du substratum granitique, sensibilité des matériaux de la couche 2 à la bouillasse.
- **Hydrogéologie** : arrivées d'eaux parasites, fluctuations du niveau libre de la nappe, fluctuations du niveau du cours d'eau
- **Environnement et historique du site** : épaisseur du radier reconnue que partiellement, nature de la fondation du pont à préciser par d'éventuelles archives (radier nervuré, massifs superficiels ou fondations profondes)

b. Préconisations générales de travaux

Pour l'ouvrage OH1, l'étude de faisabilité de tranche ferme porte sur l'effacement du radier. Les préconisations générales de travaux formulées par Hydrogéotechnique Centre prennent donc en considération la suppression complète du radier existant et la restauration de la pente d'équilibre du cours d'eau.

Les investigations géotechniques ont mis en évidence une épaisseur du radier faible de l'ordre de 8 cm. Elles n'ont pas permis d'éluider le mode fondation du pont. Il n'est toutefois pas exclu que l'ouvrage soit fondé :

- soit sur un radier nervure présentant une surépaisseur sous les appuis,
- soit sur des fondations superficielles à semi-profondes (non reconnues lors des sondages),
- soit sur des fondations profondes (non reconnues lors des sondages)

Au vue de la faible épaisseur du radier existant, la restauration de la continuité écologique au droit du site nécessite la suppression complète du radier ainsi que le décaissement sous l'ouvrage actuel. En l'absence d'informations sur les fondations de l'ouvrage, Hydrogéotechnique Centre suggère la démolition et la réfection à neuf de l'ouvrage hydraulique.

2.2.2 Stabilité des berges et risque d'érosion

On notera également qu'outre les difficultés importantes liées à la stabilité de l'ouvrage OH1 après arasement complet du radier, cette opération s'accompagnerait d'un risque d'érosion régressive important sur l'amont, évalué à une soixantaine de mètres pour un volume de matériaux remobilisé d'environ 100 m³. A l'aval, la reprise du lit sur 36 m serait également nécessaire.

2.2.3 Choix du scénario d'aménagement

Le Département 71 nous a confirmé la présence d'archives sur ce site récemment. L'analyse de ces documents sera réalisée dès réception des documents et intégrée au rapport final de phases 2 et 3.

Dans l'attente d'informations concernant le mode de fondation de l'ouvrage OH1, nous avons pris le parti de développer un scénario d'arasement partiel du radier, couplé à la mise en œuvre d'une rampe rugueuse à faible pente. L'objectif est de proposer un scénario répondant aux objectifs de l'étude dans une enveloppe financière moindre que celle d'une réfection à neuf de l'ouvrage hydraulique.

Les grands principes du scénario d'aménagement sont les suivants :

- effacement complet du seuil aval
- arasement du radier d'OH1 sous une seule des ouvertures
- stabilisation de l'échancrure ainsi créée et garantie des conditions de montaison piscicole via la création d'une rampe rugueuse.
- mesures d'accompagnement : reprise du lit mineur du Méchet sur 30 m en aval immédiat d'OH1

2.3 Descriptif général des travaux

2.3.1 Aménagement sous l'ouvrage de franchissement de la RD 179

Il s'agit de créer un aménagement de franchissement piscicole au sein du radier d'OH1 permettant de :

- concentrer les écoulements en basses eaux
- garantir des conditions d'écoulements adéquates à la montaison des espèces cibles
- garantir la stabilité de l'ouvrage OH1 après arasement partiel du radier

Ainsi, le radier d'une des ouvertures du pont sera totalement arasé et un décaissement sur 50 cm minimum sera réalisé pour création d'une rampe rugueuse.



Figure 7 : Exemple d'une rampe rugueuse

Le tableau suivant synthétise les critères hydrauliques à respecter selon les groupes d'espèces pour ce type d'aménagement (d'après le guide technique « Conception des passes naturelles » - GHAAPE - décembre 2006).

Au vue des faibles débits à considérer, l'objectif de hauteur d'eau minimale à obtenir au sein de l'aménagement a été redescendu à 10 cm. La vitesse d'écoulement maximale a été fixée à 1.5 m3/s.

	Hauteur d'eau (m)	Vitesses d'écoulement maximales (m/s)
Saumons, Lamproies	0.3	2-3
Truite fario, ombres, cyprinidés rhéophiles	0.2	1.5-2
Petites espèces	0.2	1.2-1.5
Critères retenus	0.1	1.5

Figure 8 : critères hydrauliques – OH1

La rampe rugueuse présentera une cote radier amont de -10 cm par rapport aux autres ouvertures du pont afin de garantir la concentration des écoulements en basses et moyennes eaux. Le radier présentera quant à lui une pente longitudinale maximale 3 %.

Dans l'objectif de garantir des conditions d'écoulements adaptées aux espèces cibles sous l'ouverture aménagée, une rugosité élevée sera créé via la mise en place d'encrochements scellés dans un béton de blocage. Les blocs sont installés préférentiellement dans leur plus grande hauteur de manière à présenter une largeur face à l'écoulement de 0,2 à 0,3 m face à l'écoulement, et présentent des interstices d'environ 0,05 m, et une hauteur libre de 0,05 à 0,10 m environ.

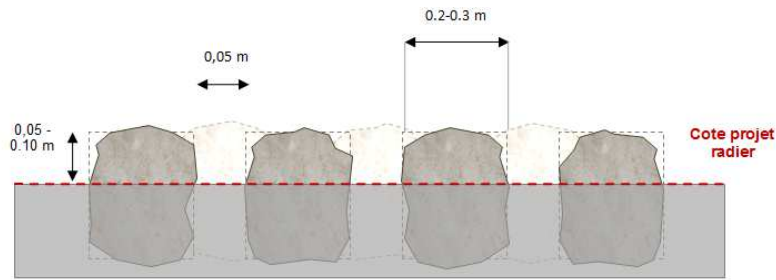


Figure 9 : Caractéristiques des enrochements – OH1

Une fosse de dissipation en aval immédiat de l'ouvrage sera également aménagée en enrochements libres afin de réduire les sollicitations hydrauliques sur le fond du lit et ainsi se prémunir de la formation d'une chute infranchissable.

Les principales dimensions de l'ouvrage sont synthétisées ci-dessous :

Dénivelé du radier	20 cm
Largeur du coursier :	1 m
Longueur totale de la rampe :	6.57 m
Pente longitudinale :	3%
Cote amont de la rampe	381.45 m NGF
Cote aval de la rampe	381.25 m NGF

D65 des enrochements	200-300 mm
-----------------------------	-------------------

Figure 10 : Dimensions caractéristiques du projet d'aménagement du radier d'OH1

2.3.2 Aménagement en aval de l'ouvrage départemental

L'effacement du seuil en enrochements libres implanté en aval du pont sera réalisé. Il s'accompagnera d'une reprise du fond de lit du Méchet sur une trentaine de mètres via un réglage léger afin de créer une pente de 3% maximum. La stabilité du profil en long ainsi créée sera assurée par la mise en œuvre d'une rampe de fond en lieu et place du seuil. Cet ouvrage de stabilisation sera réalisé en enrochements libres et aura une forme de type « selle à cheval ». Cette architecture permet notamment de :

- D'assurer une grande stabilité sans nécessiter un ancrage très profond,
- Concentrer les forces hydrauliques sur la partie centrale,
- Maintenir la continuité écologique.

Le risque d'érosion en berge est faible car l'abaissement du fond de lit sera d'environ 15 cm. Il n'est ainsi pas proposé de protection de berge spécifique.

2.3.3 Fonctionnement hydraulique

a. Répartition des débits

La répartition des débits entre la rampe rugueuse et le reste du radier du pont a été évaluée par analyse hydraulique sommaire et est synthétisée dans le tableau suivant :

Occurrence	Répartition des Débits (m3/s)	
	Rampe	Pont
QMNA5	0.05	0.00
Module	0.19	0.42
2xModule	0.32	0.94

Figure 11 : Répartition des débits après aménagement – OH1

b. Conditions d'écoulements au sein de la rampe rugueuse

Les tableaux suivants présentent les hauteurs d'eau et vitesses attendues au stade faisabilité sur le radier de l'ouverture aménagée (d'après le guide technique « Conception des passes naturelles » - GHAAPPE - décembre 2006).

Dispositif de franchissement OH1		QMNA5 0.060 m3/s			
H eau (m NGF)	381.55	Heau en crête(m) reg.transitoire	Heau dans l'ouvrage (m) reg.uniforme	Débits	Vitesse débitante (m/s)
Rampe		0.10	0.07	0.05	0.68

Dispositif de franchissement OH1		Module 0.625 m3/s			
H eau (m NGF)	381.69	Heau en crête(m) reg.transitoire	Heau dans l'ouvrage (m) reg.uniforme	Débits	Vitesse débitante (m/s)
Rampe		0.24	0.16	0.19	1.14

Dispositif de franchissement OH1		2x Module 1.250 m3/s			
H eau (m NGF)	381.79	Heau en crête(m) reg.transitoire	Heau dans l'ouvrage (m) reg.uniforme	Débits	Vitesse débitante (m/s)
Rampe		0.34	0.22	0.32	1.41

Figure 12 : Conditions d'écoulement sur le radier après aménagement – OH1

c. Fonctionnalité de la rampe rugueuse

Au QMNA5 les hauteurs d'eau dans l'ouvrage ne dépassent pas 7 cm. La montaison pourra être envisagée pour les petits individus seulement.

Au module et à deux fois le module, les vitesses d'écoulements et les hauteurs d'eau dans la rampe sont compatibles avec les exigences de la truite et du chabot. La montaison du saumon et de la lamproie est quant à elle envisageable uniquement en hautes eaux (H eau insuffisante dans les autres conditions hydrologiques).

Dispositif de franchissement OH1	Fonctionnalité selon critères vitesses (<1.5 m/s) et hauteur d'eau (>0.10 m)		
	QMNA5	Module	2x Module
Rampe	non	oui	oui

Figure 13 : Synthèse de la fonctionnalité de la rampe rugueuse sous OH1

2.3.4 Impacts des aménagements

Le bilan des incidences prévisibles du projet est présenté au tableau ci-après :

Thèmes	Impacts
Hydraulique	<p>📌 La création d'un chenal d'écoulement préférentiel rugueux au niveau de l'un des dalots du pont permettra la rehausse des lames d'eaux en basses et moyennes eaux.</p> <p>⚠️ Risque de rupture des écoulements dans le bras naturel de la rivière lors de la phase travaux</p> <p>▶ Mesure d'accompagnement : Maintien de la continuité hydraulique par la mise en place d'un dispositif adapté (canalisation temporaire, pompage,...).</p>
Hydromorphologique	<p>⚠️ Risque d'érosion du fond de lit sur 3.5 m en amont et 30 m en aval après aménagement</p> <p>▶ Mesure d'accompagnement : Création d'un seuil de calage du profil en long en lieu et place du seuil en enrochements et d'une fosse de dissipation en pied d'OH1</p>
Stabilité des ouvrages d'art et des infrastructures	<p>⚠️ Risque de déstabilisation de l'ouvrage OH1</p> <p>▶ Mesure d'accompagnement : Création d'une rampe rugueuse au sein de l'échancrure du radier permettant de stabiliser l'aménagement. <i>La réalisation de la dalle béton sera à préciser lors des études d'avant-projet, suite aux informations historiques fournies par le Département 71 sur les fondations d'OH1.</i></p>
Continuité écologique	<p>📌 La suppression du seuil en enrochements ainsi que la création d'un chenal d'écoulement préférentiel rugueux sous l'ouvrage permet la restauration de la continuité piscicole au droit du site. Le linéaire libéré est de 2.25 km.</p>
Qualité des eaux	<p>⚠️ Risque de dégradation en phase travaux par :</p> <ul style="list-style-type: none"> - remise en suspension des matières fines ; - écoulements accidentels de béton et départ de substances de maçonnerie, hydrofuge ou tout autre polluant ; <p>▶ Mesure d'accompagnement : mesure de préventions (dispositif de filtration, kit anti-pollution, entretien des véhicules hors sur zone adaptée,...)</p>
Habitats et faune aquatique	<p>⚠️ Risque de dégradation des habitats et d'atteinte à la faune aquatique en phase travaux par :</p> <ul style="list-style-type: none"> - rupture de la continuité hydraulique ; - remise en suspension des matières fines et déversements accidentels de matières polluantes ; - isolation hydraulique du site <p>▶ Mesure d'accompagnement : dispositif de maintien de la continuité hydraulique, dispositif de filtration si nécessaire, période de travaux adaptée,...)</p>

Figure 14 : Incidences du projet – OH1

2.3.5 Cadre réglementaire

Conformément au **titre III du chapitre IV – Section 1 du Code de l'Environnement**, les travaux de restauration sur ce site, sont soumis à **déclaration** au titre des **rubriques de l'article R214-1** suivantes :

Rubrique	Intitulé	Seuil	Régime	Projet
3.1.2.0	Installations, ouvrages, travaux ou activités conduisant à modifier le profil en long ou le profil en travers du lit mineur d'un cours d'eau, à l'exclusion de ceux visés à la rubrique 3.1.4.0, ou conduisant à la dérivation d'un cours d'eau :	1° Sur une longueur de cours d'eau supérieure ou égale à 100 m	Autorisation	Le projet au stade faisabilité prévoit la modification du profil en long du lit mineur sur une quarantaine de mètres (pont inclus)
		x 2° Sur une longueur de cours d'eau inférieure à 100 m	Déclaration	

Figure 15 : Rubriques Loi sur l'Eau concernées par le projet – OH1

2.3.6 Estimation financière des travaux

Le tableau suivant présente une synthèse de l'estimation financière des travaux au stade de l'étude de faisabilité.

RECAPITULATIF		
1	Installation de chantier, études d'exécution et contrôles	4000.00
2	Travaux préparatoires	1900.00
3	Travaux forestiers	120.00
4	Terrassement	2280.00
5	Dispositifs de franchissement piscicoles	5400.00
6	Autres ouvrages (rampe de fond, ouvrage de franchissement, seuil de répartition, réfection maçonnerie...)	600.00
	Total HT	14 300.00 €
	TVA 20 %	2 860.00 €
	Total TTC	17 160.00 €

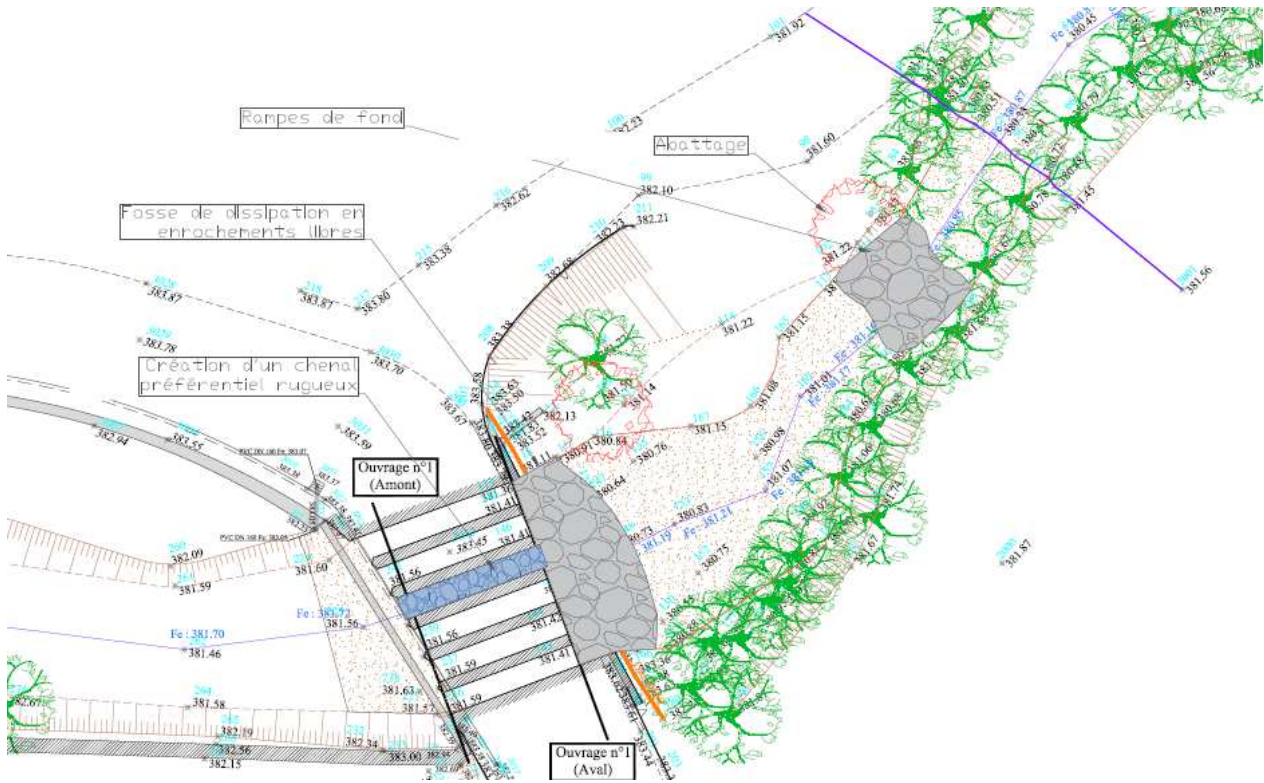
Figure 16 : Estimation financière – OH1

Le détail du chiffrage est joint en annexe 1 du rapport.

2.3.7 Plans des aménagements

Des extraits de plans d'aménagement sont proposés ci-dessous. Les plans complets sont annexés au rapport.

Extrait plan de masse



Extrait profil en long

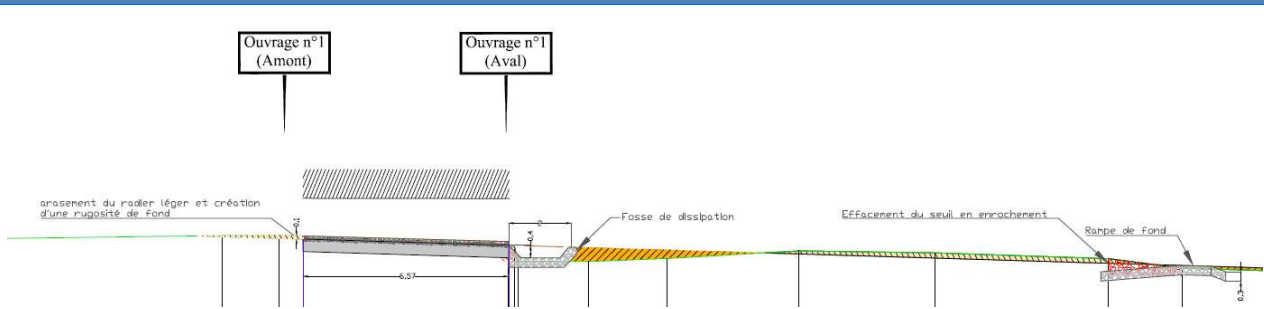


Figure 17 : Extraits de plan de faisabilité – OH1

3 OH 2 : Pont à Saint-Igny-de-Roche (RD81)

3.1 Rappel de l'état initial

La fiche suivante rappelle les principales caractéristiques du site à l'état initial.

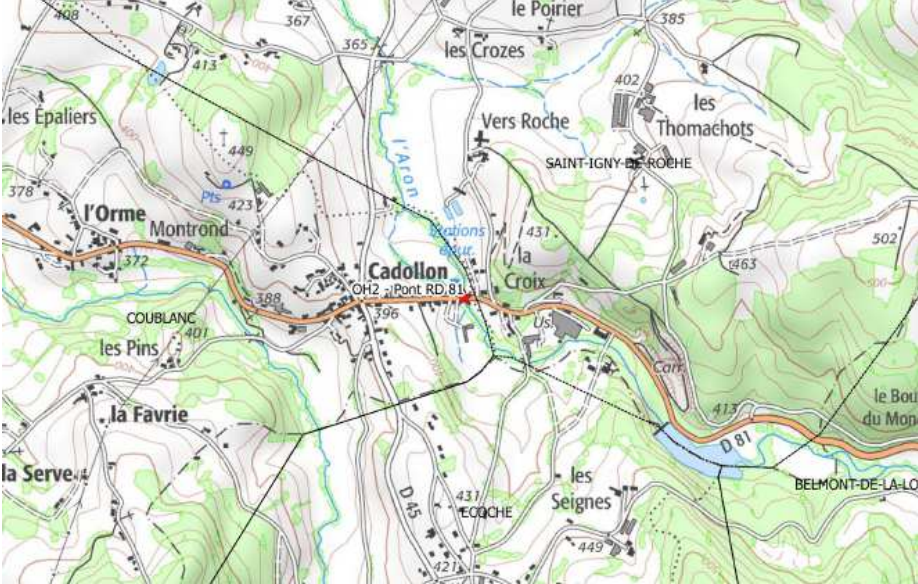


Cours d'eau	L'Aron (FRGR0187)	Commune	Saint Igny de Roche
Localisation de l'ouvrage			
			
Vues de l'ouvrage			
 <p><i>Vue de l'ouvrage depuis l'amont</i></p>		 <p><i>Vue de l'ouvrage depuis l'aval</i></p>	
Caractéristiques de l'ouvrage		Désordres observés	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Pont voûte de 8.8 m de long et 4 m de large 		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Etalement de la lame d'eau et vitesses élevées ▪ Radier perché entraînant une chute aval 	
Franchissabilité	<ul style="list-style-type: none"> ▪ barrière à impact majeur pour la truite et barrière totalement infranchissable pour le chabot. 		

Figure 18 : Fiche de synthèse état initial – OH2

3.2 Faisabilité des aménagements

Pour l'ouvrage OH2, l'étude de faisabilité de tranche ferme porte sur l'effacement du radier.

L'analyse des levés topographiques a mis en évidence que l'effacement du radier de l'ouvrage et la restauration de la pente d'équilibre sur le site nécessiteraient l'arasement du radier du pont sur 55 cm minimum.

Les deux enjeux majeurs associés à la réalisation d'un effacement du radier d'OH2 sont les suivants :

- stabilité de l'ouvrage d'art
- stabilité des berges et risques d'érosion

3.2.1 Eléments géotechniques concernant la stabilité de l'ouvrage d'art

a. Synthèse des données de sol et aléas géotechniques

Le site en question a fait l'objet des investigations géotechniques suivantes :

- 1 sondage de reconnaissances géologiques à 10 m de profondeur avec enregistrement des paramètres de forage à l'avancement et réalisation de 7 essais de chargement de type pressiométrique.
- 1 forage en carottage continu conduisant à 6 m de profondeur.
- 1 carottage de radier conduit à 1.2 m de profondeur.

La succession lithologique et les caractéristiques mécaniques du site sont synthétisées dans le tableau suivant :

Lithologie	Remblais	Remblais	Remblais partiels et alluvions ?	Graviers et sables limoneux granitiques
N° couche	1.1	1.2	1.3	2
Profondeur base couche (m)	1.0	4.5	6.0* à 7.0	10*
Compacité	/	Faible à moyenne	Moyenne	Très élevée
pl* (MPa)	/	0.24	0.82	3
pf* (MPa)	/	0.10	0.43	1.5
Em (MPa)	/	3.0	4.1	20
Hydrogéologie	Niveau de nappe non relevés Les sondages ont été menés au droit ou à forte proximité du cours d'eau			

* profondeurs partielles (fin des sondages)

Figure 19 : Synthèse des données géotechniques –OH2 (Hydrogéotechnique Centre)

Les principaux aléas géotechniques recensés sont les suivants :

- **Géologie** : variations d'épaisseur des remblais superficiels, variations latérales de faciès, profondeur et irrégularités importantes du toit du granite.
- **Nature des matériaux** : présence possible de matériaux de nature hétérogène au sein des remblais et d'éventuels vestiges, couche 2 pouvant correspondre à des arènes granitiques ou à des alluvions, couche 1.3 correspondant partiellement à des remblais et pouvant se mêler à des alluvions
- **Hydrogéologie** : arrivées d'eaux parasites, fluctuations du niveau libre de la nappe, fluctuations du niveau du cours d'eau
- **Environnement et historique du site** : historique du site et du pont non connu (confortement, élargissement, reprise en sous-œuvre), épaisseur du radier reconnu que partiellement, nature de la fondation du pont à préciser par d'éventuelles archives

b. Préconisations générales de travaux

Pour l'ouvrage OH2, l'étude de faisabilité de tranche ferme porte sur l'effacement du radier. Les préconisations générales de travaux formulées par Hydrogéotechnique Centre prennent donc en considération le rabotage du radier existant.

Les investigations géotechniques ont mis en évidence une épaisseur du radier de l'ordre de 75 cm. Compte tenu de la nature du pont (partiellement en pierre maçonneries et comprenant partiellement un revêtement en béton pouvant correspondre à un élargissement post-construction), il est possible que le radier reconnu ne soit pas la fondation de l'ouvrage.

L'analyse d'archives sur le site permettrait de statuer sur la fonction structurelle du radier ainsi que sur son implantation (sous la totalité de l'ouvrage ou uniquement sous la partie béton).

L'effacement partiel de l'obstacle par rabotage du radier peut générer :

- un défaut de résistance interne de la voute ou des parois latérales,
- un défaut de butée des culées du pont.

Les préconisations d'Hydrogéotechnique sont les suivantes :

- si le rabotage du « radier » n'induit pas de défaut de résistance interne et de butée de l'ouvrage : aucun dispositif particulier ne serait nécessaire pour assurer la stabilité de l'ouvrage (diagnostic structurel à réaliser)
- si un défaut de résistance interne et de butée de l'ouvrage est induit par le rabotage du « radier », il sera nécessaire de prévoir toutes les dispositions visant à assurer la stabilité de l'ouvrage en phase provisoire comme définitive (réalisation de tirants actifs associés à une longrine de répartition métallique ou béton armé)

3.2.2 Stabilité des berges et risque d'érosion

On notera également qu'outre les difficultés liées à la stabilité de l'ouvrage OH2 après arasement du radier, cette opération s'accompagnerait d'un risque d'érosion régressive important sur l'amont, évalué à plus de quarante mètres pour un volume de matériaux remobilisé d'environ 80 m³.

3.2.3 Choix du scénario d'aménagement

Le Département 71 nous a confirmé la présence d'archives sur ce site récemment. L'analyse de ces documents sera réalisée dès réception des documents et intégrée au rapport final de phases 2 et 3.

Dans l'attente d'informations concernant le mode de fondation de l'ouvrage OH2, nous avons développé un scénario d'arasement partiel du radier, couplé à la mise en œuvre d'une rampe rugueuse à faible pente.

Les grands principes du scénario d'aménagement sont les suivants :

- arasement du radier d'OH2
- stabilisation de l'échancrure ainsi créée et garantie des conditions de montaison piscicole via la création d'une rampe rugueuse.

3.3 Descriptif général des travaux

3.3.1 Aménagement sous l'ouvrage de franchissement de la RD 81

L'objectif sur ce site est d'aménager le radier de l'ouvrage de telle sorte que la chute aval soit supprimée et que les conditions d'écoulements soient compatibles avec les espèces cibles.

Afin de garantir la stabilité de l'ouvrage et limiter le risque d'érosion régressive, le scénario proposé consiste à l'arasement du radier selon une pente de 3%, tout en maintenant la cote amont du radier du pont. Le raccord entre le radier ainsi arasé et le lit aval nécessitera la création d'un prolongement du radier à 3% sur environ 5 m. Afin de garantir des vitesses adaptées aux conditions de nage des espèces cibles sous l'ouvrage, le radier présentera une rugosité élevée ainsi qu'un chenal d'écoulement préférentiel.

Le tableau suivant synthétise les critères hydrauliques à respecter selon les groupes d'espèces pour ce type d'aménagement (d'après le guide technique « Conception des passes naturelles » - GHAAPE - décembre 2006).

Au vue des faibles débits à considérer, l'objectif de hauteur d'eau minimale à obtenir au sein de l'aménagement a été redescendu à 10 cm. La vitesse d'écoulement maximale a été fixée à 1.5 m/s.

	Hauteur d'eau (m)	Vitesses d'écoulement maximales (m/s)
Truite fario, ombres, cyprinidés rhéophiles	0.2	1.5-2
Petites espèces	0.2	1.2-1.5
Critères retenus	0.1	1.5

Figure 20 : critères hydrauliques – OH2

Le radier du pont sera arasé sur 2.5 m de large ce qui permet d'assurer une marge de sécurité de 75 cm de large au droit des 2 piles. Après arasement, une rampe rugueuse de 13.6 m de long et 3% de pente sera créé (soit jusqu'à 5 m en aval du pont). Afin de concentrer les écoulements en basses eaux, l'aménagement présentera un radier bas de 0.5 m de large et un radier haut.

Dans l'objectif de garantir des conditions d'écoulements adaptées aux espèces cibles sous l'ouverture aménagée, une rugosité élevée sera créé via la mise en place d'enrochements scellés dans un béton de blocage. Les blocs sont installés préférentiellement dans leur plus grande hauteur de manière à présenter une largeur face à l'écoulement de 0,2 à 0,3 m face à l'écoulement, et présentent des interstices d'environ 0,05 m, et une hauteur libre de 0,05 à 0,10 m environ

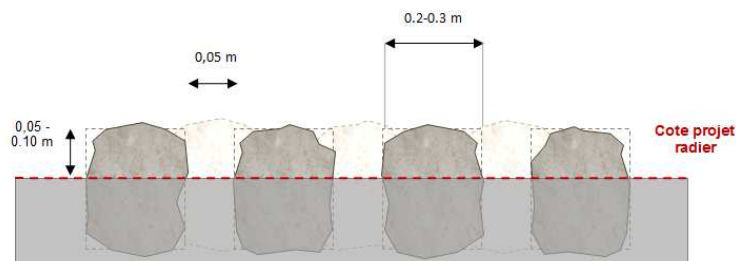


Figure 21 : Caractéristiques des enrochements – OH2

Une fosse de dissipation en aval immédiat de l'ouvrage sera également aménagée en enrochements libres afin de réduire les sollicitations hydrauliques sur le fond du lit et ainsi se prémunir de la formation d'une chute infranchissable.

Les principales dimensions de l'ouvrage sont synthétisées ci-dessous :

Dénivelé du radier	0.42 m
Largeur du coursier :	Radier bas (étiage) 0.5 m
	Radier haut 2 m
Longueur totale de la rampe :	13.6 m
Pente longitudinale :	3%
Cote amont de la rampe	Radier bas (étiage) 374.67 m NGF
	Radier haut 374.25 m NGF
Cote aval de la rampe	Radier bas (étiage) 374.87 m NGF
	Radier haut 374.45 m NGF

D65 des enrochements	200-300 mm
-----------------------------	-------------------

Figure 22 : Dimensions caractéristiques du projet d'aménagement du radier d'OH2

3.3.2 Fonctionnement hydraulique

a. Conditions d'écoulements au sein de la rampe rugueuse

Les tableaux suivants présentent les hauteurs d'eau et vitesses attendues au stade faisabilité sur le radier de l'ouverture aménagée (d'après le guide technique « Conception des passes naturelles » - GHAAPE - décembre 2006).

Dispositif de franchissement OH2		QMNAS 0.014 m3/s			
H eau (m NGF)	374.72	Heau en crête(m) reg.transitoire	Heau dans l'ouvrage (m) reg.uniforme	Débits	Vitesse débitante (m/s)
Passe	Coursier bas	0.05	0.04	0.01	0.45
	Coursier haut	He	0.00	0.00	0.00

Dispositif de franchissement OH2		Module 0.209 m3/s			
H eau (m NGF)	374.96	Heau en crête(m) reg.transitoire	Heau dans l'ouvrage (m) reg.uniforme	Débits	Vitesse débitante (m/s)
Passe	Coursier bas	0.29	0.19	0.12	1.28
	Coursier haut	0.09	0.07	0.09	0.63

Dispositif de franchissement OH2		2x Module 375.040 m3/s			
H eau (m NGF)	375.04	Heau en crête(m) reg.transitoire	Heau dans l'ouvrage (m) reg.uniforme	Débits	Vitesse débitante (m/s)
Passe	Coursier bas	0.37	0.24	0.18	1.48
	Coursier haut	0.17	0.12	0.22	0.93

Figure 23 : Conditions d'écoulement sur le radier après aménagement – OH2

b. Fonctionnalité de la rampe rugueuse

Au QMNA5 les hauteurs d'eau dans l'ouvrage ne dépassent pas 4 cm. La montaison ne pourra être envisagée pour les espèces cibles. Au module et à deux fois le module, les vitesses d'écoulements et les hauteurs d'eau dans la rampe sont compatibles avec les exigences des espèces cibles.

Dispositif de franchissement OH2		Fonctionnalité selon critères vitesses (<1.5 m/s) et hauteur d'eau (>0.10 m)		
		QMNA5	Module	2x Module
Passe	Coursier bas	non	oui	oui
	Coursier haut	non	non	oui

Figure 24 : Synthèse de la fonctionnalité de la rampe rugueuse sous OH2

3.3.3 Impacts des aménagements

Le bilan des incidences prévisibles du projet est présenté au tableau ci-après :

Thèmes	Impacts
Hydraulique	<p>📍 L'arasement partiel du radier du pont avec création d'un chenal d'écoulement préférentiel rugueux permettra la rehausse des lames d'eaux en basses et moyennes eaux.</p> <p>⚠️ Risque de rupture des écoulements dans le bras naturel de la rivière lors de la phase travaux</p> <p>▶ Mesure d'accompagnement : Maintien de la continuité hydraulique par la mise en place d'un dispositif adapté (canalisation temporaire, pompage,...).</p>
Hydromorphologique	<p>📍 Le risque d'érosion régressive est levé par le maintien à l'identique de la cote radier amont du pont.</p>
Stabilité des ouvrages d'art et des infrastructures	<p>⚠️ Risque de déstabilisation de l'ouvrage OH2</p> <p>▶ Mesure d'accompagnement : Création d'une rampe rugueuse au sein de l'échancrure du radier permettant de stabiliser l'aménagement. <i>La réalisation de la dalle béton sera à préciser lors des études d'avant-projet, suite aux informations historiques fournies par le Département 71 sur les fondations d'OH2.</i></p>
Continuité écologique	<p>📍 L'aménagement permet la restauration de la continuité piscicole au droit du site. Le linéaire libéré est de 1.3 km.</p>
Qualité des eaux	<p>⚠️ Risque de dégradation en phase travaux par :</p> <ul style="list-style-type: none"> - remise en suspension des matières fines ; - écoulements accidentels de béton et départ de substances de maçonnerie, hydrofuge ou tout autre polluant ; <p>▶ Mesure d'accompagnement : mesure de préventions (dispositif de filtration, kit anti-pollution, entretien des véhicules hors sur zone adaptée,...)</p>

Thèmes	Impacts
Habitats et faune aquatique	<p>⚠ Risque de dégradation des habitats et d'atteinte à la faune aquatique en phase travaux par :</p> <ul style="list-style-type: none"> - rupture de la continuité hydraulique ; - remise en suspension des matières fines et déversements accidentels de matières polluantes ; - isolation hydraulique du site <p>▶ Mesure d'accompagnement : dispositif de maintien de la continuité hydraulique, dispositif de filtration si nécessaire, période de travaux adaptée,...)</p>

Figure 25 : Incidences du projet – OH2

3.3.4 Cadre réglementaire

Conformément au **titre III du chapitre IV – Section 1 du Code de l'Environnement**, les travaux de restauration sur ce site, sont soumis à **déclaration** au titre des **rubriques de l'article R214-1** suivantes :

Rubrique	Intitulé	Seuil	Régime	Projet
3.1.2.0	Installations, ouvrages, travaux ou activités conduisant à modifier le profil en long ou le profil en travers du lit mineur d'un cours d'eau, à l'exclusion de ceux visés à la rubrique 3.1.4.0, ou conduisant à la dérivation d'un cours d'eau :	1° Sur une longueur de cours d'eau supérieure ou égale à 100 m	Autorisation	Le projet au stade faisabilité prévoit la modification du profil en long du lit mineur sur une quinzaine de mètres (pont inclus).
		x 2° Sur une longueur de cours d'eau inférieure à 100 m	Déclaration	

26

Figure 26 : Rubriques Loi sur l'Eau concernées par le projet - OH2

3.3.5 Estimation financière des travaux

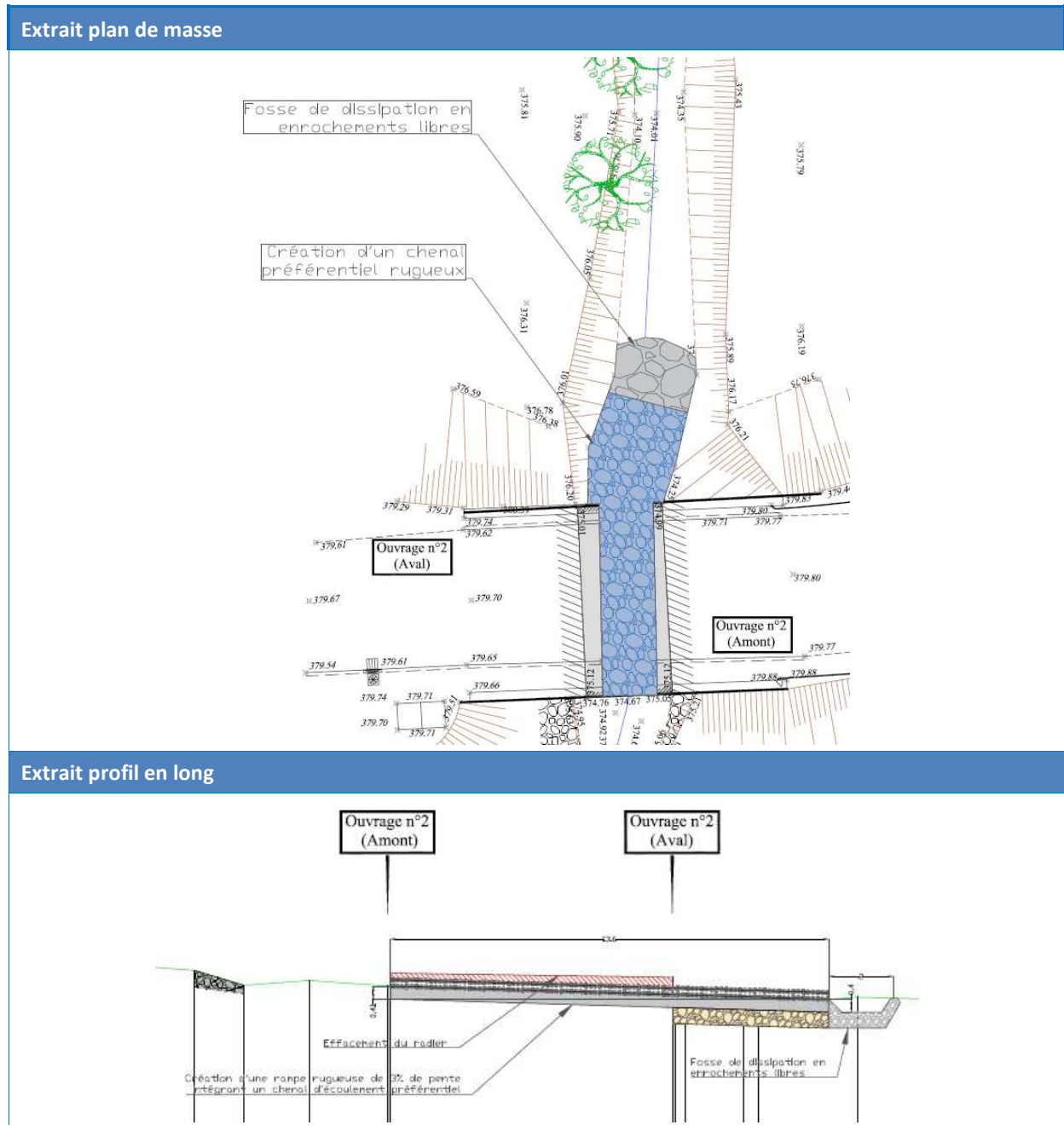
Le tableau suivant présente une synthèse de l'estimation financière des travaux au stade de l'étude de faisabilité.

RECAPITULATIF	OH2
Installation de chantier, études d'exécution et contrôles	4000.00
Travaux préparatoires	2400.00
Travaux forestiers	190.00
Terrassement	1450.00
Dispositifs de franchissement piscicoles	28260.00
Autres ouvrages (rampe de fond, ouvrage de franchissement, seuil de répartition, réfection maçonnerie...)	0.00
Diversification des écoulements	0.00
Génie végétal	0.00
Total HT	36 300.00 €
TVA 20 %	7 260.00 €
Total TTC	43 560.00 €

Figure 27 : Estimation financière – OH2

3.3.6 Plans des aménagements

Des extraits de plans d'aménagement sont proposés ci-dessous.



4 OH 4 et OH 5 : Ponts à Igé (RD85)

4.1 Rappel de l'état initial

La fiche suivante rappelle les principales caractéristiques du site à l'état initial.

Cours d'eau	La Petite Mouge (FRDR12105)	Commune	Igé
Localisation des ouvrages			
Vues des ouvrages			
<p><i>Vue de l'ouvrage OH4 depuis l'aval</i></p>		<p><i>Vue de l'ouvrage OH5 depuis l'aval</i></p>	
Caractéristiques des ouvrages		Désordres observés	
<p>OH4</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Pont cadre de 14 m de long et 3 m de large suivi d'un glacie incliné ▪ Assure le franchissement de la Petite Mouge <p>OH5</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Double ponceau 11.7 m de long et de 4 m de large ▪ Assure le franchissement d'un affluent de la Petite Mouge 		<p>OH4</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Le glacie incliné en aval de l'ouvrage présente une hauteur de chute d'1.8 m <p>OH5</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Le radier du pont est perché, chute > 80 cm 	
Franchissabilité	<ul style="list-style-type: none"> ▪ OH4 : barrière totale à la montaison des espèces cibles ▪ OH5 : barrière totale à la montaison des espèces cibles 		

Figure 29 : Fiche de synthèse état initial – OH4 et OH5

4.2 Faisabilité des aménagements

Lors de la phase n°1, la restauration de la continuité écologique de l'affluent de la Petite Mouge franchi par l'ouvrage OH5 n'a pas été jugé pertinente au vue du très faible linéaire concerné (bras de 200 m seulement).

4.2.1 Choix du scénario d'aménagement

Bien qu'un ouvrage infranchissable soit recensé à 300 m en amont d'OH4, la tête de bassin versant de la Petite Mouge présente un fort intérêt patrimonial et le cours d'eau à l'aval d'Igé jusqu'à la confluence avec la Mouge présente un beau potentiel. L'intérêt du rétablissement de la continuité écologique au droit de la route départementale n°85 est donc fort.

La restauration de la continuité écologique de la Petite Mouge par effacement du radier ou équipement n'est pas envisageable, la chute étant trop élevée (1.8 m). Le scénario développé consiste donc au contournement d'OH4 via la création d'un nouveau tracé de la Petite Mouge, afin que le franchissement de la RD85 soit assuré par l'ouvrage OH5. La chute en aval de l'ouvrage OH5 sera équipée de prébarrages afin de garantir la montaison des espèces cibles.

4.2.2 Eléments géotechniques concernant la stabilité de l'ouvrage d'art

Le site d'implantation des ouvrages OH4 et OH5 a fait l'objet des investigations géotechniques suivantes :

- 2 sondages de reconnaissances géologiques à 8 m de profondeur avec enregistrement des paramètres de forage à l'avancement et réalisation de 6 essais de chargement de type pressiométrique.
- 3 sondages pénétrométriques descendus entre 2.6 et 4.5 m de profondeur
- 2 sondages de reconnaissances géologiques à la tarière, descendus entre 5.3 et 6 m de profondeur

La succession lithologique et les caractéristiques mécaniques du site sont synthétisées dans le tableau suivant :

Ouvrage hydraulique n°4 :

Lithologie	Remblais	Limons +/- argileux et sableux	Sables argileux +/- graveleux	Argiles et marnes +/- graveleuses
N° couche	1	2	3.2	4
Cote base couche (mNGF)	254.2	252.7 à 253.2	250.7 à 251.2	248.9* à 250.2*
Compacité	Modeste à élevée	Faible à modeste	Moyenne à élevée	Moyenne à très élevée
Qd retenu (MPa)	/	0.9	4.0	> 5.0
pl* retenu (MPa)	0.4	0.49	0.7	/
pf* retenu (MPa)	0.23	0.32	0.4	/
Em retenu (MPa)	2.3	3.7	5	/

* profondeurs partielles (fin des sondages)

Ouvrage hydraulique n°5 :

Lithologie	Remblais	Limons +/- argileux et sableux	Sables argileux +/- graveleux	Sables argileux +/- graveleux	Argiles et marnes +/- graveleuses
N° couche	1	2	3.1	3.2	4
Cote base couche (mNGF)	253.8	252.4	251.4	259.8 à 251.0	247.1* à 248.9*
Compacité	Modeste à élevée	Faible à modeste	Faible à modeste	Moyenne à élevée	Moyenne à très élevée
Qd retenu (MPa)	/	0.9	0.9	4.0	> 5.0
pl* retenu (MPa)	0.6	/	/	1.3	4.0
pf* retenu (MPa)	0.35	/	/	1.1	2.5
Em retenu (MPa)	6.5	/	/	10	40

* profondeurs partielles (fin des sondages)

Figure 30 : Synthèse des données géotechniques –OH4/OH5 (Hydrogéotechnique Centre)

Les principaux aléas géotechniques recensés sont les suivants :

- **Géologie** : variations d'épaisseur des différentes couches et notamment des remblais superficiels, variations latérales de faciès, irrégularités importantes du toit des marnes et calcaires très affectés par l'altération
- **Nature des matériaux** : présence possible de matériaux de nature hétérogène au sein des remblais et d'éventuels vestiges, couche 3.1 de mauvaise compacité pouvant comprendre des blocs, couche 4 argilo-marneuse pouvant comprendre des blocs et bancs calcaires
- **Hydrogéologie** : arrivées d'eaux parasites, fluctuations du niveau libre de la nappe, fluctuations du niveau du cours d'eau

a. Préconisations générales de travaux

Pour l'ouvrage OH5, l'étude de faisabilité de tranche ferme porte sur l'équipement. Les préconisations générales de travaux formulées par Hydrogéotechnique Centre concernent donc la conception des fondations de la passe à poisson projetée.

Compte tenu du contexte géotechnique, il est conseillé la réalisation d'une fondation superficielle par radier, réalisée sur une substitution d'1 m de matériaux d'apport de qualité de type concassé calcaire, ancrée dans les couches 3.2 ou 4.

4.2.3 Disponibilité foncière

Le scénario d'aménagement prévoit le contournement de l'ouvrage OH4 afin que le franchissement de la RD85 soit assuré par l'ouvrage OH5. Les parcelles sur le secteur du lit à créer (**zone verte sur la carte**) ne présentent pas de contraintes particulières pour la faisabilité des travaux : l'occupation des sols est dominée par des prairies et la topographie locale est favorable. L'abattage de quelques arbres sera toutefois à envisager le long du futur tracé. Les parcelles en amont immédiat de l'ouvrage (**zone jaune**) sont plus contraintes, avec notamment la présence de berges emmurées qui seront à reprendre afin d'adapter le gabarit existant du petit affluent aux débits après projet (voir paragraphe suivant).

La faisabilité du projet est donc principalement conditionnée par l'accord des propriétaires des parcelles. Après validation du scénario d'aménagement par le comité de pilotage, une rencontre des différents propriétaires sera ainsi à organiser dans l'objectif de leurs présenter le projet sommaire.

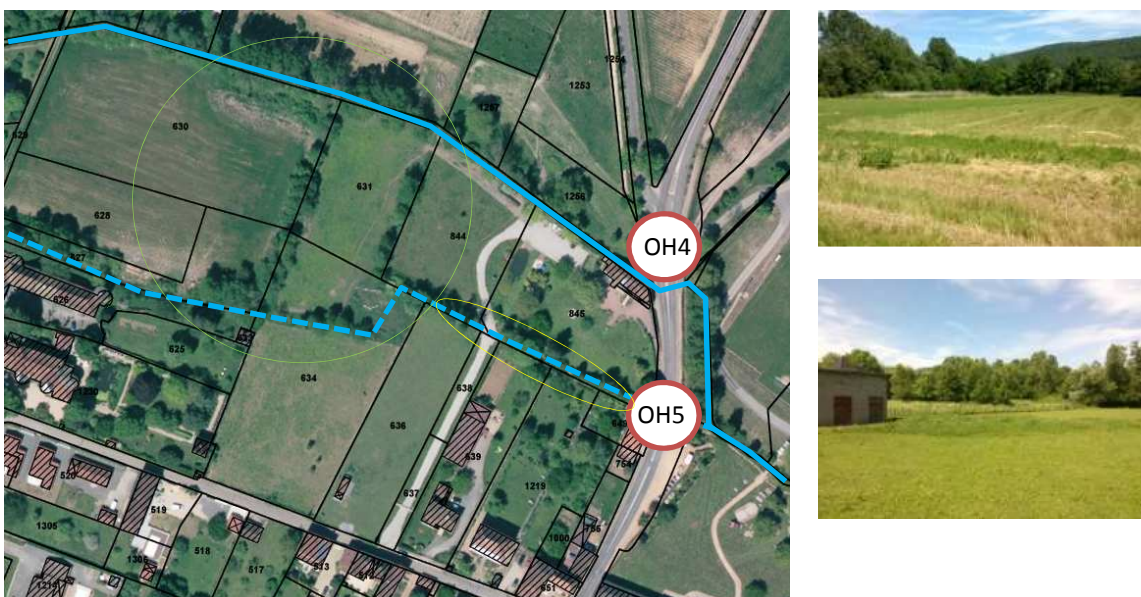


Figure 31 : Vues des parcelles concernées

4.2.4 Stabilité des berges et risque d'érosion

Le lit actuel de l'affluent de la Petite Mouge est corseté entre deux berges emmurées en amont direct de l'ouvrage OH5. Il est indispensable d'intégrer cette contrainte au sein de l'étude de faisabilité pour les raisons suivantes :

- adapter le gabarit existant aux débits futurs
- garantir la stabilité des linéaires de murs à préserver et renaturer les berges lorsque cela est possible.



Figure 32 : Vue des berges de l'actuel bras affluent de la Petite Mouge de l'aval vers l'amont

4.2.5 Réseaux

Au niveau de l'ouvrage OH5 de nombreux réseaux sont recensés :

- réseaux en encorbellement sous les voûtes de l'ouvrage
- branchement privé en traversée de cours d'eau et encorbellement le long du mur rive droite
- réseau communal d'assainissement posé sur le radier rive droite du pont.

Les propriétaires des différents réseaux devront être consultés simultanément au rendez-vous terrain avec les propriétaires de parcelles amont afin de déterminer les possibilités de gestion de cette problématique. La canalisation la plus contraignante pour le projet est celle du branchement privée car elle fait obstacle à l'écoulement des eaux.



Figure 33 : Vue des réseaux concernés

4.2.6 Continuité écologique sur le nouveau tracé

La restauration de la continuité écologique de la Petite Mouge via le contournement de l'ouvrage OH4 doit s'accompagner de la gestion des obstacles rencontrés sur le nouveau tracé soit un passage busé en domaine privé et l'ouvrage OH5.



Figure 34 : Photographies des deux ouvrages persistants faisant obstacles à la continuité écologique

4.3 Descriptif général des travaux

4.3.1 Contournement d'OH4

L'ouvrage OH4 constitue une barrière totale à la montaison piscicole. Le scénario d'aménagement proposé consiste au contournement de l'obstacle via la création d'un nouveau tracé de la Petite Mouge en zone de prairie sur 126.5 ml puis sa confluence avec le petit affluent rive droite, en amont d'OH5 et la reprise du gabarit de celui-ci et de ses berges sur 75 ml.

L'analyse des cartes et photographies historiques n'a pas permis de localiser le tracé d'origine de la Petite Mouge sur le secteur. Les travaux de rectification au droit du stade sont quant à eux bien visibles mais ne nous intéressent pas ici. Le nouveau tracé a donc été établi, sur la base des levés topographiques du secteur et en s'inspirant du tracé de la Petite Mouge en aval d'Igé.

L'extrait de plan de masse présenté ci-dessous illustre le tracé proposé et localise les profils topographiques utilisés pour l'étude de faisabilité.

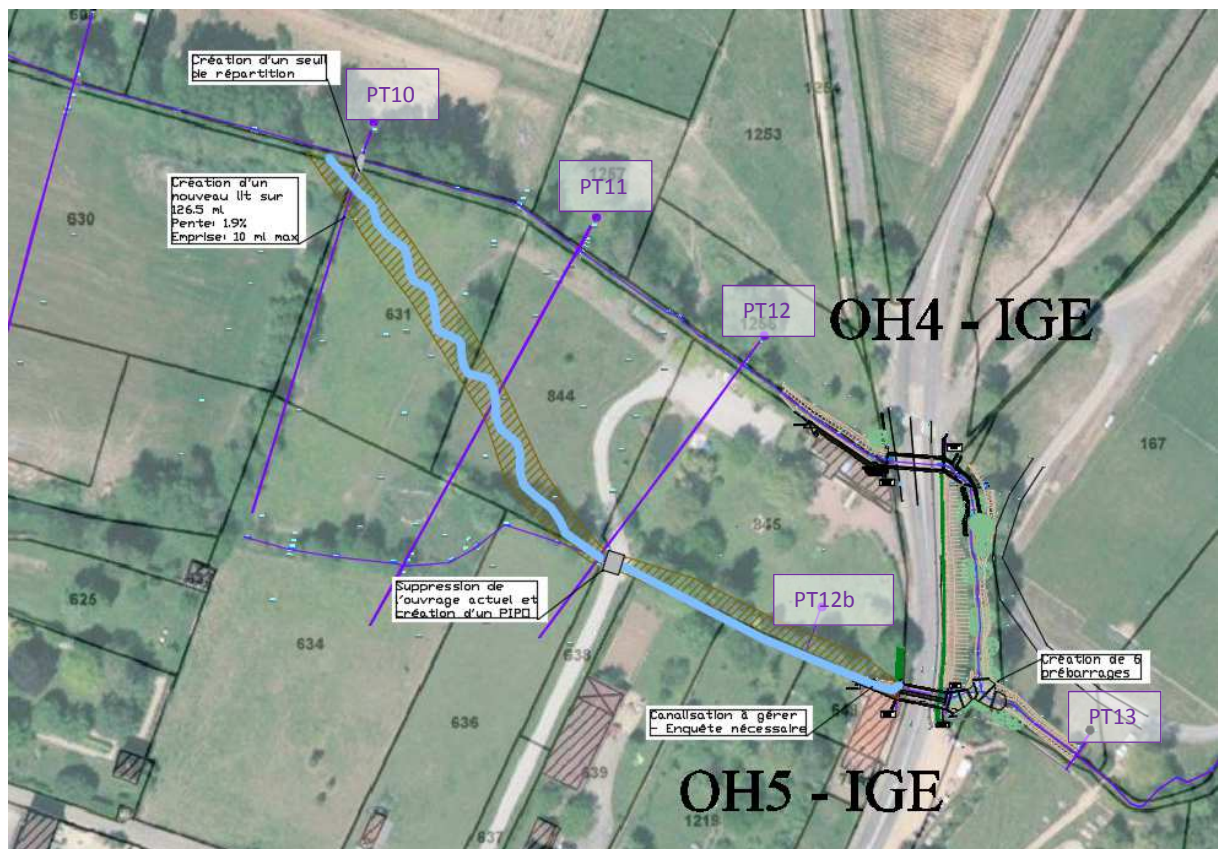


Figure 35 : Extrait du plan de masse

Les travaux consistent donc à :

- **créer un nouveau lit entre le profil 10 et le profil 12 (sur 126.5 ml)**
Le lit mineur présentera une pente globale d'1.9% et un profil emboîté avec 1 m de large en fond de lit et une ouverture en haut de berge de 8 m. Les travaux de terrassement en déblais seront accompagnés de la mise en œuvre d'ouvrages de calage du profil en long de type rampes de fond. Un matelas alluvial sera constitué sur le fond du lit et des blocs de diversification seront mis en œuvre afin de diversifier les écoulements et offrir un support favorable pour le développement de la faune aquatique.
- **créer un ouvrage de répartition des débits en amont**, permettant de concentrer les écoulements du Qmna5 à 2x le module dans le nouveau tracé de la Petite Mouge, et conserver le lit actuel comme bras de décharge en crue.

- **supprimer l'ouvrage de franchissement busé privé** et le remplacer par un ouvrage de type PIPO (passage inférieur portique ouvert).
- **adapter le gabarit du lit actuel du profil 12 à l'amont de l'ouvrage OH5 (soit sur 75 ml)**
Décaissement de la berge rive gauche (y compris abattage de la haie et suppression des maçonneries) pour renaturation. Création d'une pente de talus de 3H/1V et végétalisation (géotextile, boutures de saules et plantations d'arbres et arbustes en haut de berge).
Les murs présents en berge rive droite seront quant à confortés.
- **prévoir une réhabilitation des réseaux** en amont d'OH5 afin que ceux-ci ne représentent plus d'obstacles aux écoulements et notamment celui en traversée de cours d'eau. ** ces travaux nécessitent la rencontre du gestionnaire des réseaux d'assainissement et la mise à disposition de plans de recollement afin de proposer des solutions adaptées.*

Les caractéristiques du lit projet sont les suivantes :

	Tronçon à créer de PT10 à PT12	Tronçon à reprendre de PT12 à l'amont d'OH5
Linéaire total (m)	126.50	75.00
Cotes d'implantation amont (m NGF)	257.13	254.72
Cotes d'implantation aval (m NGF)	254.72	253.87
Largeur du fond de lit (m)	0.7-1.3	0.7-1
Pente transversale (%)	1.9%	1.1%
Pente des berges	3H/1V (rives droite et gauche)	3H/1V rive gauche Mur rive droite
Ouverture en haut de berge (m)	8	6

Figure 36 : Dimensions caractéristiques du projet de contournement d'OH4

4.3.2 Equipement de la chute en aval d'OH5

La restauration de la continuité écologique au droit de l'ouvrage OH5 nécessite la réhausse de la lame d'eau sur le radier de l'ouvrage ainsi que l'équipement de la chute en aval.

Le principe de base des prébarrages est de diviser le dénivelé total de la chute d'eau en une série de chutes, afin de former un «escalier hydraulique» compatible avec la capacité de nage des poissons.

Les chutes sont contrôlées par des seuils qui séparent des bassins, l'objectif étant de maintenir un niveau d'eau en amont de chaque dispositif et de créer des bassins successifs de dissipation de l'énergie hydraulique et de repos aux espèces piscicoles.

Si plusieurs pré-barrages sont envisagés, il faut veiller à avoir un espacement suffisant entre ceux-ci pour obtenir un effet significatif d'une part sur l'écoulement de l'eau lorsque les débits augmentent et d'autre part sur la dissipation de l'énergie de l'eau. Cela permet, en outre, d'éviter d'éventuels problèmes d'érosion des berges.



Figure 37 : Exemples de prébarrages

La conception des aménagements a été réalisée sur la base des prescriptions techniques définies dans le guide technique suivant : Passes à poissons. Expertise Conception des ouvrages de franchissement. Larinier M., Porcher J.P, Travade F., Gosset C. Collection mise au point CSP, 335 p, 1994.

La réalisation des prébarrages doit tenir compte des capacités de nage de l'espèce considérée, soit ici la truite Fario. La fonctionnalité des aménagements retenue est la plage de débits suivante : de l'étiage quinquennal à 2 x le module. Les bases de dimensionnement retenues pour la conception de l'ouvrage sont les suivantes :

Espèce	Nom scientifique	Chute maximale DHmax (m)	Largeur minimale échancrure latérale (m)	Puissance dissipée max (W/m ³)
Truite de rivière [15-30]	<i>Salmo trutta</i>	0.30	0.50	300

Figure 38 : Bases de dimensionnement des prébarrages

L'aménagement consistera en la création de 5 bassins et de 6 prébarrages successifs en béton. Les fondations de l'ouvrage respecteront les préconisations géotechniques.

Chacune des cloisons transversales intègrera une échancrure de 50 cm pour les basses eaux. Les cloisons seront également équipées d'un dispositif d'entretien permettant la gestion des embâcles ainsi que la chasse des sédiments.



Figure 39 : Exemples de cloisons de prébarrages

A l'aval de l'aménagement, une fosse de dissipation en enrochements libres sera également mise en œuvre pour prévenir le risque d'érosion.

Les principales dimensions de l'aménagement sont les suivantes :

	Dimensions générales		Calage altimétrique		
	Surface du bassin (m ²)	Largeur totale cloison (m)	Cote fond (mNGF)	Cote échancrure basse (mNGF) Largeur: 0.5 m	Cote échancrure haute (mNGF) Largeur: 1.5 m
Amont			253.87	253.87	254.07
Bassin 1	12.80	4.2	253.17	253.57	253.77
Bassin 2	7.20	2.75	252.87	253.27	253.47
Bassin 3	4.50	4.4	252.57	252.97	253.17
Bassin 4	15.60	5.76	252.27	252.67	252.87
Bassin 5	9.25	4	251.97	252.37	252.57
Aval	-	-			

Figure 40 : Dimensions caractéristiques du projet d'aménagement de l'aval d'OH5

4.3.3 Fonctionnement hydraulique

L'analyse des incidences du contournement d'OH4 via la création d'un nouveau tracé de la Petite Mouge a été réalisée via la réalisation d'un modèle hydraulique.

Les conditions d'écoulements au sein des futurs prébarrages en aval d'OH5, ont quant à elles été calculées via l'utilisation de l'outil développé par l'ONEMA : CASSIOPE

a. Modélisation hydraulique

4.3.3.a.1 Présentation générale

L'objectif de l'étude hydraulique est de déterminer l'incidence de la mise en eau du nouveau tracé prévu en rive droite sur la Petite Mouge, et de tester la faisabilité de ce scénario.

Un modèle hydraulique a été monté à partir des données topographiques levées dans cette étude. Le linéaire de vallée modélisée est environ de 350m. Il s'étend de l'amont de la séparation des deux bras, au droit du Profil 9, soit 75m en aval jusqu'à l'aval de leur confluence, au droit du profil 13, soit 33m environ.

Le logiciel utilisé est le logiciel HEC-RAS, développé par le Corps des Ingénieurs de l'Armée Américaine. Ce logiciel fonctionne par résolution des équations complètes de Barré de Saint Venant pour un réseau hydrographique ramifié et maillé, et permet de prendre en compte l'ensemble des ouvrages hydrauliques classiquement rencontrés en rivière (seuils, barrages, ouvrages de régulation, ...).

HEC-RAS permet la modélisation en régime permanent, mais aussi en régime transitoire. Compte tenu de la problématique, on rappelle que la présente étude a été réalisée en régime permanent. Au vu de la finalité de l'étude, un modèle en régime transitoire n'apporte pas une plus-value suffisante pour compenser le surcoût qu'il engendrerait.

La figure ci-dessous présente l'architecture du modèle en état projet :

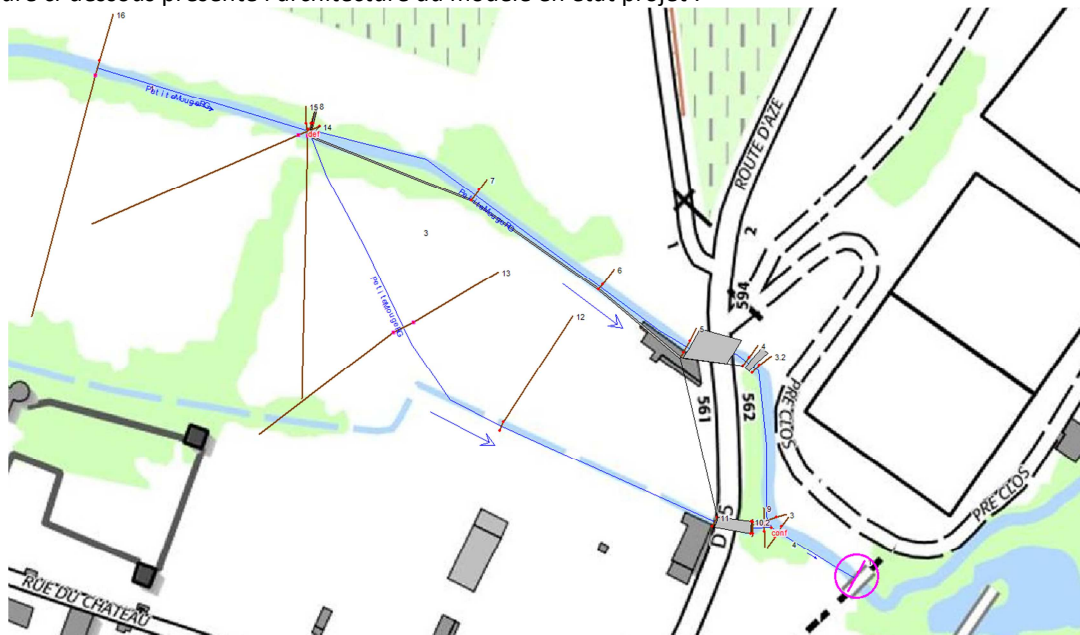


Figure 41 : Illustration du modèle hydraulique réalisé

On peut voir à travers cette architecture, que nous avons créé deux bras, à partir du profil P10, un bras rive gauche (bras RG), correspondant au lit actuel de la Petite Mouge, et un nouveau lit en rive droite (bras RD), qui rejoint le fond de vallée de la Petite Mouge pour traverser l'OH5.

Au droit du lit actuel, en aval de cette diffluence, nous avons créé un seuil couvrant toute la largeur du lit mineur de la Petite Mouge, sur une hauteur de 25cm environ (cote 257,40 mNGF).

4.3.3.a.2 Débits projet

Les débits simulés sont présentés dans le tableau ci-après.

Occurrence	Débits retenus (m3/s)
QMNA5	0.011
Module	0.136
2xModule	0.272
Q2	1.30
Q5	3.60
Q10	4.40

Figure 42 : Débits modélisés

4.3.3.a.3 Coefficients de rugosité

Les coefficients de rugosité retenus sont les suivants :

- Rugosité en lit mineur : $K= 25$, valeur équivalente pour un lit mineur avec berges boisées,
- Rugosité en lit majeur : $K= 15$, valeur équivalente pour des prairies,

4.3.3.a.4 Condition aval

La condition aval est un paramètre de calcul et correspond à la cote de départ de la simulation, puisque, les écoulements étant en régime fluvial, la ligne d'eau est calculée de l'aval vers l'amont.

En l'absence d'éléments de calage à l'aval de la zone d'étude, il est difficile d'avoir une idée très précise de cette cote aval. A défaut, on a choisi, pour chacune des crues modélisées, une cote de départ correspondant à un écoulement dit normal, c'est-à-dire non perturbé par la présence d'ouvrage ou d'un changement de géométrie du lit : dans ces conditions, la pente de la ligne d'eau est parallèle à la pente générale de la vallée, que l'on peut estimer en première approche à 1% dans ce secteur.

b. Synthèse des résultats de la modélisation

Le logiciel HEC-RAS permet de calculer la répartition de débits entre les deux bras, en fonction des caractéristiques géométriques entrées dans le modèle. Les résultats sont les suivants :

Occurrence	Répartition des Débits (m3/s)			
	Petit Mouge à l'amont	Ancien tracé (Rive Gauche)	Nouveau tracé (Rive Droite)	Confluence
QMNA5	0.01	0.00	0.01	0.01
Module	0.14	0.00	0.14	0.14
2xModule	0.27	0.00	0.27	0.27
Q2	1.30	0.27	1.03	1.30
Q5	3.60	0.91	2.69	3.60
Q10	4.40	1.13	3.27	4.40

Figure 43 : Répartition des débits après aménagement

Le seuil de répartition des débits, permet d'alimenter à 100% le nouveau lit (bras RD) jusqu'à deux fois le module, puis de répartir les débits entre les deux bras pour les crues supérieures.

Concernant l'incidence de l'aménagement sur les débordements, on constate pour les débits importants (supérieures à Q5), qu'une partie des écoulements débordent du lit mineur de la Petite Mouge actuelle (bras RG) pour aller dans son fond de vallée (bras RD). Cela s'explique par le fait que le bras rive gauche est surélevé par rapport au bras rive droite. Ces débits sont cependant très faibles (de l'ordre de 5% du débit circulant dans le bras rive gauche pour la Q10).

Concernant le bras nouvellement créé, aucun débordement n'est observé (Q10 incluse).

c. Conditions d'écoulements au sein des prébarrages

Les tableaux suivants présentent les conditions d'écoulements au sein des prébarrages installés en aval d'OH5.

QMNA5	Heau (mNGF)	Hauteur de chute (m)	Puissance dissipée volumique (watts/m3)	Profondeur moyenne (m)
0.011 m3/s				
Amont	253.98			0.11
Bassin 1	253.68	0.30	13	0.51
Bassin 2	253.38	0.30	23	0.51
Bassin 3	253.08	0.30	37	0.51
Bassin 4	252.78	0.30	11	0.51
Bassin 5	252.48	0.30	18	0.51
Aval	252.34	0.14		

Module	Heau (mNGF)	Hauteur de chute (m)	Puissance dissipée volumique (watts/m3)	Profondeur moyenne (m)
0.136 m3/s				
Amont	254.13			0.26
Bassin 1	253.83	0.30	49	0.66
Bassin 2	253.53	0.30	87	0.66
Bassin 3	253.23	0.30	140	0.66
Bassin 4	252.93	0.30	40	0.66
Bassin 5	252.63	0.30	68	0.66
Aval	252.42	0.21		

2 x Module	Heau (mNGF)	Hauteur de chute (m)	Puissance dissipée volumique (watts/m3)	Profondeur moyenne (m)
0.272 m3/s				
Amont	254.21			0.34
Bassin 1	253.91	0.30	88	0.74
Bassin 2	253.61	0.30	156	0.74
Bassin 3	253.31	0.30	250	0.74
Bassin 4	253.01	0.30	72	0.74
Bassin 5	252.71	0.30	122	0.74
Aval	252.47	0.24		

Figure 44 : Conditions d'écoulement sur les prébarrages -OH5

d. Fonctionnalité des prébarrages

Les résultats indiquent que les conditions d'écoulement au sein de l'aménagement sont compatibles avec les capacités de nage de l'espèce cible du Qmna5 à 2x le module. On notera que la profondeur dans les bassins au QMNA5 est quelque peu en deçà de la valeur recommandée (2x la hauteur de chute).

Dispositif de franchissement OH5	Fonctionnalité selon critères chute (<= 0.3 m) et puissance dissipée (<300 W/m3)		
	QMNA5	Module	2 x Module
Prébarrages	oui	oui	oui

Figure 45 : Synthèse de la fonctionnalité des prébarrages -OH5

4.3.4 Impacts des aménagements

Le bilan des incidences prévisibles du projet est présenté au tableau ci-après :

Thèmes	Impacts
Hydraulique	<p>🟢 Le projet de contournement de l'ouvrage OH4 via la création d'un nouveau tracé de la Petite Mouge au stade d'étude de faisabilité ne conduit pas à l'augmentation des débordements en amont de la route départementale n°85. Les débits du qmna5 à 2x le module sont concentrés dans le nouveau tracé tandis que le lit actuel est conservé comme bras de décharge en crue.</p> <p>🔴 Risque de rupture des écoulements dans le bras naturel de la rivière lors de la phase travaux</p> <p>▶ Mesure d'accompagnement : Maintien de la continuité hydraulique par la mise en place d'un dispositif adapté (canalisation temporaire, pompage,...).</p>
Hydromorphologique	<p>🟢 La stabilisation du profil en long du nouveau tracé est assurée via la mise en place de rampes de fond, en amont de la diffluence (PT10) et en amont de la confluence avec le petit affluent (PT12).</p>
Stabilité des ouvrages d'art et des infrastructures	<p>🔴 Risque de déstabilisation des berges artificialisées en amont de l'ouvrage OH5</p> <p>🔴 Risque vis à vis des réseaux implantés au droit de l'ouvrage OH5 (enquête auprès du propriétaire et des gestionnaires en cas de poursuite du projet).</p> <p>▶ Mesure d'accompagnement : renaturation de la berge rive gauche (permettant également d'adapter le gabarit du lit aux nouveaux débits y transitant) et confortement des murs en rive droite</p>
Continuité écologique	<p>🟢 La continuité écologique est restaurée pour l'espèce cible truite fario. Le linéaire libéré est de 0.7 km.</p>
Qualité des eaux	<p>🔴 Risque de dégradation en phase travaux par :</p> <ul style="list-style-type: none"> - remise en suspension des matières fines ; - écoulements accidentels de béton et départ de substances de maçonnerie, hydrofuge ou tout autre polluant ; <p>▶ Mesure d'accompagnement : mesure de préventions (dispositif de filtration, kit anti-pollution, entretien des véhicules hors sur zone adaptée,...)</p>
Habitats et faune aquatique	<p>🔴 Risque de dégradation des habitats et d'atteinte à la faune aquatique en phase travaux par :</p> <ul style="list-style-type: none"> - rupture de la continuité hydraulique ; - remise en suspension des matières fines et déversements accidentels de matières polluantes ; - isolation hydraulique du site <p>▶ Mesure d'accompagnement : dispositif de maintien de la continuité hydraulique, dispositif de filtration si nécessaire, période de travaux adaptée,...)</p>

Figure 46 : Incidences du projet – OH4 et OH5

4.3.5 Cadre réglementaire

Conformément au **titre III du chapitre IV – Section 1 du Code de l'Environnement**, les travaux de restauration sur ce site, sont soumis à **autorisation** au titre des **rubriques de l'article**

Rubrique	Intitulé	Seuil	Régime	Projet
3.1.1.0	Installations, ouvrages, remblais et épis, dans le lit mineur d'un cours d'eau, constituant :	1° Un obstacle à l'écoulement des crues	Autorisation	Rubrique non concernée. Deux seuils transversaux sont bien installés en amont et aval du lit actuel de la Petite Mouge, au point de raccordement avec le lit nouvellement créé. Ces ouvrages ne constituent pas d'obstacles à l'écoulement des crues. La continuité écologique est quant à elle assurée sur le nouveau tracé.
		2° Un obstacle à la continuité écologique <i>a) Entraînant une différence de niveau supérieure ou égale à 50 cm,</i>	Autorisation	
		2° Un obstacle à la continuité écologique <i>b) Entraînant une différence de niveau supérieure à 20 cm mais inférieure à 50 cm</i>	Déclaration	
3.1.2.0	Installations, ouvrages, travaux ou activités conduisant à modifier le profil en long ou le profil en travers du lit mineur d'un cours d'eau, à l'exclusion de ceux visés à la rubrique 3.1.4.0, ou conduisant à la dérivation d'un cours d'eau :	x 1° Sur une longueur de cours d'eau supérieure ou égale à 100 m	Autorisation	Le projet au stade faisabilité prévoit la modification du profil en long du lit mineur sur 250 ml maximum
		x 2° Sur une longueur de cours d'eau inférieure à 100 m	Déclaration	
3.1.4.0	Consolidation ou protection des berges, à l'exclusion des canaux artificiels, par des techniques autres que végétales vivantes	1° Sur une longueur supérieure ou égale à 200 m	Autorisation	Suppression du mur rive gauche en amont d'OH5 et confortement du mur rive droite
		x 2° Sur une longueur supérieure ou égale à 20 m mais inférieure à 200 m	Déclaration	
3.1.5.0	Installations, ouvrages, travaux ou activités, dans le lit mineur d'un cours d'eau, étant de nature à détruire les frayères, les zones de croissance ou les zones d'alimentation de la faune piscicole, des crustacés et des batraciens, ou dans le lit majeur d'un cours d'eau, étant de nature à détruire les frayères de brochet :	1° Destruction de plus de 200 m ² de frayères	Autorisation	Rubrique non concernée. Bien que le lit actuel de la Petite Mouge présente une granulométrie intéressante, le secteur concerné par les travaux est totalement isolé par des obstacles à la continuité écologique (moulin en amont, OH4 et OH5 en aval). Il est prévu la mise en œuvre d'un matelas alluvial sur le nouveau tracé .
		2° Dans les autres cas	Déclaration	

Figure 47 : Rubriques Loi sur l'Eau concernées par le projet - OH4 et OH5

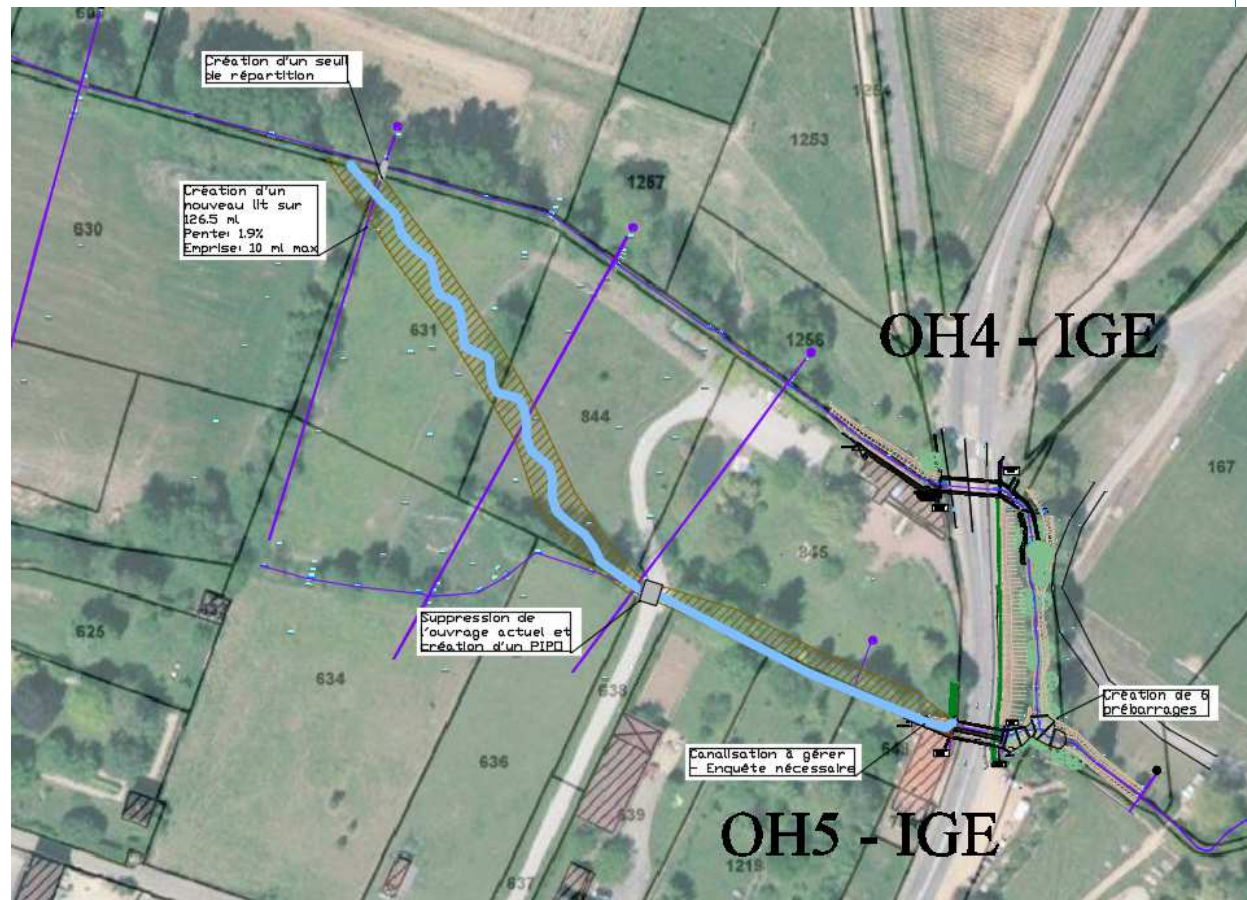
4.3.6 Estimation financière des travaux

RECAPITULATIF	OH4-5
Installation de chantier, études d'exécution et contrôles	5000.00
Travaux préparatoires	3800.00
Travaux forestiers	5000.00
Terrassement	42200.00
Dispositifs de franchissement piscicoles	36710.00
Autres ouvrages (rampe de fond, ouvrage de franchissement, seuil de répartition, réfection maçonnerie...)	26050.00
Diversification des écoulements	1350.00
Génie végétal	17920.00
Total HT	138 030.00 €
	TVA 20 %
	27 606.00 €
Total TTC	165 636.00 €

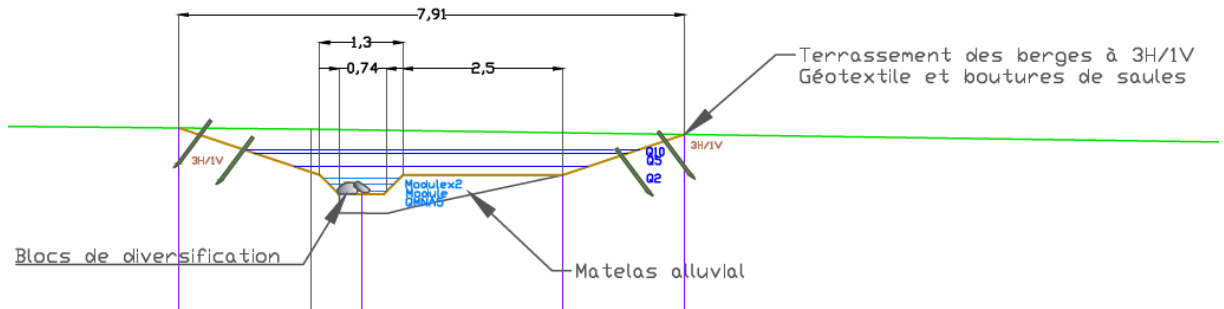
4.3.7 Plans des aménagements

Des extraits de plans d'aménagement sont proposés ci-dessous.

Extrait plan de masse



Extrait profil en travers du nouveau lit de la Petite Mouge



Extrait profil en long des prébarrages

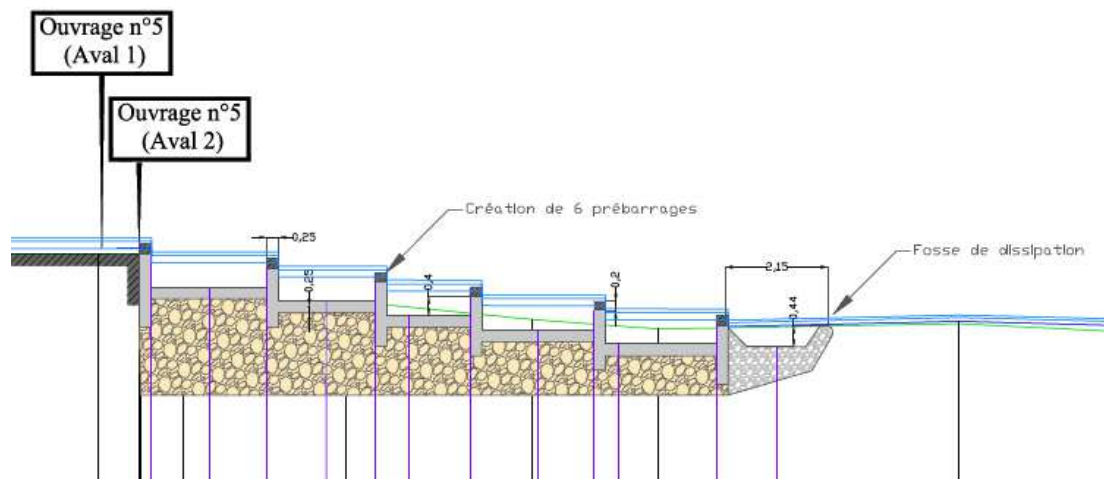


Figure 48 : Extraits de plan de faisabilité – OH4 et OH5

5 OH 6 : Pont à Igé (RD134)

5.1 Rappel de l'état initial

La fiche suivante rappelle les principales caractéristiques du site à l'état initial.




Cours d'eau	La Petite Mouge (FRDR12105)	Commune	Igé
Localisation de l'ouvrage			
			
Vues de l'ouvrage			
 <p><i>La rampe béton en amont de l'ouvrage</i></p>		 <p><i>Vue de l'ouvrage depuis l'aval</i></p>	
Caractéristiques de l'ouvrage		Désordres observés	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ pont de 10 m de long et 1.7 m de large ▪ rampe ciment de 5.5 m de long implantée en amont 		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Lamé d'eau étalée et vitesses élevées sur la rampe ciment amont ▪ Infiltration des eaux en amont de la rampe en étiage sévère 	
Franchissabilité	<ul style="list-style-type: none"> ▪ barrière totale à la montaison des espèces cibles 		

Figure 49 : Fiche de synthèse état initial – OH6

5.2 Faisabilité des aménagements

5.2.1 Enjeux locaux et projets d'aménagements en cours

La tête de bassin versant de la Petite Mouge présente un fort intérêt patrimonial mais la qualité du cours d'eau est fortement dégradée le long de la carrière implantée à quelques kilomètres en amont de l'ouvrage OH6. On notera également la présence d'un seuil transversal d'1.7 m de haut à 25 m en amont direct du pont départemental.

Sur ce secteur, l'EPTB Saône et Doubs a mentionné l'existence de plusieurs projets :

- restauration physique de la Petite Mouge le long de la carrière après arrêt d'exploitation. Avec notamment la mise à découvert du cours d'eau aujourd'hui busé sur un important linéaire
- restauration de la Petite Mouge en amont direct d'OH6, via la remise en fond de talweg du cours d'eau et le contournement du seuil d'1.7 m de haut en amont d'OH6.

Dans la situation actuelle, la rampe béton en amont d'OH6, construite par un tiers, représente l'obstacle à la continuité écologique. L'ouvrage de franchissement quant à lui présente une pente forte mais un radier aménagé avec des enrochements permettant de créer des écoulements variés avec des zones de repos.

A terme, il est possible que le franchissement de la RD134 soit amené à être déplacé dans le cadre de la restauration du cours de la Petite Mouge sur le secteur. Un courrier du Département au Président du comité de rivière et du SIVOM est envisagé par rapport à ce contexte afin de confirmer ou non la nécessité d'intervention.

5.2.2 Choix du scénario d'aménagement

Au vue du contexte local, le scénario développé sur ce site pour la restauration de la continuité écologique est minimaliste. Il consiste à effacer complètement le radier béton créé par un tiers en amont de l'ouvrage.

43

On notera que cela ne règle en rien la problématique liée au seuil implanté 25 m en amont. Le linéaire ainsi libéré est minime (25 m) et ne présente pas d'intérêt patrimonial particulier.

5.3 Descriptif général des travaux

L'objectif sur ce site est donc la suppression du radier béton. Celle-ci s'accompagnera d'un confortement des murs en rives droite et gauche afin de palier à tout risque de déstabilisation des berges. On notera la présence d'une habitation implantée directement en rive droite du cours d'eau.

5.3.1 Impacts des aménagements

Le bilan des incidences prévisibles du projet est présenté au tableau ci-après :

Thèmes	Impacts
Hydraulique	<p>🟢 L'effacement du radier permettra de supprimer l'effet d'infiltration des eaux en étiage sévère observé sur le site et de restaurer des écoulements naturels.</p> <p>🔴 Risque de rupture des écoulements dans le bras naturel de la rivière lors de la phase travaux</p> <p>▶ Mesure d'accompagnement : Maintien de la continuité hydraulique par la mise en place d'un dispositif adapté (canalisation temporaire, pompage,...).</p>

Hydromorphologique	<p>📍 Le risque d'érosion régressive est levé par la mise en œuvre d'une rampe de fond en enrochements libres en lieu et place de la rampe ciment.</p>
Stabilité des ouvrages d'art et des infrastructures	<p>📍 Risque de déstabilisation des berges emmurées</p> <p>▶ Mesure d'accompagnement : confortement des murs et création d'une rampe de fond pour limiter le risque d'érosion régressive et latérale.</p>
Continuité écologique	<p>📍 L'aménagement permet la restauration de la continuité piscicole au droit de l'ouvrage départemental. Mais la présence d'un seuil transversal implanté 25 m en amont constitue toujours une barrière totale à la montaison des espèces cibles. Le linéaire libéré est de 25 m.</p>
Qualité des eaux	<p>📍 Risque de dégradation en phase travaux par :</p> <ul style="list-style-type: none"> - remise en suspension des matières fines ; - écoulements accidentels de béton et départ de substances de maçonnerie, hydrofuge ou tout autre polluant ; <p>▶ Mesure d'accompagnement : mesure de préventions (dispositif de filtration, kit anti-pollution, entretien des véhicules hors zone adaptée,...)</p>
Habitats et faune aquatique	<p>📍 Risque de dégradation des habitats et d'atteinte à la faune aquatique en phase travaux par :</p> <ul style="list-style-type: none"> - rupture de la continuité hydraulique ; - remise en suspension des matières fines et déversements accidentels de matières polluantes ; - isolation hydraulique du site <p>▶ Mesure d'accompagnement : dispositif de maintien de la continuité hydraulique, dispositif de filtration si nécessaire, période de travaux adaptée,...)</p>

Figure 50 : Incidences du projet – OH6

5.3.2 Cadre réglementaire

Conformément au **titre III du chapitre IV – Section 1 du Code de l'Environnement**, les travaux de restauration sur ce site, sont soumis à **déclaration** au titre des **rubriques de l'article R214-1** suivantes :

Rubrique	Intitulé	Seuil	Régime	Projet
3.1.2.0	Installations, ouvrages, travaux ou activités conduisant à modifier le profil en long ou le profil en travers du lit mineur d'un cours d'eau, à l'exclusion de ceux visés à la rubrique 3.1.4.0, ou conduisant à la dérivation d'un cours d'eau :	1° Sur une longueur de cours d'eau supérieure ou égale à 100 m	Autorisation	Le projet au stade faisabilité prévoit la modification du profil en long du lit mineur sur 10 mètres.
		x 2° Sur une longueur de cours d'eau inférieure à 100 m	Déclaration	

Figure 51 : Rubriques Loi sur l'Eau concernées par le projet – OH6

5.3.3 Estimation financière des travaux

	RECAPITULATIF	OH6
1	Installation de chantier, études d'exécution et contrôles	2000.00
2	Travaux préparatoires	2300.00
3	Travaux forestiers	0.00
4	Terrassement	5000.00
5	Dispositifs de franchissement piscicoles	0.00
6	Autres ouvrages (rampe de fond, ouvrage de franchissement, seuil de répartition, réfection maçonnerie...)	2700.00
7	Diversification des écoulements	0.00
8	Génie végétal	0.00
	Total HT	12 000.00 €
		TVA 20 %
		2 400.00 €
		Total TTC
		14 400.00 €

5.3.4 Plans des aménagements

Des extraits de plans d'aménagement sont proposés ci-dessous.

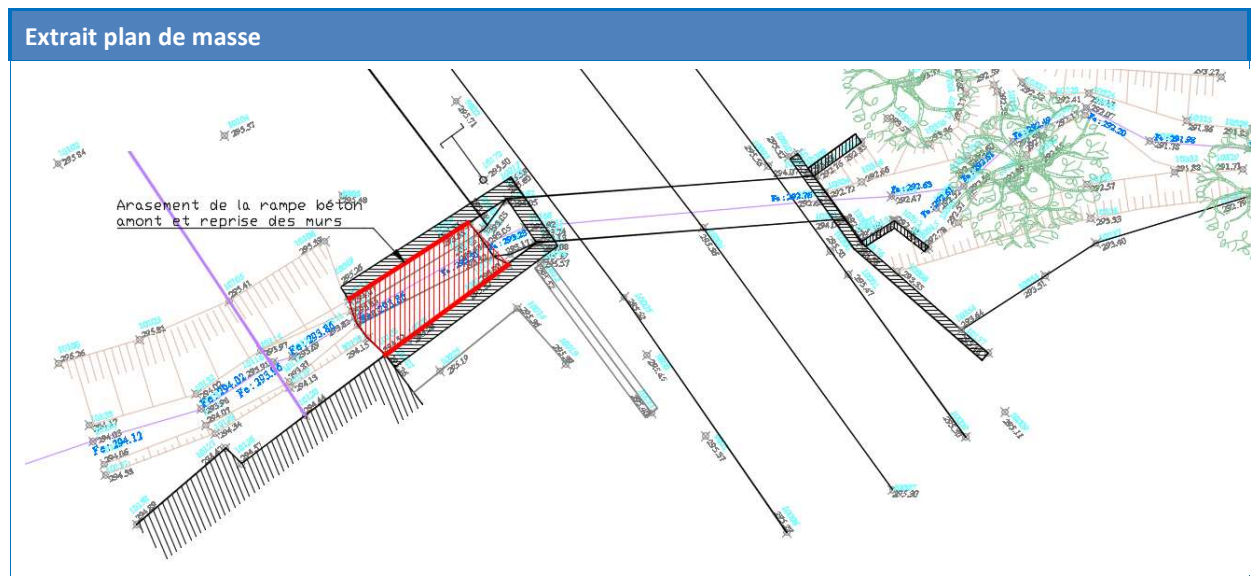


Figure 52 : Extraits de plan de faisabilité – OH6

6 Conclusion

Une synthèse des phases n°2 et 3 est proposée ci-dessous.

Code	Implantation	Cours d'eau	Espèce(s) cible(s)	Aménagements proposés	Atteinte des objectifs de restauration de la continuité écologique	Impacts Hydrauliques	Stabilités des ouvrages d'art et des berges	Usages	Estimation des travaux
OH1	RD179 à Saint-Léger-sous-Beuvray	Le Méchet (FRGR0198)	Truite Fario et ses espèces accompagnatrices chabot et lamproie de planer Saumon atlantique, anguille	Effacement du seuil en aval du pont Arasement du radier sous une des arches et création d'une rampe rugueuse à 3% de pente Reprise du lit en aval de l'ouvrage sur 30 ml	Restauration de la continuité écologique pour la truite et ses espèces accompagnatrices en moyennes et hautes eaux. Restauration de la continuité écologique pour le saumon en hautes eaux Linéaire libéré de 2.25 km	Concentration des écoulements en basses eaux.	Création d'une rampe rugueuse au sein de l'échancrure du radier permettant de stabiliser l'aménagement et de lever le risque d'érosion régressive	Aucun usage officiel. Suppression du remous en amont du seuil et donc du site propice à la baignade	14.3 k€ HT
OH2	RD81 à Saint Igny de Roche	L'Aron (FRGR0187)	Truite fario et chabot	Arasement du radier et création d'une rampe rugueuse à 3% de pente	Restauration de la continuité écologique pour les espèces cibles en moyennes et hautes eaux. Linéaire libéré de 1.3 km	Concentration des écoulements en basses eaux.	Création d'une rampe rugueuse au sein de l'échancrure du radier permettant de stabiliser l'aménagement et de lever le risque d'érosion régressive	Aucun usage particulier	36.3 k€ HT
OH4 – OH5	RD85 à Igé	La Petite Mouge (FRDR1205)	Truite fario	Contournement de l'ouvrage OH4 via la création d'un nouveau lit pour la Petite Mouge, avec confluence avec le petit affluent rive droite une centaine de mètres en amont d'OH5 Equipement de l'aval d'OH5 par 6 prébarrages	Restauration de la continuité écologique sur la Petite Mouge et le petit affluent pour la truite fario en toutes conditions hydrologiques. Linéaire libéré de 0.7 km	Modification du tracé de la Petite Mouge avec maintien du bras actuel comme bras de décharge en crues. Pas de risques de débordements engendrés.	Les berges en amont d'OH5 sont emmurées. Il est nécessaire de prévoir la suppression du mur rive gauche et l'élargissement du lit ainsi que de conforter le mur rive droite. Une canalisation traverse le cours d'eau en amont direct d'OH5. Une enquête auprès des riverains est nécessaire pour en définir le devenir (usage, contraintes topographiques de raccordement)	Enquête auprès des propriétaires des parcelles nécessaires pour présentation du projet et étude des différents usages contraints par l'opération (agricole, foncier, réseaux)	138 k€ HT
OH6	RD134 à Igé	La Petite Mouge (FRDR1205)		Suppression de la rampe ciment en amont de l'ouvrage dans l'attente du projet de restauration globale de la Petite Mouge sur le secteur	Restauration de la continuité écologique au droit de l'ouvrage. Linéaire libéré de 25 m	Pas d'impact	Confortement des berges emmurées en rives droite et gauche nécessaire	Aucun usage particulier Enquête auprès du propriétaire nécessaire (ouvrage construit par un tiers)	12 k€ HT

7 Annexes

7.1 Annexe 1 - Détails de l'estimation des travaux

Numéro du prix	Désignation de l'opération	Unité	OH1		
			Quantité	Prix HT unitaire	Montant HT
1	Installation de chantier, études d'exécution et contrôles				
1.1	Installations de chantier	ft	1.00	800.00 €	800.00 €
1.2	Constat d'huissier	ft	1.00	700.00 €	700.00 €
1.3	Etudes préalables et documents d'exécution	ft	1.00	650.00 €	650.00 €
1.5	Implantation des ouvrages et piquetage	ft	1.00	650.00 €	650.00 €
1.6	Repliement de chantier et remise en état du site	ft	1.00	650.00 €	650.00 €
1.7	Dossier des ouvrages exécutés	ft	1.00	550.00 €	550.00 €
1	Installation de chantier, études d'exécution et contrôles				4 000.00 €
2	Travaux préparatoires				
2.1	Accès aux sites de travaux	ft	1.00	550.00 €	550.00 €
2.3	Pêche électrique de sauvetage	ft	1.00	700.00 €	700.00 €
2.4	Dispositifs de mise à sec de la zone de travaux et maintien de la continuité hydraulique	ft	1.00	650.00 €	650.00 €
2	Travaux préparatoires				1 900.00 €
3	Travaux forestiers				
3.1	Nettoyage de la végétation	m ²	-	3.50 €	0.00 €
3.2	Abattage et dessouchage (diam > 80cm)	u	2.00	60.00 €	120.00 €
3	Travaux forestiers				120.00 €
4	Terrassement				
4.1	Décapage de terre végétale avec stockage sur place	m ³	-	7.50 €	0.00 €
4.2	Déblais et stockage sur place	m ³	10.00	12.50 €	125.00 €
4.3	Travaux de terrassement et fond de fouille (déblais/remblais dans terrain de toute nature y compris tri et évacuation)	m ³	-	40.00 €	0.00 €
4.4	Travaux de terrassement en remblais avec matériaux d'apport	m ³	15.00	37.00 €	555.00 €
4.5	Démolition des ouvrages existants / radiers / murs (y compris tri et évacuation)	m ³	10.00	150.00 €	1 500.00 €
4.6	Fourniture de grave (pour matelas alluvial) et mise en place	m ³	-	30.00 €	0.00 €
4.7	Evacuation des déblais excédentaires	m ³	10.00	10.00 €	100.00 €
4	Terrassement				2 280.00 €
5	Dispositifs de franchissement piscicoles				
5.1	Réalisation de bajoyers/murs en béton	m ³	-	500.00 €	0.00 €
5.2	Réalisation du socle de fondation - Remblaiement en matériaux d'apport 50-150 mm - cloutage jusqu'au refus	m ³	-	150.00 €	0.00 €
5.3	Dalle béton armé de fondation	m ³	5.00	800.00 €	4 000.00 €
5.4	Cloisons transversales à échancrure en béton armé	m ³	-	650.00 €	0.00 €
5.5	Pelles inox pour dispositif d'entretien	u	-	100.00 €	0.00 €
5.6	Fourniture et mise en place de blocs d'enrochements 200-300 percolés béton pour rampe en enrochements	m ³	2.00	300.00 €	600.00 €
5.7	Fourniture et mise en œuvre d'enrochements 300-400 pour aménagement de la fosse de dissipation aval	m ³	10.00	80.00 €	800.00 €
5	Dispositifs de franchissement piscicoles				5 400.00 €

6	Autres ouvrages (rampe de fond, ouvrage de franchissement, seuil de répartition, réfection maçonnerie...)				
6.1	Fourniture et pose d'un ouvrage de franchissement sous voirie	ft	-	10 000.00 €	0.00 €
6.2	Fourniture et mise en œuvre d'enrochements 300-400 pour création de rampe de fond	m ³	6.00	100.00 €	600.00 €
6.3	Création d'un seuil de répartition (béton armé)	ft	-	600.00 €	0.00 €
6.4	Forfait imprévu pour reprise de canalisation EU	ft	-	8 000.00 €	0.00 €
6.5	Maçonnerie pour confortement du muret	m ³	-	600.00 €	0.00 €
6	Autres ouvrages (rampe de fond, ouvrage de franchissement, seuil de répartition, réfection maçonnerie...)				600.00 €
RECAPITULATIF			OH1		
1	Installation de chantier, études d'exécution et contrôles				4000.00
2	Travaux préparatoires				1900.00
3	Travaux forestiers				120.00
4	Terrassement				2280.00
5	Dispositifs de franchissement piscicoles				5400.00
6	Autres ouvrages (rampe de fond, ouvrage de franchissement, seuil de répartition, réfection maçonnerie...)				600.00
		Total HT			14 300.00 €
		TVA 20 %			2 860.00 €
		Total TTC			17 160.00 €

Numéro du prix	Désignation de l'opération	Unité	OH2		
			Quantité	Prix HT unitaire	Montant HT
1	Installation de chantier, études d'exécution et contrôles				
1.1	Installations de chantier	ft	1.00	800.00 €	800.00 €
1.2	Constat d'huissier	ft	1.00	700.00 €	700.00 €
1.3	Etudes préalables et documents d'exécution	ft	1.00	650.00 €	650.00 €
1.5	Implantation des ouvrages et piquetage	ft	1.00	650.00 €	650.00 €
1.6	Repliement de chantier et remise en état du site	ft	1.00	650.00 €	650.00 €
1.7	Dossier des ouvrages exécutés	ft	1.00	550.00 €	550.00 €
1	Installation de chantier, études d'exécution et contrôles				4 000.00 €
2	Travaux préparatoires				
2.1	Accès aux sites de travaux	ft	1.00	850.00 €	850.00 €
2.3	Pêche électrique de sauvetage	ft	1.00	700.00 €	700.00 €
2.4	Dispositifs de mise à sec de la zone de travaux et maintien de la continuité hydraulique	ft	1.00	850.00 €	850.00 €
2	Travaux préparatoires				2 400.00 €
3	Travaux forestiers				
3.1	Nettoyage de la végétation	m ²	20.00	3.50 €	70.00 €
3.2	Abattage et dessouchage (diam > 80cm)	u	2.00	60.00 €	120.00 €
3	Travaux forestiers				190.00 €

4	Terrassement				
4.1	Décapage de terre végétale avec stockage sur place	m ³	-	7.50 €	0.00 €
4.2	Déblais et stockage sur place	m ³		12.50 €	0.00 €
4.3	Travaux de terrassement et fond de fouille (déblais/remblais dans terrain de toute nature y compris tri et évacuation)	m ³	20.00	40.00 €	800.00 €
4.4	Travaux de terrassement en remblais avec matériaux d'apport	m ³	-	37.00 €	0.00 €
4.5	Démolition des ouvrages existants / radiers / murs (y compris tri et évacuation)	m ³	10.00	65.00 €	650.00 €
4.6	Fourniture de grave (pour matelas alluvial) et mise en place	m ³	-	30.00 €	0.00 €
4.7	Evacuation des déblais excédentaires	m ³	-	10.00 €	0.00 €
4	Terrassement				1 450.00 €
5	Dispositifs de franchissement piscicoles				
5.1	Réalisation de bajoyers/murs en béton	m ³	25.00	500.00 €	12 500.00 €
5.2	Réalisation du socle de fondation - Remblaiement en matériaux d'apport 50-150 mm - cloutage jusqu'au refus	m ³	10.00	150.00 €	1 500.00 €
5.3	Dalle béton armé de fondation	m ³	13.50	800.00 €	10 800.00 €
5.4	Cloisons transversales à échancre en béton armé	m ³	-	650.00 €	0.00 €
5.5	Pelles inox pour dispositif d'entretien	u	-	100.00 €	0.00 €
5.6	Fourniture et mise en place de blocs d'enrochements 200-300 percolés béton pour rampe en enrochements	m ³	10.20	300.00 €	3 060.00 €
5.7	Fourniture et mise en œuvre d'enrochements 300-400 pour aménagement de la fosse de dissipation aval	m ³	5.00	80.00 €	400.00 €
5	Dispositifs de franchissement piscicoles				28 260.00 €
RECAPITULATIF			OH2		
1	Installation de chantier, études d'exécution et contrôles				4000.00
2	Travaux préparatoires				2400.00
3	Travaux forestiers				190.00
4	Terrassement				1450.00
5	Dispositifs de franchissement piscicoles				28260.00
		Total HT			36 300.00 €
		TVA 20 %			7 260.00 €
		Total TTC			43 560.00 €

Numéro du prix	Désignation de l'opération	Unité	OH4-5		
			Quantité	Prix HT unitaire	Montant HT
1	Installation de chantier, études d'exécution et contrôles				
1.1	Installations de chantier	ft	1.00	1 500.00 €	1 500.00 €
1.2	Constat d'huissier	ft	1.00	700.00 €	700.00 €
1.3	Etudes préalables et documents d'exécution	ft	1.00	750.00 €	750.00 €
1.5	Implantation des ouvrages et piquetage	ft	1.00	650.00 €	650.00 €
1.6	Repliement de chantier et remise en état du site	ft	1.00	850.00 €	850.00 €
1.7	Dossier des ouvrages exécutés	ft	1.00	550.00 €	550.00 €
1	Installation de chantier, études d'exécution et contrôles				5 000.00 €
2	Travaux préparatoires				
2.1	Accès aux sites de travaux	ft	1.00	1 550.00 €	1 550.00 €
2.3	Pêche électrique de sauvetage	ft	2.00	700.00 €	1 400.00 €
2.4	Dispositifs de mise à sec de la zone de travaux et maintien de la continuité hydraulique	ft	1.00	850.00 €	850.00 €
2	Travaux préparatoires				3 800.00 €
3	Travaux forestiers				
3.1	Nettoyage de la végétation	m ²	400.00	3.50 €	1 400.00 €
3.2	Abattage et dessouchage (diam > 80cm)	u	60.00	60.00 €	3 600.00 €
3	Travaux forestiers				5 000.00 €
4	Terrassement				
4.1	Décapage de terre végétale avec stockage sur place	m ³	280.00	7.50 €	2 100.00 €
4.2	Déblais et stockage sur place	m ³	860.00	12.50 €	10 750.00 €
4.3	Travaux de terrassement et fond de fouille (déblais/remblais dans terrain de toute nature y compris tri et évacuation)	m ³	125.00	40.00 €	5 000.00 €
4.4	Travaux de terrassement en remblais avec matériaux d'apport	m ³	-	37.00 €	0.00 €
4.5	Démolition des ouvrages existants / radiers / murs (y compris tri et évacuation)	m ³	100.00	65.00 €	6 500.00 €
4.6	Fourniture de grave (pour matelas alluvial) et mise en place	m ³	215.00	30.00 €	6 450.00 €
4.7	Evacuation des déblais excédentaires	m ³	1 140.00	10.00 €	11 400.00 €
4	Terrassement				42 200.00 €
5	Dispositifs de franchissement piscicoles				
5.1	Réalisation de bajoyers/murs en béton	m ³	-	500.00 €	0.00 €
5.2	Réalisation du socle de fondation - Remblaiement en matériaux d'apport 50-150 mm - cloutage jusqu'au refus	m ³	100.00	150.00 €	15 000.00 €
5.3	Dalle béton armé de fondation	m ³	13.50	800.00 €	10 800.00 €
5.4	Cloisons transversales à échancrure en béton armé	m ³	15.00	650.00 €	9 750.00 €
5.5	Pelles inox pour dispositif d'entretien	u	6.00	100.00 €	600.00 €
5.6	Fourniture et mise en place de blocs d'enrochements 200-300 percolés béton pour rampe en enrochements	m ³	-	300.00 €	0.00 €
5.7	Fourniture et mise en œuvre d'enrochements 300-400 pour aménagement de la fosse de dissipation aval	m ³	7.00	80.00 €	560.00 €
5	Dispositifs de franchissement piscicoles				36 710.00 €

6	Autres ouvrages (rampe de fond, ouvrage de franchissement, seuil de répartition, réfection maçonnerie...)				
6.1	Fourniture et pose d'un ouvrage de franchissement sous voirie	ft	1.00	10 000.00 €	10 000.00 €
6.2	Fourniture et mise en œuvre d'embrochements 300-400 pour création de rampe de fond	m ³	20.00	100.00 €	2 000.00 €
6.3	Création d'un seuil de répartition (béton armé)	ft	1.00	650.00 €	650.00 €
6.4	Forfait imprévu pour reprise de canalisation EU	ft	1.00	8 000.00 €	8 000.00 €
6.5	Maçonnerie pour confortement du muret	m ³	9.00	600.00 €	5 400.00 €
6	Autres ouvrages (rampe de fond, ouvrage de franchissement, seuil de répartition, réfection maçonnerie...)				26 050.00 €
7	Diversification des écoulements				
7.1	Fourniture et mise en œuvre d'embrochements (blocs épars)	m ³	15.00	90.00 €	1 350.00 €
7	Diversification des écoulements				1 350.00 €
8	Génie végétal				
8.1	Fourniture et mise en place de géotextile	m ²	880.00	6.00 €	5 280.00 €
8.2	Fourniture et mise en œuvre des Boutures, longueur 80 cm, diam 2 à 4 cm, 4u/m ²	u	3 500.00	3.50 €	12 250.00 €
8.3	Fourniture et plantation des Plants à racines nues, longueur 80 cm, 1u/m ²	u	60.00	6.50 €	390.00 €
8.4	Fourniture Mélange grainier, 35g/m ² et ensemencement	m ²	-	1.00 €	0.00 €
8	Génie végétal				17 920.00 €
	RECAPITULATIF			OH4-5	
1	Installation de chantier, études d'exécution et contrôles				5000.00
2	Travaux préparatoires				3800.00
3	Travaux forestiers				5000.00
4	Terrassement				42200.00
5	Dispositifs de franchissement piscicoles				36710.00
6	Autres ouvrages (rampe de fond, ouvrage de franchissement, seuil de répartition, réfection maçonnerie...)				26050.00
7	Diversification des écoulements				1350.00
8	Génie végétal				17920.00
		Total HT			138 030.00 €
		TVA 20 %			27 606.00 €
		Total TTC			165 636.00 €

Numéro du prix	Désignation de l'opération	Unité	OH6		
			Quantité	Prix HT unitaire	Montant HT
1	Installation de chantier, études d'exécution et contrôles				
1.1	Installations de chantier	ft	1.00	250.00 €	250.00 €
1.2	Constat d'huissier	ft	1.00	700.00 €	700.00 €
1.3	Etudes préalables et documents d'exécution	ft	1.00	200.00 €	200.00 €
1.5	Implantation des ouvrages et piquetage	ft	1.00	200.00 €	200.00 €
1.6	Repliement de chantier et remise en état du site	ft	1.00	550.00 €	550.00 €
1.7	Dossier des ouvrages exécutés	ft	1.00	100.00 €	100.00 €
1	Installation de chantier, études d'exécution et contrôles				2 000.00 €
2	Travaux préparatoires				
2.1	Accès aux sites de travaux	ft	1.00	1 000.00 €	1 000.00 €
2.3	Pêche électrique de sauvetage	ft	1.00	700.00 €	700.00 €
2.4	Dispositifs de mise à sec de la zone de travaux et maintien de la continuité hydraulique	ft	1.00	600.00 €	600.00 €
2	Travaux préparatoires				2 300.00 €
3	Travaux forestiers				
3.1	Nettoyage de la végétation	m ²		3.50 €	0.00 €
3.2	Abattage et dessouchage (diam > 80cm)	u		60.00 €	0.00 €
3	Travaux forestiers				0.00 €
4	Terrassement				
4.1	Décapage de terre végétale avec stockage sur place	m ³		7.50 €	0.00 €
4.2	Déblais et stockage sur place	m ³		12.50 €	0.00 €
4.3	Travaux de terrassement et fond de fouille (déblais/remblais dans terrain de toute nature y compris tri et évacuation)	m ³		40.00 €	0.00 €
4.4	Travaux de terrassement en remblais avec matériaux d'apport	m ³		37.00 €	0.00 €
4.5	Démolition des ouvrages existants / radiers / murs (y compris tri et évacuation)	m ³	5.00	1 000.00 €	5 000.00 €
4.6	Fourniture de grave (pour matelas alluvial) et mise en place	m ³		30.00 €	0.00 €
4.7	Evacuation des déblais excédentaires	m ³		10.00 €	0.00 €
4	Terrassement				5 000.00 €
5	Dispositifs de franchissement piscicoles				
5.1	Réalisation de bajoyers/murs en béton	m ³		500.00 €	0.00 €
5.2	Réalisation du socle de fondation - Remblaiement en matériaux d'apport 50-150 mm - cloutage jusqu'au refus	m ³		150.00 €	0.00 €
5.3	Dalle béton armé de fondation	m ³		800.00 €	0.00 €
5.4	Cloisons transversales à échancrure en béton armé	m ³		650.00 €	0.00 €
5.5	Pelles inox pour dispositif d'entretien	u		100.00 €	0.00 €
5.6	Fourniture et mise en place de blocs d'encrochements 200-300 percolés béton pour rampe en encrochements	m ³		300.00 €	0.00 €
5.7	Fourniture et mise en œuvre d'encrochements 300-400 pour aménagement de la fosse de dissipation aval	m ³		80.00 €	0.00 €
5	Dispositifs de franchissement piscicoles				0.00 €

6	Autres ouvrages (rampe de fond, ouvrage de franchissement, seuil de répartition, réfection maçonnerie...)				
6.1	Fourniture et pose d'un ouvrage de franchissement sous voirie	ft	-	10 000.00 €	0.00 €
6.2	Fourniture et mise en œuvre d'embrochements 300-400 pour création de rampe de fond	m ³	3.00	100.00 €	300.00 €
6.3	Création d'un seuil de répartition (béton armé)	ft	-	600.00 €	0.00 €
6.4	Forfait imprévu pour reprise de canalisation EU	ft	-	8 000.00 €	0.00 €
6.5	Maçonnerie pour confortement du muret	m ³	4.00	600.00 €	2 400.00 €
6	Autres ouvrages (rampe de fond, ouvrage de franchissement, seuil de répartition, réfection maçonnerie...)				2 700.00 €
	RECAPITULATIF			OH6	
1	Installation de chantier, études d'exécution et contrôles				2000.00
2	Travaux préparatoires				2300.00
3	Travaux forestiers				0.00
4	Terrassement				5000.00
5	Dispositifs de franchissement piscicoles				0.00
6	Autres ouvrages (rampe de fond, ouvrage de franchissement, seuil de répartition, réfection maçonnerie...)				2700.00
		Total HT			12 000.00 €
		TVA 20 %			2 400.00 €
		Total TTC			14 400.00 €

7.2 Annexe 2- Plans d'aménagements

Département de Saône et Loire
 DRI - Espace Duhesme
 18 rue de Flacé - CS 70126
 71026 MACON Cedex 9

Etude de restauration de la continuité écologique
 des cours d'eau
 Etude de 6 ouvrages
 M16-71-240PP

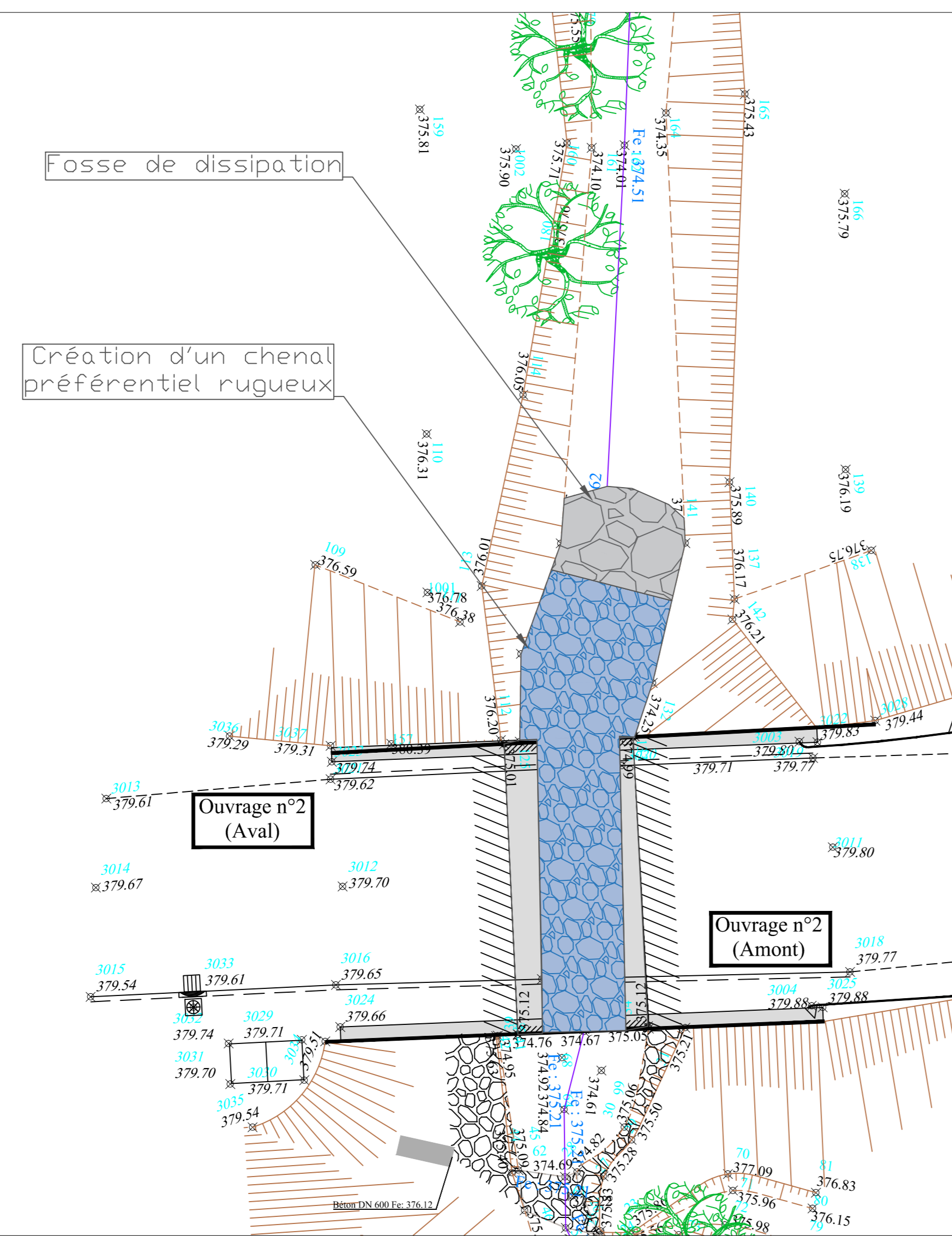
Phase 2: Etude de faisabilité de l'effacement des ouvrages

Ind.	Date	Ref. plan - Modifications	Etabli par	Vérifié par
A	05/2017	05.2017	LVI	GMR

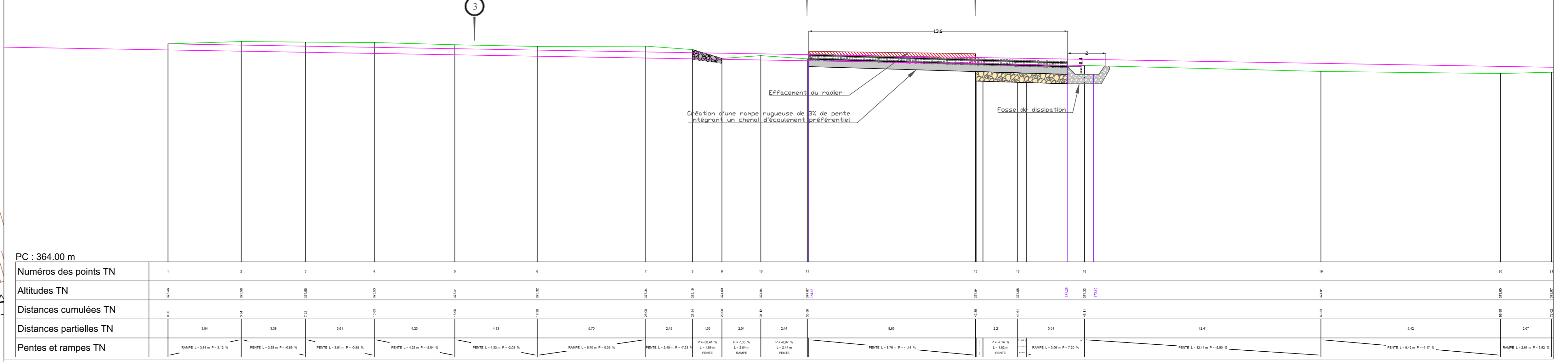
OH 2 : Pont à Saint-Igny-de-Roche (RD81)



Agence de Chaponnay
 Zone Industrielle Chaponnay Sud
 190 rue Louise Labé - CS 38003
 69967 CHAPONNAY - France
 Tel: 04 78 02 17 42
 Fax: 04 78 02 16 76



Profil en long :



Département de Saône et Loire

DRI - Espace Duhesme
18 rue de Flacé - CS 70126
71026 MACON Cedex 9

**Etude de restauration de la continuité écologique
des cours d'eau
Etude de 6 ouvrages
M16-71-240PP**

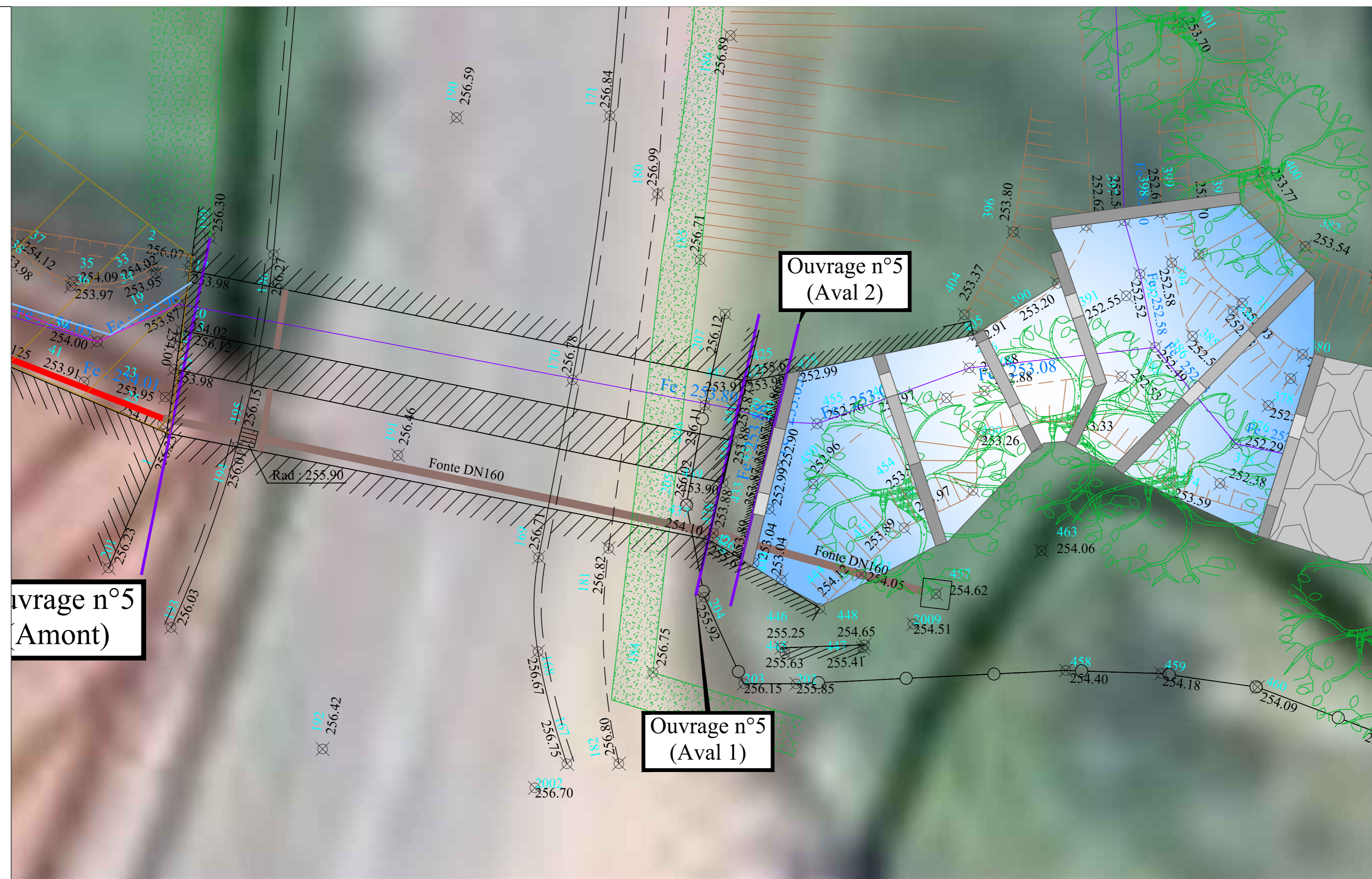
Phase 1: Recueil des données et analyse des impacts

Ind.	Date	Ref. plan - Modifications	Etabli par	Vérifié par
A	03/2017	03.2017	LVI	GMR

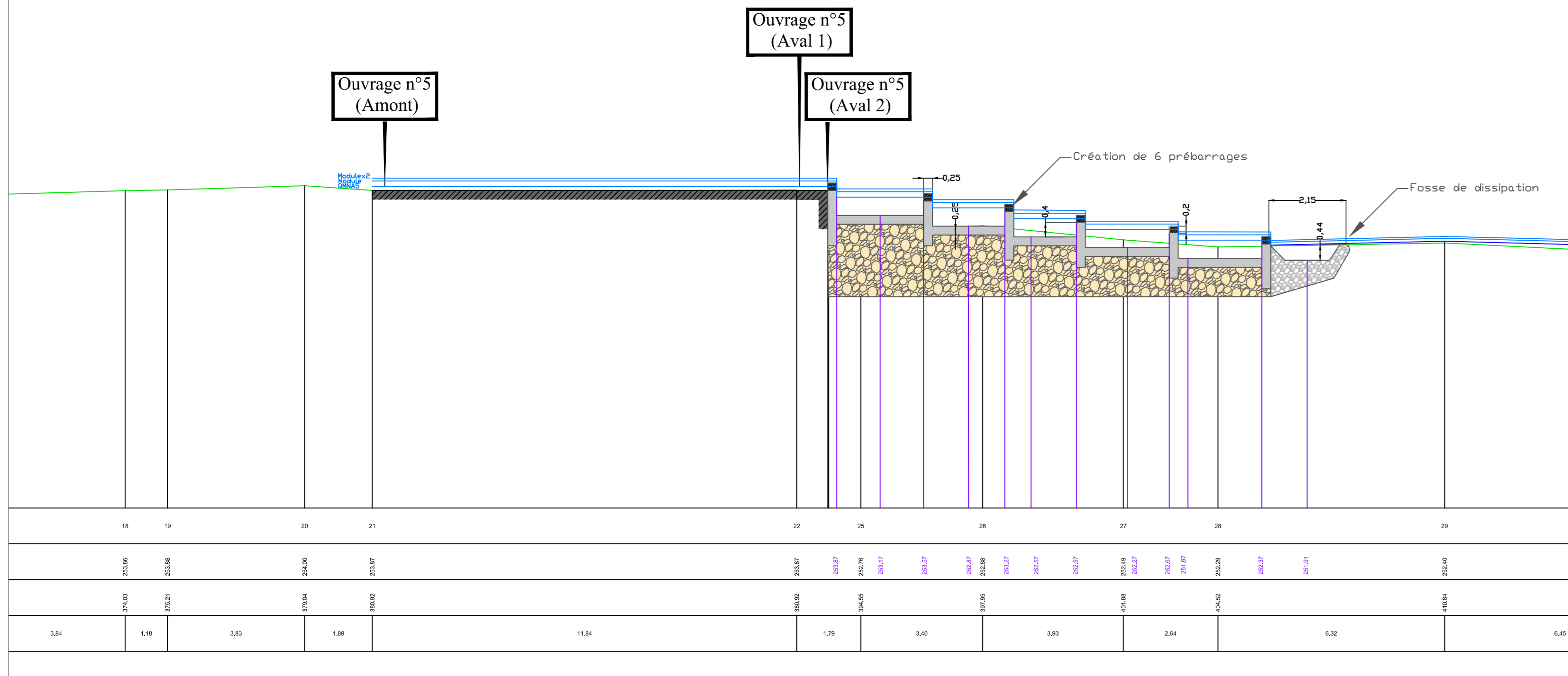
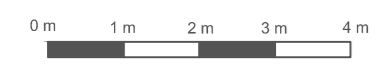
OH 5 : Double ponceau à Igé (RD85) - Equipement

IRH
Ingénieur Conseil

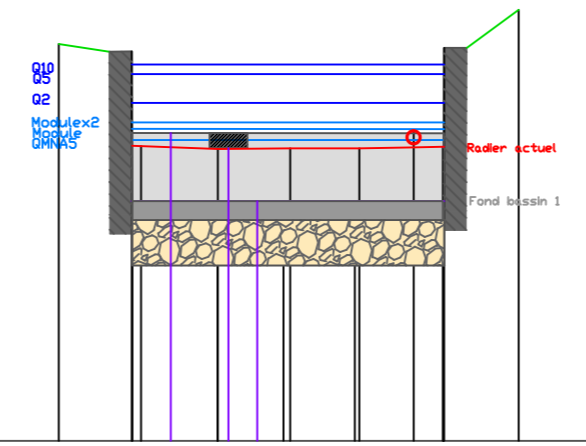
Agence de Chaponnay
Zone Industrielle Chaponnay Sud
190 rue Louise Labé - CS 38003
69967 CHAPONNAY - France
Tel: 04.78.02.17.42
Fax: 04.78.02.16.78



Profil en long :



Ouvrage n°5 (Aval 2)



PC : 250.00 m

Numéros des points TN	1	2	3	4	5
Altitudes TN	254.06	254.06	254.06	254.06	254.06
Distances cumulées TN	0.00	1.00	2.00	3.00	4.00
Distances partielles TN		1.00	1.00	1.00	1.00

7.3 Annexe 3 – Résultats de la modélisation hydraulique OH4-OH5

Occurrence	Bras rivière	Num Profil	Cote (mNGF)	Cote fond lit (mNGF)	Hauteur d'eau (m)	Vitesse lit mineur (m/s)
QMNAS	Amont	P9	258.05	258.00	0.05	0.36
		P10	257.18	257.14	0.04	0.22
	Bras RG	Aval P10	257.13	257.13		
		P11	256.36	256.36		
		P12	255.92	255.92		
		Amont OH4	255.68	255.68		
		Aval OH4	253.79	253.79		
		Aval P10	257.15	257.13	0.02	0.46
	Bras RD	P11	255.70	255.66	0.04	0.26
		P12	254.77	254.72	0.05	0.47
		Amont OH5	253.98	253.87	0.11	0.15
		Aval OH5	252.92	252.79	0.13	0.09
	Aval	Confluence	252.34	252.29	0.05	0.36
		P13	251.93	251.88	0.05	0.26

Occurrence	Bras rivière	Num Profil	Cote (mNGF)	Cote fond lit (mNGF)	Hauteur d'eau (m)	Vitesse lit mineur (m/s)
Module	Amont	P9	258.14	258.00	0.14	0.74
		P10	257.30	257.14	0.16	0.55
	Bras RG	Aval P10	257.13	257.13		
		P11	256.36	256.36		
		P12	255.92	255.92		
		Amont OH4	255.68	255.68		
		Aval OH4	253.79	253.79		
		Aval P10	257.25	257.13	0.12	0.97
	Bras RD	P11	255.82	255.66	0.16	0.67
		P12	254.86	254.72	0.14	0.95
		Amont OH5	254.13	253.87	0.26	0.26
		Aval OH5	253.05	252.79	0.26	0.27
	Aval	Confluence	252.42	252.29	0.13	0.73
		P13	252.04	251.88	0.16	0.61

Occurrence	Bras rivière	Num Profil	Cote (mNGF)	Cote fond lit (mNGF)	Hauteur d'eau (m)	Vitesse lit mineur (m/s)
Q2	Amont	P9	258.57	258.00	0.57	1.02
		P10	257.53	257.14	0.39	1.70
	Bras RG	Aval P10	257.31	257.13	0.18	0.98
		P11	256.62	256.36	0.25	0.66
		P12	256.19	255.92	0.27	0.77
		Amont OH4	255.88	255.68	0.20	0.66
		Aval OH4	254.03	253.79	0.24	0.96
		Aval P10	257.51	257.13	0.38	1.25
	Bras RD	P11	256.09	255.66	0.43	0.95
		P12	255.09	254.72	0.37	1.66
		Amont OH5	254.47	253.87	0.59	0.62
		Aval OH5	253.38	252.79	0.59	0.55
	Aval	Confluence	252.71	252.29	0.42	1.36
		P13	252.40	251.88	0.52	1.21

Occurrence	Bras rivière	Num Profil	Cote (mNGF)	Cote fond lit (mNGF)	Hauteur d'eau (m)	Vitesse lit mineur (m/s)
Q5	Amont	P9	258.70	258.00	0.70	2.01
		P10	257.83	257.14	0.69	2.16
	Bras RG	Aval P10	257.45	257.13	0.32	1.56
		P11	256.84	256.36	0.47	0.88
		P12	256.39	255.92	0.47	1.23
		Amont OH4	256.05	255.68	0.37	1.00
		Aval OH4	254.14	253.79	0.35	1.42
	Bras RD	Aval P10	257.66	257.13	0.52	1.64
		P11	256.30	255.66	0.64	1.20
		P12	255.35	254.72	0.63	2.22
		Amont OH5	254.85	253.87	0.98	0.90
	Aval	Confluence	253.02	252.29	0.73	1.86
		P13	252.73	251.88	0.85	1.66

Occurrence	Bras rivière	Num Profil	Cote (mNGF)	Cote fond lit (mNGF)	Hauteur d'eau (m)	Vitesse lit mineur (m/s)
Q10	Amont	P9	258.79	258.00	0.79	1.99
		P10	257.92	257.14	0.78	2.15
	Bras RG	Aval P10	257.49	257.13	0.36	1.65
		P11	256.89	256.36	0.53	0.94
		P12	256.42	255.92	0.50	1.33
		Amont OH4	256.08	255.68	0.40	1.06
		Aval OH4	254.17	253.79	0.38	1.50
	Bras RD	Aval P10	257.70	257.13	0.57	1.73
		P11	256.36	255.66	0.70	1.24
		P12	255.42	254.72	0.70	2.35
		Amont OH5	254.98	253.87	1.10	0.97
	Aval	Aval OH5	253.79	252.79	1.00	0.94
		Confluence	253.09	252.29	0.80	2.00
		P13	252.81	251.88	0.93	1.77

7.4 Annexe 4- Etudes géotechniques



HYDROGÉOTECHNIQUE CENTRE

INGÉNIERIE GÉOTECHNIQUE, GÉOLOGIQUE, HYDROGÉOLOGIQUE ET
HYDROLOGIQUE APPLIQUÉE AUX BATIMENTS, GENIE-CIVIL, INFRASTRUCTURES ET
A L'ENVIRONNEMENT. SONDAGES – ESSAIS DE SOLS IN SITU ET EN LABORATOIRE



**DIAGNOSTIC D'OUVRAGE HYDRAULIQUE SOUS LA RD179
SAINT LÉGER SOUS BEUVRAY (71)**

RAPPORT D'ÉTUDE GÉOTECHNIQUE

Missions G5

Dossier n°	Indice	Date	Rédigé par :	Vérifié par :
C.16.10370	0	19/05/2017	Q. DAN	L. VENARD

Le présent rapport et ses annexes constituent un tout indissociable

SOMMAIRE

1.INTRODUCTION.....	5
1.1.MISSIONS.....	5
1.2.RÉFÉRENTIELS.....	7
1.3.DÉSCRIPTION DU PROJET AU STADE DE NOTRE MISSION.....	8
2.ÉTUDE GÉOTECHNIQUE PRÉLIMINAIRE DE SITE	
MISSION G5.....	10
2.1.CONTEXTE SITOLOGIQUE ET HISTORIQUE.....	10
2.2.CONTEXTE GÉOLOGIQUE.....	12
2.3.CONTEXTE HYDROGÉOLOGIQUE.....	12
2.4.RISQUES NATURELS.....	13
2.4.1.REMONTÉES DE NAPPES.....	13
2.4.2.RISQUE INONDATION.....	13
2.4.3.LES PHÉNOMÈNES DE RETRAIT-GONFLEMENT DES SOLS ARGILEUX.....	14
2.4.4.BASE DE DONNÉES DES CAVITÉS SOUTERRAINES.....	14
2.4.5.RISQUE DE GLISSEMENT DE TERRAIN.....	14
2.5.SISMICITÉ.....	14
3.PROGRAMME SPÉCIFIQUE D'INVESTIGATIONS	
MIS EN ŒUVRE.....	17
3.1.PROGRAMME SPÉCIFIQUE.....	17
3.2.IMPLANTATION ET CALAGE ALTIMÉTRIQUE.....	18
4.RÉSULTATS DES INVESTIGATIONS ET INTERPRÉTATION MISSION G5..	19
4.1.LITHOLOGIE ET CARACTÉRISTIQUES GÉOTECHNIQUES.....	19
4.2.COMPACITÉ DES SOLS.....	20
4.3.HYDROGÉOLOGIE.....	21
4.4.CONDITION SISMIQUE.....	21
5.SYNTÈSE DES DONNÉES DE SOL ET ALÉAS GÉOTECHNIQUES – MISSION	
G5.....	23



5.1.SYNTHESE DES DONNEES GEOTECHNIQUES.....	23
5.2.ALEAS.....	23
5.2.1.La géologie.....	23
5.2.2.La nature des matériaux.....	24
5.2.3.L'hydrogéologie.....	24
5.2.4.L'environnement et l'historique du site.....	24
5.2.5.Les risques naturels.....	25
6.PRINCIPES GÉNÉRAUX DE FONDATION – MISSION G5.....	26
7.PRINCIPES GÉNÉRAUX DES TERRASSEMENTS	
MISSION G5.....	28
7.1.GÉNÉRALITÉS SUR LES TRAVAUX ENVISAGÉS.....	28
7.2.TERRASSEMENTS.....	28
7.3.STABILITÉ DES TALUS DE DEBLAI.....	29
7.4.DISPOSITIFS D'ASSAINISSEMENT ET DE DRAINAGE.....	29
8.ÉBAUCHE DIMENSIONNELLE DE FONDATION SUPERFICIELLE PAR	
RADIER POUR LA CRÉATION D'UN NOUVEAU PONT.....	30
8.1.PRINCIPE.....	30
8.2.NIVEAU D'ASSISE.....	30
8.3.RÉSISTANCE ULTIME :.....	30
8.4.TASSEMENTS :.....	31
8.4.1.Module de réaction sous radier :.....	31
8.5.SUJÉTIONS D'EXÉCUTION :.....	31
9.POINTS À ÉTUDIER PARTICULIÈREMENT AU STADE G2-PHASE AVP.....	35
ANNEXES	
.....	37
ANNEXE 1	
PLAN D'IMPLANTATION DES SONDAGES	
.....	38



ANNEXE 2

COUPES DES SONDAGES

.....39

ANNEXE 3

MISSIONS GÉOTECHNIQUES

.....40



1. INTRODUCTION

1.1. MISSIONS

À la demande et pour le compte du **bureau IRH**, la Direction Régionale Ain-Bourgogne-Jura du Bureau d'Études **HYDROGÉOTECHNIQUE CENTRE** a procédé à l'exécution des sondages, essais et diagnostic géotechnique d'un **ouvrage hydraulique sous la RD179** sur la **commune de SAINT LÉGER SOUS BEUVRAY (71)**.

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 principes 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)
 - 1) Phase étude,
 - 2) Phase suivi.
 - Supervision géotechnique d'exécution (G4)
 - 3) Phase étude,
 - 4) Phase suivi.
- ✓ Étude d'éléments spécifiques géotechniques
 - Diagnostic géotechnique (G5).



L'étude géotechnique conduite sur le terrain, ainsi que le présent rapport correspondent à une mission **missions G5** de l'Union Syndicale Géotechnique. Vous trouverez en annexe la classification, le contenu, et le schéma d'enchaînement de ces missions.

Ce rapport a été rédigé par **Quentin DAN – Ingénieur en Génie Civil et Urbanisme diplômé de l'INSA de Lyon**, vérifié par **Laurent VENARD – Ingénieur de l'École Universitaire d'Ingénieurs de Lille**.

Les objectifs de cette étude sont :

- L'appréhension des caractéristiques géologiques, hydrogéologiques et géotechniques des sols au droit du projet,
- la proposition d'une solution visant à palier au défaut de butée lié à la suppression du radier de fond de l'ouvrage.

Notre mission de type G5 s'arrête à la remise de ce rapport. Elle devra être suivie des missions de type G2-PRO et G4 en fonction des caractéristiques du projet. Ponctuellement une mission G5 à définir par la Maîtrise d'œuvre du projet pourra être réalisée. La mission G3 est à la charge de l'entreprise adjudicataire des travaux.

Le caractère de cette étude est strictement de type géotechnique. Les aspects liés à la recherche de pollution éventuelle ou à la caractérisation des ouvrages enterrés et des incidences des vestiges et fouilles archéologiques et à l'étude des dispositifs d'assainissement sont exclus.



1.2. RÉFÉRENTIELS

La campagne de sondages, ainsi que notre étude suivent les normes et documents français et plus particulièrement :

- Eurocodes 1 – NF-EN-1991-1 (mars 2003),
- Eurocodes 7 – NF-EN-1997-1 (juin 2005) et NF-EN-1997-2 (septembre 2007),
- Eurocodes 8 – NF-EN-1998-5 (septembre 2005),
- Arrêtés du 22 octobre 2010 et du 19 juillet 2011 relatifs à la classification et aux règles de construction parasismique applicables aux bâtiments de la classe dite « à risque normal »,
- NFP 94-261 – Calcul géotechnique – Fondations superficielles (juin 2013),
- Recommandations sur la conception, le calcul, l'exécution et le contrôle des colonnes ballastées sous bâtiments et sous ouvrages sensibles aux tassements (version 2 de 2011),
- DTU 13.12 – Règle de calcul des fondations superficielles (mars 1988),
- DTU 13.3 – Conception, calcul et exécution des dallages (mars 2005),
- DTU 14.1 : Travaux de cuvelage (mai 2000),
- DTU 20.1 : ouvrages en maçonneries de petits éléments : parois et murs (octobre 1994),
- Guide technique pour les remblais et les couches de forme (septembre 1992),
- Normes relatives aux essais in situ et essais en laboratoire.

Pour mener à bien notre mission, les documents suivants nous ont été fournis par le Maître d'œuvre :

- CCTP, réalisé par le département de Saône et Loire, non daté.



1.3. DÉSCRIPTION DU PROJET AU STADE DE NOTRE MISSION

Le projet concerne le **diagnostic de l'ouvrage n°1 sous la RD179** sur la commune de **SAINT LÉGER SOUS BEUVRAY (71)**.

À ce stade, les informations connues sur le projet correspondent à l'effacement de l'obstacle créé par le radier du pont en le supprimant sur 20 à 50cm d'épaisseur.

L'ouvrage concerné est un ouvrage de type dalot rectangulaire comprenant 6 ouvertures en béton. Il permet le franchissement du cours d'eau « Le Méchet » par la RD179. D'après les informations fournies par le bureau IRH, l'ouvrage est fondé sur un radier.

La hauteur entre la route et l'arase supérieure du radier est de 2m environ. Les ouvertures ont une largeur de l'ordre du mètre.

Aucune information complémentaire ne nous a été fournie au stade actuel.

En l'absence d'information, l'ouvrage étudié est classé en **catégorie géotechnique 2** :

Catégorie géotechnique *	Classe de conséquence	Conditions de site	Base des justifications
1	CC1	Simple et connues	Expérience et reconnaissance géotechnique qualitative
2	CC1	Complexes	Reconnaissance géotechnique et calcul
2	CC2	Simple	
3	CC2	Complexes	Reconnaissance géotechnique et calculs approfondis
3	CC3	Simple ou complexes	

* Cette classification est à confirmer par le maître d'ouvrage.



Aucun plan ou profil du projet ou de l'ouvrage actuel ne nous ont été fournies au stade actuel.

Tous changements d'implantation ou d'importance du projet par rapport aux hypothèses prises lors de l'établissement de ce rapport doivent nous être communiqués et recevoir notre accord par écrit. Ces changements peuvent modifier les conclusions de notre étude.

XXXXXXXXXXXX



2. ÉTUDE GÉOTECHNIQUE PRÉLIMINAIRE DE SITE

MISSION G5

2.1. CONTEXTE SITOLOGIQUE ET HISTORIQUE

Le site se trouve sur la commune de **SAINT LÉGER SOUS BEUVRAY (71)**, sur le cours d'eau « Le Méchet ».

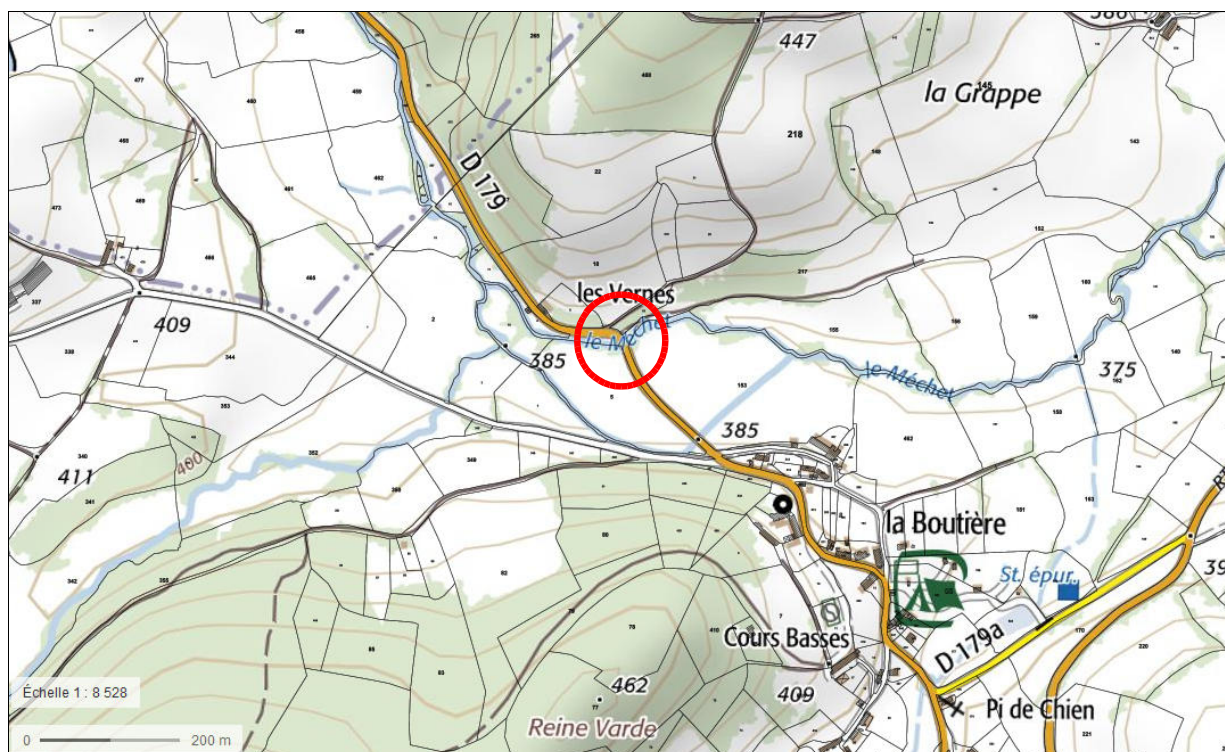




Photo de l'amont

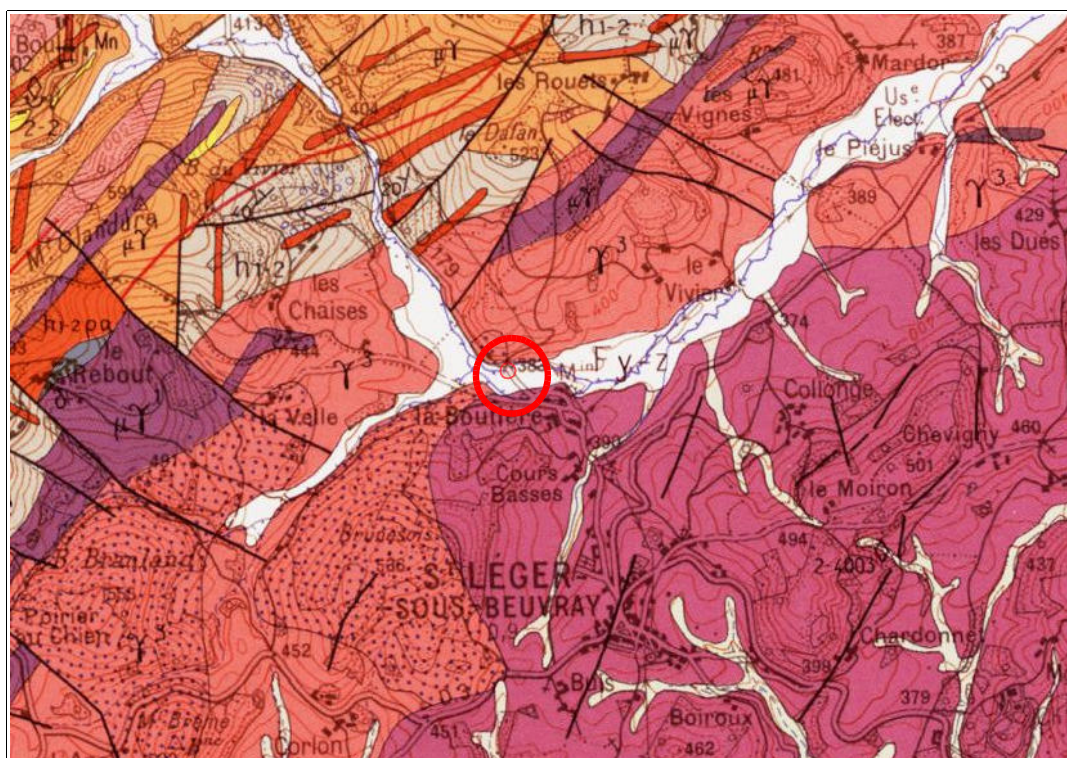


Photo de l'aval

2.2. CONTEXTE GÉOLOGIQUE

La carte géologique (éditions du BRGM) au 1/50000 d'AUTUN montre que la zone d'étude se situe au niveau des formations suivantes, sous les remblais, les formations de surface et d'altération non mentionnées par le document :

- Alluvions,
- Granite.



2.3. CONTEXTE HYDROGÉOLOGIQUE

La nappe d'accompagnement du Méchet est attendue dans les alluvions.

Des circulations erratiques et intermittentes sont également susceptibles de se développer au sein du substratum granitique à la faveur de sa fracturation.

2.4. RISQUES NATURELS

Selon le portail de prévention des risques majeurs du ministère de l'Environnement, de l'Énergie et de la Mer, les arrêtés de catastrophes naturelles pris sur la commune sont les suivants :

Type de catastrophe	Début le	Fin le	Arrêté du	Sur le JO du
Tempête	06/11/1982	10/11/1982	18/11/1982	19/11/1982
Inondations et coulées de boue	08/12/1982	31/12/1982	11/01/1983	13/01/1983

2.4.1. REMONTÉES DE NAPPES

Le portail Internet (www.georisques.gouv.fr) classe le site en zone a priori faiblement exposée au risque d'affleurement de la nappe.

Localisation exposée à une remontée de nappe dans les sédiments : Non

Localisation exposée à une remontée de nappe dans le socle : Oui

Type d'exposition : Faible



Lorsque le sol est saturé d'eau, il arrive que les nappes contenues dans les roches dures du sol affleurent et qu'une inondation spontanée se produise.

- Non réalisé
- Sensibilité très faible
- Sensibilité faible
- Sensibilité moyenne
- Sensibilité forte
- Sensibilité très forte
- Nappe sub-affleurante

Source: BRGM

[Voir en détail](#)

On veillera à se rapprocher des services communaux pour connaître le niveau des PHEC.

2.4.2. RISQUE INONDATION

Aucune information n'est disponible sur le site www.saone-et-loire.gouv.fr concernant le risque inondation sur la commune.

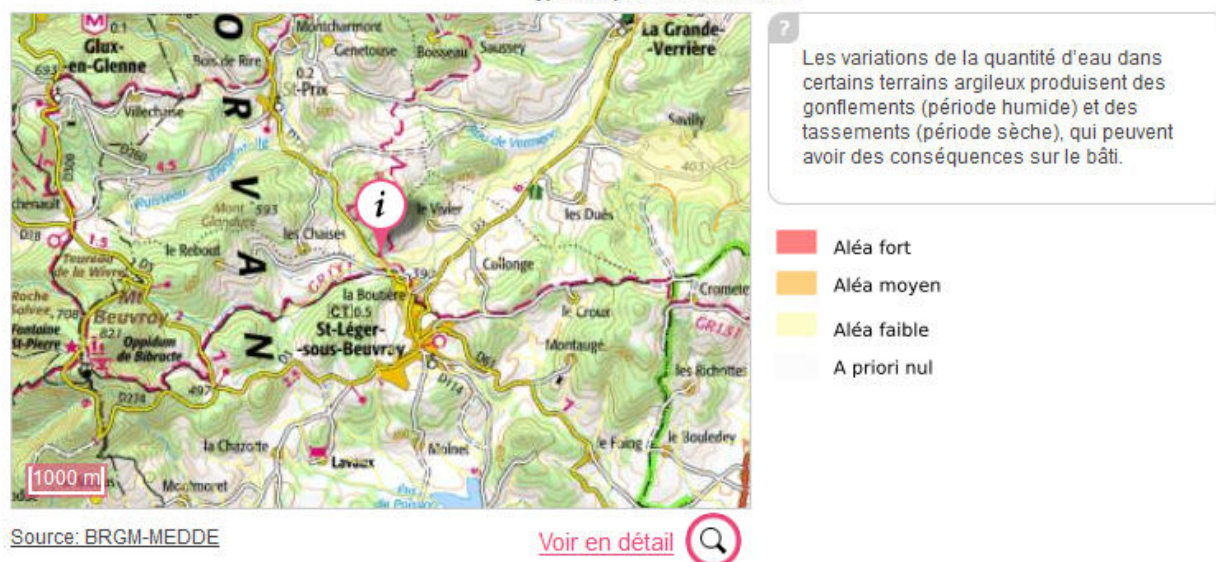
Il conviendra de se rapprocher des services communaux afin de connaître la nature de cet aléa au droit du projet.

2.4.3. LES PHÉNOMÈNES DE RETRAIT-GONFLEMENT DES SOLS ARGILEUX

La cartographie de l'aléa des sols argileux aux phénomènes de retrait gonflement dont un extrait est présenté ci-après classe le site en zone **d'aléa faible**.

Localisation exposée aux retrait-gonflements des argiles : Oui

Type d'exposition : Aléa faible



2.4.4. BASE DE DONNÉES DES CAVITÉS SOUTERRAINES

D'après le site www.georisques.gouv.fr, aucune cavité souterraine n'a été recensée par le BRGM au droit de la zone d'étude.

2.4.5. RISQUE DE GLISSEMENT DE TERRAIN

D'après le site www.georisques.gouv.fr, la zone d'étude ne se situe pas en zone de glissement de terrain.

2.5. SISMICITÉ

Depuis le 22 octobre 2010, la France dispose d'un nouveau zonage sismique divisant le territoire national en cinq zones de sismicité croissante en fonction de la probabilité d'occurrence des séismes (articles R563-1 à R563-8 du Code de

l'Environnement modifiés par les décrets [no 2010-1254 du 22 octobre 2010](#) et [no 2010-1255 du 22 octobre 2010](#), ainsi que par l'[Arrêté du 22 octobre 2010](#)) :

- une zone de sismicité 1 où il n'y a pas de prescription parasismique particulière pour les ponts à risque normal (l'aléa sismique associé à cette zone est qualifié de très faible),
- quatre zones de sismicité 2 à 5, où les règles de construction parasismique sont applicables aux ponts dans des conditions particulières.

Les nouvelles règles de constructions parasismiques pour les ponts ainsi que le nouveau zonage sismique (qui modifient les articles 563-1 à 8 du Code de l'Environnement) sont entrées en vigueur.

Ici, le site (<http://macommune.prim.net>) classe la zone étudiée en **zone 1**.

Ces règles doivent être appliquées au moyen d'un coefficient d'importance g_1 attribué à chacune des catégories d'importance de pont. Les valeurs de ces coefficients sont données par le tableau suivant :

CATEGORIE D'IMPORTANCE	COÉFFICIENT D'IMPORTANCE g_1
I	0,8
II	1
III	1.2
IV	1.4

En l'absence d'information, on retiendra $\gamma_1 = 1.0$ pour une catégorie d'importance II (à valider par le maître d'ouvrage).

Le mouvement dû au séisme est représenté par un spectre de réponse élastique en accélération. Il est caractérisé au niveau d'un sol rocheux (sol de classe A) par la valeur d'accélération a_{gr} . Les valeurs des accélérations a_{gr} sont données dans le tableau suivant :



ZONES DE SISMICITÉ	a_{gr} (en m/s^2)
1 (très faible)	0,4
2 (faible)	0,7
3 (modérée)	1,1
4 (moyenne)	1,6
5 (forte)	3

Dans le cadre de cette étude $a_{gr} = 0.4 m/s^2$.

L'accélération horizontale de calcul est déterminée à partir d'un sol référence de classe A rocheux. Elle est égale au produit de l'accélération a_{gr} par le coefficient d'importance g_1 .

On retiendra donc $a_g = a_{gr} \times g_1 = 0.4 \times 1.0 = 0.40 m/s^2$.

XXXXXXXXXXXX



3. PROGRAMME SPÉCIFIQUE D'INVESTIGATIONS MIS EN ŒUVRE

3.1. PROGRAMME SPÉCIFIQUE

Nous avons mis en œuvre les investigations suivantes :

- **1 sondage de reconnaissances géologiques**,
noté PR1, à 8m de profondeur , en diamètre 64mm, avec identification des formations traversées. Les outils ont été adaptés à la lithologie rencontrée. Les coupes sont nécessairement approximatives en nature et limites des couches et ne permettent pas de caractériser la blocométrie.
- **L'enregistrement des paramètres de forage** à l'avancement avec un appareil de type LUTZ. Cet appareil permet de mesurer :
 - la vitesse instantanée d'avancement (VIA),
 - la pression sur l'outil (PO),
 - la pression d'injection du fluide de forage (PI),
 - le couple de rotation (CR).Les enregistrements sont ensuite traités par ordinateur et joints aux coupes de sondage.
- **Dans ce forage, 6 essais de chargement in situ de type pressiométrique**, suivant la norme NFP 94-110-1, tous les 1.0 à 1.5m, adaptés à la lithologie rencontrée, permettant la mesure après dépouillement, par un essai de chargement in situ :
 - du module de compressibilité : E_M
 - de la pression de fluage : pf
 - de la pression de rupture : pl
- **1 forage en carottage continu**, en diamètre 64mm, noté SC1, conduit à 5m de profondeur suivant la norme NF-EN-ISO-22475-1. Les échantillons



ont été conditionnés en caisses à carottes. Le diamètre des éléments prélevés est limité par le diamètre intérieur du carottier.

- **2 carottages de radier**, en diamètre 102mm, notés CAR1 et CAR2, conduits à 0.5m de profondeur suivant la norme NF-EN-ISO-22475-1. Les échantillons ont été conditionnés en caisses à carottes. Le diamètre des éléments prélevés est limité par le diamètre intérieur du carottier.

Les sondages PR1 et SC1 ont été réalisés depuis le niveau de la RD, et les sondages CAR1 et CAR2 ont été réalisés depuis le radier de l'ouvrage en fond du lit, au niveau des ouvertures centrales.

3.2. IMPLANTATION ET CALAGE ALTIMÉTRIQUE

Le plan d'implantation des sondages est fourni en annexe du rapport.

Les sondages n'ont pas été rattachés en nivellement à ce stade de l'étude. Il sera à envisager au moment de l'élaboration du plan topographique du site.

Tout changement d'implantation ou d'importance du projet par rapport aux hypothèses prises lors de l'établissement de ce rapport doivent nous être communiqués et recevoir notre accord par écrit et faire l'objet d'une mission spécifique complémentaire. Ces changements peuvent modifier les conclusions de notre étude.

XXXXXXXXXXXX



4. RÉSULTATS DES INVESTIGATIONS ET INTERPRÉTATION

MISSION G5

4.1. LITHOLOGIE ET CARACTÉRISTIQUES GÉOTECHNIQUES

L'analyse des coupes lithologiques des différents sondages permet de schématiser la lithologie de la manière suivante :

- **Couche 0.1** : en tête des sondages : présence d'« **enrobé** », reconnu sur une épaisseur de 0.2m,
- **Couche 1.1** : « **remblais** » - **graves, cailloux, et blocs**, reconnus de 0.2 à 0.4m de profondeur au droit des sondages SC1 et PR1, correspondant vraisemblablement à la couche de forme,
- **Couche 1.2** : « **remblais** » – **sables +/- limoneux et argileux marron brun gris à cailloux, graviers et galets**, reconnus de 0.4 à 1.0m de profondeur au droit des sondages SC1 et PR1,
- **Couche 2.1** : **Sables graveleux +/- limoneux et argileux marron brun gris à cailloux et galets correspondant vraisemblablement à des alluvions**, reconnus :
 - de 1.0 à 3.0m de profondeur au droit du sondage SC1,
 - de 1.0 à 3.5m de profondeur au droit des sondages PR1.
- **Couche 2.2** : **Sables graveleux +/- limoneux et argileux marron brun gris à cailloux, blocs et galets correspondant vraisemblablement à des alluvions en surface, puis au substratum granitique +/- altéré et fracturé en profondeur** , reconnus :
 - de 3.0 à 5.1m de profondeur au droit du sondage SC1 (fin du sondage SC1),



- de 3.5 à 8.0m de profondeur au droit des sondages PR1 (fin du sondage PR1).

Les carottages de radier ont mis en évidence :

- **couche 0.2** : béton sur une épaisseur de 8cm,
- **couche 1.3** : puis des blocs ou maçonneries en pierre (granite, ignimbrites, ...), pouvant correspondre à un ancien radier,
- reposant sur des sols non identifiés (lessivés par l'eau lors de l'extraction) correspondant probablement aux sols de la couche 2.

4.2. COMPACITÉ DES SOLS

L'analyse du profil pressiométrique a permis de mettre en évidence les niveaux de compacité suivants :

- **Couche 0.1** : « enrobé »
Compacité non mesurée
- **Couche 1.1** : « remblais » - graves, cailloux et blocs
Compacité non mesurée
- **Couche 1.2** : « remblais » – sables +/- limoneux et argileux marron brun gris à cailloux, graviers et galets
Compacité non mesurée
- **Couche 2.1** : Sables graveleux +/- limoneux et argileux marron brun gris à cailloux et galets correspond vraisemblablement à des alluvions
Jusqu'à 3.5m de profondeur environ
Compacité modeste à moyenne
 $0.38 \text{ MPa} < p_l^* < 0.63 \text{ MPa}$
 $0.38 \text{ MPa} < p_f^* < 0.63 \text{ MPa}$
 $3.0 \text{ MPa} < E_m < 7.9 \text{ MPa}$



- **Couche 2.2 : Sables graveleux +/- limoneux et argileux marron brun gris à cailloux, blocs et galets correspondant vraisemblablement à des alluvions en surface, puis au substratum granitique +/- altéré et fracturé en profondeur :**

Au delà de 3.5m de profondeur

Compacité très élevée

$3.8 \text{ MPa} < p_l^* < 4.7 \text{ MPa}$

$2.8 \text{ MPa} < p_f^* < 3.8 \text{ MPa}$

$100 \text{ MPa} < E_m < 291 \text{ MPa}$

4.3. HYDROGÉOLOGIE

Les sondages étant réalisés à l'eau, aucun niveau d'eau n'a pu être relevé au droit des sondages pressiométrique et carotté.

Néanmoins dans ce contexte, on gardera à l'esprit que des circulations d'eau sont possibles au sein des remblais, une nappe existe au sein des alluvions, et des circulations d'eau sont possibles en profondeur au sein du substratum à la faveur de sa fracturation.

Remarques :

Les sondages de reconnaissance se font sur une période de courte durée et le niveau de la nappe indiqué dans le rapport ne reflète pas forcément le niveau maximum.

L'origine des fluctuations possibles est, soit naturelle (sécheresse, crue de nappe en relation avec la situation météorologique par exemple), soit dues à des travaux ou une modification de l'environnement aux alentours immédiats (pompages, rejets, effets barrages, etc.).

4.4. CONDITION SISMIQUE

Au sens de la norme NF-EN-1998-1, on retiendra que le sol est à priori de **classe A** ce qu'il conviendrait le cas échéant de valider par une mesure directe du VS30 par



méthode MASW par exemple. Le tableau ci-après décrit les différentes classes de sol disponibles dans la norme.

Classe de sol	Description du profil stratigraphique	Paramètres		
		$v_{s,30}$ (m/s)	N_{SPT} (coups/30 cm)	c_u (kPa)
A	Rocher ou autre formation géologique de ce type comportant une couche superficielle d'au plus 5 m de matériau moins résistant	> 800	-	-
B	Dépôts raides de sable, de gravier ou d'argile sur-consolidée, d'au moins plusieurs dizaines de mètres d'épaisseur, caractérisés par une augmentation progressive des propriétés mécaniques avec la profondeur	360 – 800	> 50	> 250
C	Dépôts profonds de sable de densité moyenne, de gravier ou d'argile moyennement raide, ayant des épaisseurs de quelques dizaines à plusieurs centaines de mètres	180 – 360	15 – 50	70 – 250
D	Dépôts de sol sans cohésion de densité faible à moyenne (avec ou sans couches cohérentes molles) ou comprenant une majorité de sols cohérents mous à fermes	< 180	< 15	< 70
E	Profil de sol comprenant une couche superficielle d'alluvions avec des valeurs de v_s de classe C ou D et une épaisseur comprise entre 5 m environ et 20 m, reposant sur un matériau plus raide avec $v_s > 800$ m/s			
S ₁	Dépôts composés, ou contenant, une couche d'au moins 10 m d'épaisseur d'argiles molles/vases avec un indice de plasticité élevé (PI > 40) et une teneur en eau importante.	< 100 (valeur indicative)	-	10 – 20
S ₂	Dépôts de sols liquéfiables d'argiles sensibles ou tout autre profil de sol non compris dans les classes A à E ou S ₁ .			

En l'absence de sondage spécifique, le paramètre de sol est estimé à une valeur S = 1.

XXXXXXXXXXXX



5. SYNTHÈSE DES DONNÉES DE SOL ET ALÉAS GÉOTECHNIQUES – MISSION G5

5.1. SYNTHÈSE DES DONNÉES GÉOTECHNIQUES

Compte tenu des investigations menées, le site est marqué par la succession lithologique et les caractéristiques mécaniques suivantes :

Lithologie	Enrobé	« Radier » béton sur maçonneries	Remblais	Sables graveleux +/- limoneux et argileux à cailloux	Sables graveleux +/- limoneux et argileux à cailloux
N° couche	0.1	0.2	1.1 et 1.2	2.1	2.2
Profondeur base couche (m)	1.0	0.3	1.0	3.5	5.1* à 8.0*
Compacité	/	/	/	Modeste à moyenne	Très élevée
pl* (MPa)	/	/	/	0.50	4.0
pf* (MPa)	/	/	/	0.40	3.0
Em (MPa)	/	/	/	3.0	100
Hydrogéologie	Niveaux de nappe non relevés Les sondages ont été menés au droit ou à forte proximité du cours d'eau				

* profondeurs partielles (fin des sondages)

5.2. ALÉAS

Les aléas géotechniques sont en relation entre autres, avec :

5.2.1. La géologie

- aléas liés aux variations d'épaisseur des différentes couches, et notamment des remblais superficiels qui peuvent localement être plus épais entre les sondages,
- aléas liés aux variations latérales de faciès au sein des alluvions, pouvant entraîner l'apparition de lentilles de nature variable au sein de la couche 2. Il est possible que des sols de nature localement différente de celle



retrouvée en sondages apparaissent localement lors des travaux de terrassement,

- aléas liés aux irrégularités importantes du toit du granite affecté par l'altération et la fracturation, avec de probables niveaux de transition au sein desquels les sols de la couche 2 se mélangent à la tête du substratum granitique,
- aléas liés à la nature de la couche 2, pouvant correspondre partiellement au substratum granitique,
- aléas liés à la profondeur du toit du granite.

5.2.2. La nature des matériaux

- présence possible de matériaux de nature hétérogène au sein des remblais,
- présence possible de vestiges au sein des remblais non mis en évidence lors de la réalisation des sondages,
- à la nature de la couche 2.2, pouvant correspondre au toit du substratum granitique +/- fracturé et altéré,
- sensibilité des matériaux de la couche 2 à la boulangerie.

5.2.3. L'hydrogéologie

- aléas liés à des arrivées d'eau parasites en périodes pluvieuses dans les remblais, et à la formation possible de poches de stagnation,
- aléas liés aux fluctuations saisonnières du niveau libre de la nappe a priori en relation directe avec le niveau du cours d'eau,
- aléas liés aux fortes fluctuations du niveau du cours d'eau.

5.2.4. L'environnement et l'historique du site

- aléas liés à la présence possible d'anciennes fouilles archéologiques non communiquées par le maître d'ouvrage,
- présence du pont dont l'épaisseur du radier n'a été reconnue que partiellement,
- à la nature de la fondation du pont : compte tenu de l'épaisseur du radier constaté, il est possible que l'ouvrage soit fondé soit sur un radier nervuré



(plus épais sous les appuis), soit sur des massifs superficiels, soit sur des fondations profondes,

- présence de voies de circulation,
- présence de réseaux enterrés situés à proximité.

5.2.5. Les risques naturels

- prise en compte du risque sismique,
- prise en compte du niveau des PHEC (non connu à ce stade).

XXXXXXXXXX



6. PRINCIPES GÉNÉRAUX DE FONDATION – MISSION G5

Les solutions proposées sont celles qui semblent les meilleures à ce stade en fonction des données en notre possession.

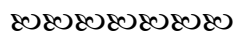
D'autres solutions pourraient cependant être proposées en fonction de critères non pris en compte dans une étude de faisabilité et qui peuvent apparaître en phase conception ou d'exécution (problèmes de délais ou de phasage, variante locale économique, modification de l'environnement, caractéristiques particulières du projet non portées à notre connaissance). Si cela était le cas, nous conseillons à la Maîtrise d'œuvre ou à la Maîtrise d'Ouvrage de nous confier une mission pour valider les modifications apportées.

Les problématiques géotechniques du site confrontées aux caractéristiques du projet sont liées à l'effacement de l'obstacle hydraulique, créé par le pont, par suppression du radier existant sur une épaisseur de 20cm à 50cm correspondant à la totalité de l'épaisseur du radier actuel reconnu au droit des sondages CAR1 et CAR2, et le décaissement sous l'ouvrage actuel sur une épaisseur de 0.1 à 0.4m. L'épaisseur du radier en béton mesurée étant faible (seulement 8cm), il n'est pas exclu que l'ouvrage actuel soit fondé :

- soit sur un radier nervuré présentant une surépaisseur sous les appuis,
- soit sur des fondations superficielles à semi-profondes (non reconnues lors de la réalisation de nos sondages),
- soit sur des fondations profondes (non reconnues lors de la réalisation de nos sondages)

Dans ces conditions, nous suggérons la démolition et la réfection à neuf de l'ouvrage hydraulique en intégrant les contraintes hydrauliques du projet dans sa conception, solution développée au chapitre 8, la solution de reprise en sous-œuvre paraissant délicate compte tenu de l'absence d'informations sur les fondations de l'ouvrage existant et compte tenu des difficultés pour réaliser les micropieux et leur liaisonnement à la structure.

Les principes généraux de réalisation des terrassements et les dispositifs d'assainissement et de drainage à adopter sont développés au chapitre 7.



7. PRINCIPES GÉNÉRAUX DES TERRASSEMENTS

MISSION G5

7.1. GÉNÉRALITÉS SUR LES TRAVAUX ENVISAGÉS

Les terrassements comprennent, dans le cas de la démolition de l'ouvrage actuel et de la création d'un nouvel ouvrage hydraulique, un décaissement d'une hauteur de 1.5m environ pour la réalisation de la substitution sous radier.

Le projet nécessite l'amenée d'un matériel lourd. On vérifiera que les ouvrages existants peuvent supporter le trafic des engins prévus pour la réalisation des terrassements.

7.2. TERRASSEMENTS

Les matériaux concernés sont :

- du béton en surface,
- puis des blocs ou maçonneries en pierre,
- puis des sables graveleux à cailloux, blocs et galet

La présence de matériaux rocheux n'est pas exclue pouvant nécessiter l'utilisation d'un BRH.

Nous conseillons :

- le découpage du béton,
- la réalisation du décaissement à la pelle puissante en rétro, en excluant toute circulation d'engins à pneus sur l'arase terrassée,
- utilisation du BRH (points durs, blocs, vestiges) en veillant à limiter les vibrations sur les ouvrages existants,
- mise en décharge des matériaux extraits.

Nous préconisons la réalisation des terrassements en situation météo favorable, en période d'étiage du cours d'eau, et en ayant au préalable dévié le cours d'eau afin de



travailler au sec. Dans le cas contraire, compte tenu de la sensibilité de l'ouvrage, nous préconisons l'arrêt du chantier.

7.3. STABILITÉ DES TALUS DE DEBLAI

Compte tenu du contexte hydraulique du site, nous conseillons au préalable le détournement du cours d'eau afin de travailler au sec, nécessitant la réalisation d'un batardeau (rideau de palplanche, digue, ...) associé à un pompage ou à un bouchon étanche (à définir dans le cadre d'une étude spécifique).

Une étude spécifique devra être réalisée afin d'appréhender les débits de pompage en phase chantier.

En fonction de la géométrie de l'ouvrage fini et des débits du cours d'eau attendus, il pourra être nécessaire de prévoir la mise en œuvre de dispositifs visant à éviter l'affouillement au niveau des appuis (rideau de palplanches par exemple).

On tablera sur des pentes de talus provisoires de 2 de base pour 1 de hauteur avec réalisation de masques drainants associés à un dispositif de drainage et d'évacuation des eaux collectées (à dimensionner dans le cadre d'une étude spécifique).

Pour le remblaiement des survolumes de terrassement de la fouille d'insertion de l'ouvrage et de la substitution, on tablera sur des matériaux d'apport de qualité, de type concassé calcaire propres ($VBS < 0.1$ et passant à $80 \mu m < 5\%$), drainants ($D_{10} > 1mm$), durs (LOS et $MDE < 45$), et compactés q3.

7.4. DISPOSITIFS D'ASSAINISSEMENT ET DE DRAINAGE

En phase chantier, les dispositifs d'assainissement correspondent à la nécessité de travailler au sec. Il conviendra de mettre en œuvre tous les dispositifs visant à limiter les arrivées d'eau sur la zone de travaux (rideau de palplanche, digue, ...) associé à un dispositif de pompage ou de rabattement de la nappe.

XXXXXXXXXXXX



8. ÉBAUCHE DIMENSIONNELLE DE FONDATION SUPERFICIELLE PAR RADIER POUR LA CRÉATION D'UN NOUVEAU PONT

8.1. PRINCIPE

Cette solution consiste à envisager, une solution de fondation par radier, implanté sur une substitution à fonction drainante permettant le pompage des eaux assainies en phase chantier. La substitution comprendra un géotextile possédant une résistance à la rupture de 20kN/m a minima déroulé sur l'arase terrassée, complété par 1.0m minimum de matériaux drainants de type 0/80, ($D_{10} \geq 1\text{mm}$, $V_{BS} \leq 0.1$ et passant à $80\mu\text{m} < 5\%$) compactés à q3.

L'arase sera pentée et comprendra un dispositif de collecte et d'évacuation des eaux collectées de manière gravitaire ou par pompage.

8.2. NIVEAU D'ASSISE

On veillera à respecter les critères suivants :

- un niveau d'assise de la substitution sous radier calé au sein de la couche de 2,
- respect d'un ancrage de 50cm minimum de la substitution dans la couche 2,
- mise hors gel des bèches périphériques, (respect de 0.8m par rapport au sol périphérique fini), et réalisation de bèches parafouilles à l'amont et à l'aval de l'ouvrage.

8.3. RÉSISTANCE ULTIME :

On tablera sur la définition suivante de la résistance nette du terrain à la sous face des fondations du bâtiment suivant l'approche 2 de l'Eurocode 7 et la norme NF-P94-261 :



$R_{v,d}$: valeur de calcul de la résistance nette du terrain sous la fondation,
 $R_{v,k}$: valeur caractéristique de la résistance nette du terrain sous la fondation,
 q_{net} : contrainte associée à la résistance nette du terrain sous la fondation.

Aux ELS : $R_{v,d} / A' = R_{v,k} / \gamma_{R,v} / A' = 0,20 \text{ MPa}$

A l'ELU durable et transitoire : $R_{v,d} / A' = R_{v,k} / \gamma_{R,v} / A' = 0,32 \text{ MPa}$

A l'ELU combinaison accidentelle : $R_{v,d} / A' = R_{v,k} / \gamma_{R,v} / A' = 0,38 \text{ MPa}$

$R_{v,k} / A' = q_{net} / \gamma_{R,d,v} = 0,46 \text{ MPa}$

$q_{net} = 0,55 \text{ MPa}$

Ces taux de travail supposent une descente de charge verticale centrée sur fondation ($i_\delta = 1$) et des fondations éloignées de talus ($i_\beta = 1$).

8.4. TASSEMENTS :

Les tassements générés par un radier superficiel respectant les critères d'ancrage décrits au paragraphe 8.2. et travaillant à 0,2 MPa sont de l'ordre du centimètre.

8.4.1. Module de réaction sous radier :

Le module de réaction sous radier est de $k = \frac{P}{s}$ avec :

- P = Contrainte apportée par le radier (2 bar)
- s = tassements sous le radier = 1 cm.

Il vient donc **k = 2 bar / cm.**

8.5. SUJÉTIONS D'EXÉCUTION :

Elles sont liées :

- à la mise en place d'une substitution d'une épaisseur constante sous toute l'emprise du radier en prévoyant un débord au moins égale à l'épaisseur de la substitution,



- au respect des critères d'ancrage développés au chapitre 8.2. avec purges complémentaires le cas échéant,
- à l'utilisation éventuelle d'un brise roche hydraulique en cas de rencontre de blocs de grande dimension et de niveaux indurés et de remontée du substratum rocheux,
- à la présence éventuelle de blocs ou vestiges au sein des remblais pouvant conduire à des purges locales et des approfondissements du niveau d'assise et à l'utilisation d'un BRH,
- à la nécessité de ne pas remanier le sol de fondation : on travaillera en rétro, à la pelle, godet bien à plat, en excluant toute circulation d'engins sur l'arase terrassée,
- à la prise en compte des caractéristiques hydrauliques du site (rivière et nappe) impliquant toutes les dispositions nécessaires à un travail au sec :
 - la réalisation des travaux en période d'étiage du cours d'eau,
 - au dévoiement du cours d'eau,
 - la réalisation d'un batardeau (palplanches, digue, ...), éventuellement associé à un bouchon étanche,
 - un pompage afin d'évacuer les eaux de la nappe, et les circulations induites par le batardeau, lors de la réalisation de la fouille d'insertion de la substitution en veillant à éviter toute stagnation d'eau sur l'arase terrassée. Il pourra être nécessaire de prévoir un débit de pompage important, à dimensionner dans une étude spécifique.
- À la réalisation de bèches périphériques et de parafeuilles,
- au drainage de la base de la substitution en phase chantier (arase pentée + drains à relier à un exutoire à définir, gravitaire ou fossé + pompe de relevage),
- à la réalisation de la substitution, et à la qualité des matériaux d'apport et du compactage ($D_{10} > 1\text{mm}$, VBs < 0.1 et passant à $80\mu\text{m} < 5\%$), avec un



objectif de densification q3, avec essais à la plaque permettant une réception avec un objectif de $EV_2 > 80$ MPa minimum,

- A la mise en œuvre du matelas de substitution à l'avancement du terrassement,
- au bétonnage rapide du radier après mise en place du ferrailage et à l'absence d'eau lors du bétonnage,
- à la réalisation de bèches périphériques de protection au gel, qui pourront être intégrées au radier pour en améliorer la rigidification,
- à la réalisation de soutènements provisoires en cas d'emprise limitée,
- en cas de remontée du substratum granitique et d'assise partielle de la substitution sous radier sur le substratum granitique, il conviendra d'uniformiser l'ancrage sur le substratum afin d'éviter tout point dur partiel,
- au remblaiement des survolumes de terrassement de la fouille d'insertion de l'ouvrage et de la substitution en matériaux d'apport de qualité, de type concassé calcaire propres ($VBS < 0.1$ et passant à $80 \mu m < 5\%$), drainants ($D_{10} > 1mm$), durs (LOS et $MDE < 45$), et compactés q3,
- dans ces conditions, pour un matériau de remblaiement granulaire de qualité présentant un angle de frottement d'au moins 35° , on tablera sur une valeur de coefficient de poussée horizontale K_0 de 0.4. Pour les murs libres en tête il conviendra de retenir un coefficient de poussée des terres égal à K_a en intégrant les effets de pente éventuels,
- à une solution de reprise en sous-œuvre éventuelle (micropieux par exemple) après confirmation du système de fondation de l'ouvrage actuel et de la possibilité de les liasonner à la structure existante. On tablera sur les paramètres q_s suivants, pour des micropieux de type II forés tubés :

Couche	Profondeur* (m)	PI* (MPa)	q s,i (kPa)
0 à 2.1	0.0m à 5.0m	Négligés	
2.2	5,0m à 8.0m	4	99

* par rapport au niveau de la route actuelle

XXXXXXXXXX



9. POINTS À ÉTUDIER PARTICULIÈREMENT AU STADE G2- PHASE AVP

Au stade de la mission G2-phase AVP, il sera impératif d'étudier les points spécifiques suivants :

- 1) Réalisation d'investigations complémentaires comprenant :
 - la réalisation de sondages carottés au droit des appuis en vue de confirmer l'absence de massifs ou fondation profondes,
 - la réalisation de sondages pressiométriques et carottés plus profonds afin de connaître la profondeur du substratum granitique, notamment dans le cas d'une solution de reprise en sous-œuvre.
- 2) Réalisation d'un diagnostic structurel de l'ouvrage comprenant également la réalisation de descentes de charges sous les appuis de l'ouvrage existant.

XXXXXXXXXXXX



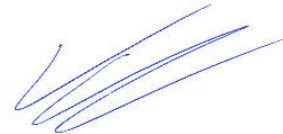
Nous restons à la disposition de **la société IRH** et de tous les intervenants pour tous renseignements complémentaires.

Dressé par les Ingénieurs soussignés

Quentin DAN
en charge de l'opération



Laurent VENARD
en charge du contrôle interne



ANNEXES



ANNEXE 1

Plan d'implantation des sondages



Légende :



Sondage pressiométrique



Sondage carotté



HYDROGÉOTECHNIQUE CENTRE

Ingenierie géotechnique, géologique, hydrogéologique et hydrologique
appliquée aux bâtiments, génie-civil, infrastructures et à l'environnement.
Sondages - Essais de sols in situ et en laboratoire

IMPLANTATION DES SONDAGES

Client : **IRH**

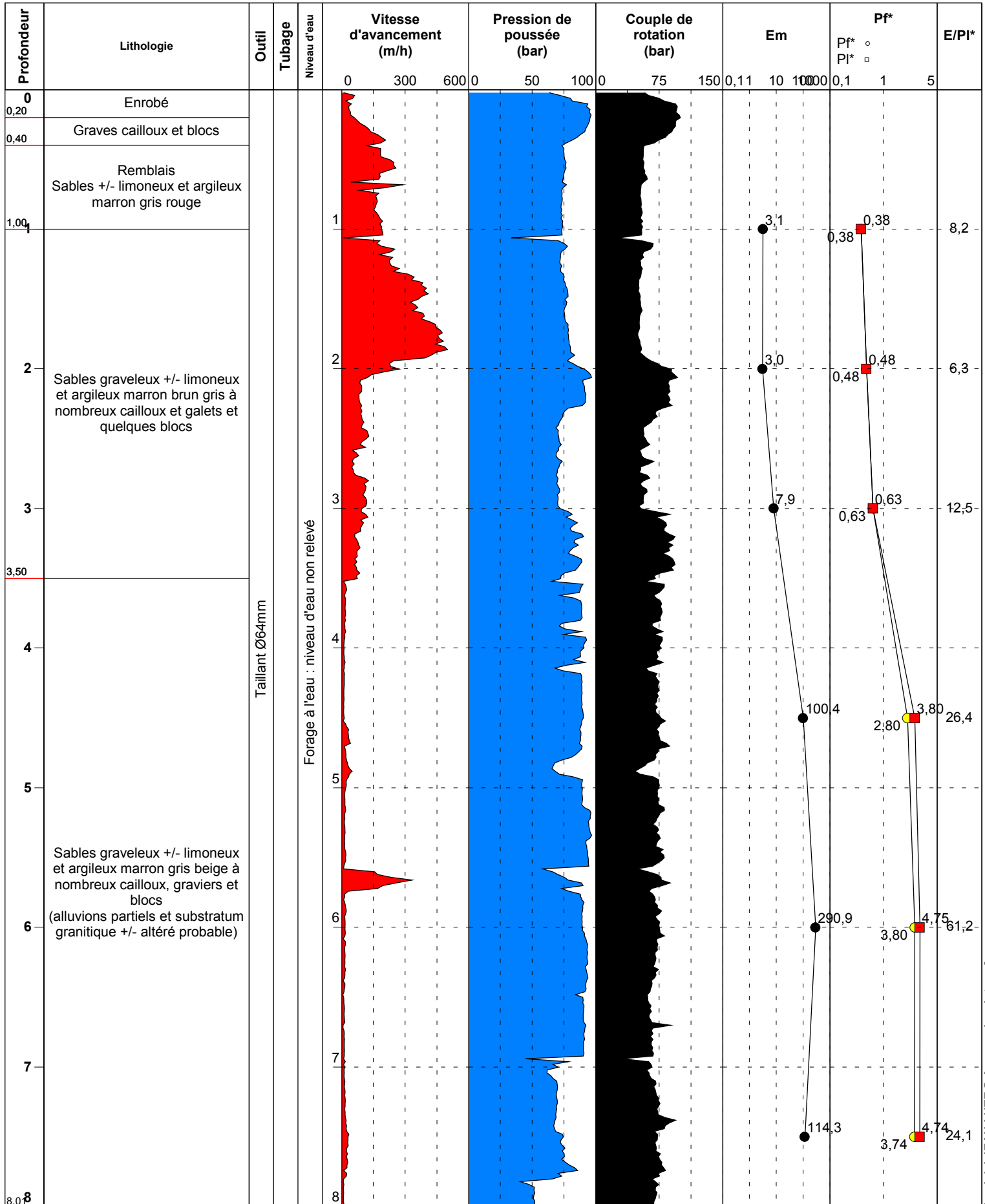
Chantier : **ST LEGER SOUS BEUVRAY**

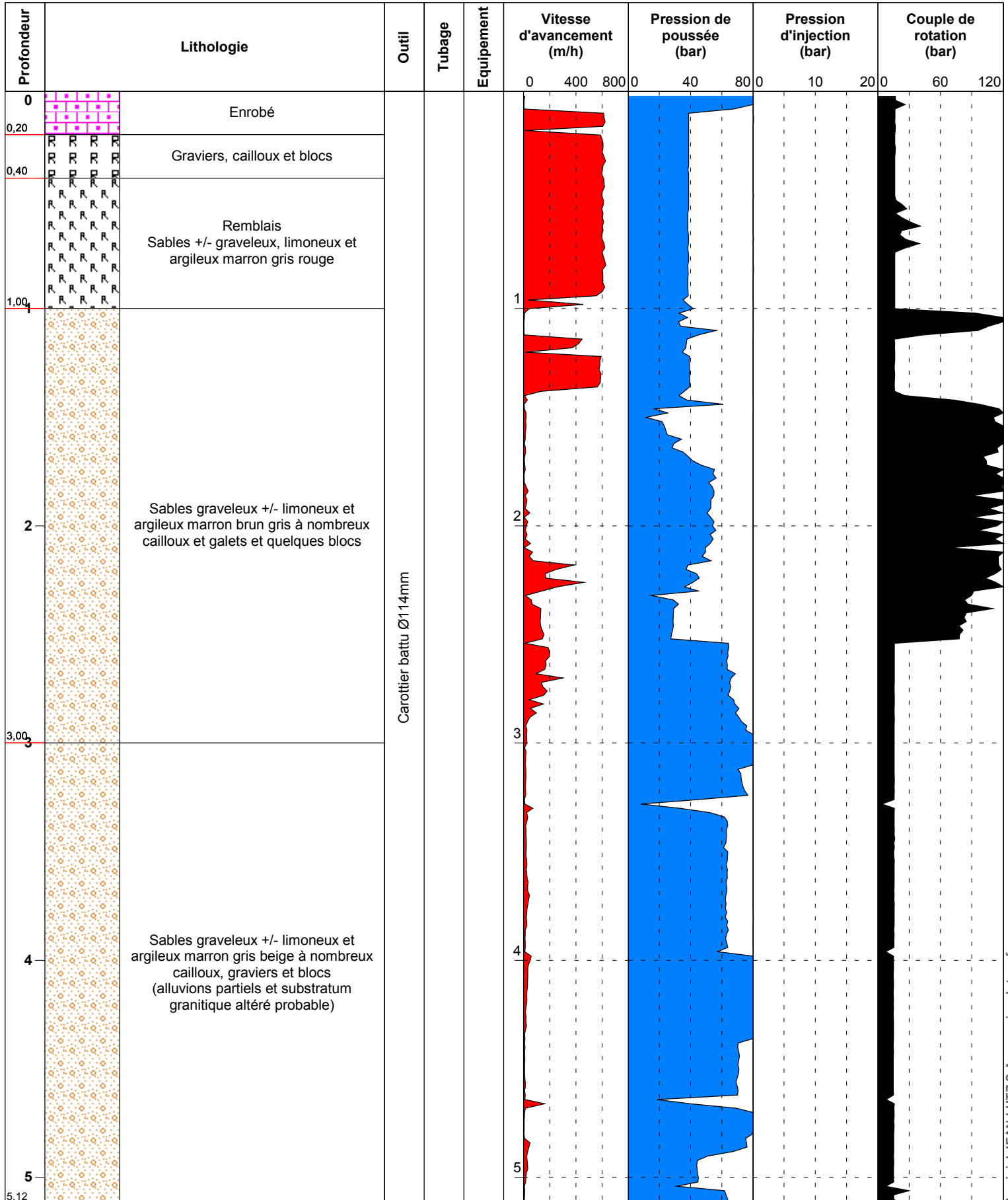
Dossier : **C.16.10370**








Date des essais : **23/03/2017**

ANNEXE 2

Coupes des sondages





		DESCRIPTIF DES MATERIAUX	
		COUPE	
Site :	SAINT LEGER SOUS BEUVERAY (71) - DIAGNOSTIC OH		
Sondage :	SC1		
Type carotté	ÉCHANTILLON EN CAISSE		
			
0 0,1 0,2 0,3 0,4 0,5 0,6 0,7 0,8 0,9 1			
0m			1m
1m			2m
2m			3m
3m			4m
4m			5m



HYDROGÉOTECHNIQUE CENTRE


Ingénierie géotechnique, géologique, hydrogéologique et hydrologique
appliquée aux bâtiments, génie-civil, infrastructures et à l'environnement
Sondages - Essais de sols in situ et en laboratoire

SONDAGE DE RECONNAISSANCE GEOLOGIQUE

Norme NFP 94.202

Client **IRH**
Chantier **Saint Léger sous Beuvray (71) - Diagnostic OH**
Dossier C.16.10370
Date 23 mars 2017

Sondage **CAR1**

Profondeur	Lithologie	Outil		Observations
			Eau	
0,08	Béton Armatures en acier Ø3mm à 6,5cm de profondeur	Carottier rotatif Ø102mm	Radier sous l'eau	
0,27	Bloc ou maçonnerie en granite			
0,50	Sol non identifié (lessivé lors de l'extraction)			



HYDROGÉOTECHNIQUE CENTRE

Ingénierie géotechnique, géologique, hydrogéologique et hydrologique
appliquée aux bâtiments, génie-civil, infrastructures et à l'environnement
Sondages - Essais de sols in situ et en laboratoire

SONDAGE DE RECONNAISSANCE GEOLOGIQUE

Norme NFP 94.202

Client **IRH**
Chantier **Saint Léger Sous Beuvray (71) - Diagnostic OH**
Dossier C.16.10370
Date 23 mars 2017

Sondage **CAR2**

Profondeur	Lithologie	Outil	Eau	Observations
0,08	Béton Absence d'armatures métalliques sur la carotte	Carottier rotatif Ø102mm	Pas notoire lors de la foration	
0,23	Bloc ou maçonnerie en roche volcanique (ignimbrites probables)			
0,50	Sol non identifié : lavé lors de l'extraction			

ANNEXE 3

Missions géotechniques

CLASSIFICATION DES MISSIONS TYPES D'INGENIERIE GEOTECHNIQUE

(extraite de la norme NFP 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 Etude 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'avoisnants 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 avoisnants), 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 avoisnants), 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, participer à la finalisation des pièces techniques des contrats de travaux.

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).

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 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

UNION SYNDICALE GÉOTECHNIQUE
CONDITIONS GÉNÉRALES DES MISSIONS GÉOTECHNIQUES
(version du 27.06.2000, mise à jour Hydrogéotechnique décembre 2006)

1. CADRE DE LA MISSION

Par référence à la CLASSIFICATION DES MISSIONS GEOTECHNIQUES TYPES (Norme NFP 94-500), 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 G1, G2, G3, G4 sont réalisées dans l'ordre successif,
- une mission confiée à notre société peut ne contenir qu'une partie des prestations décrites dans la mission type correspondante,
- une Prestations d'investigations géotechniques engage notre société uniquement sur la conformité des travaux exécutés à ceux contractuellement commandés et l'exactitude des résultats qu'elle fournit,
- une mission type G1 à G5 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 type G1 ou G5 exclut tout engagement de notre société sur les quantités, coûts et délais d'exécution des futurs ouvrages géotechniques,
- une mission type 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) parties(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 en évidence lors de l'exécution, pouvant avoir une influence sur les conclusions du rapport, doivent immédiatement être signalés au géotechnicien chargé du suivi ou de la supervision géotechnique d'exécution (missions G3 et G4) afin qu'il en analyse les conséquences sur les conditions d'exécution, voire la conception de l'ouvrage géotechnique.

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.

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 notre société. 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 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.

XXXXXXXXXXXX



HYDROGÉOTECHNIQUE CENTRE

INGÉNIERIE GÉOTECHNIQUE, GÉOLOGIQUE, HYDROGÉOLOGIQUE ET
HYDROLOGIQUE APPLIQUÉE AUX BATIMENTS, GENIE-CIVIL, INFRASTRUCTURES ET
A L'ENVIRONNEMENT. SONDAGES - ESSAIS DE SOLS IN SITU ET EN LABORATOIRE



**DIAGNOSTIC D'OUVRAGE HYDRAULIQUE SOUS LA RD81
COUBLANC (71)**

RAPPORT D'ÉTUDE GÉOTECHNIQUE

Mission G5

Dossier n°	Indice	Date	Rédigé par :	Vérifié par :
C.16.10370	0	19/05/2017	Q. DAN	J-M. CUINET

Le présent rapport et ses annexes constituent un tout indissociable

SOMMAIRE

1.INTRODUCTION.....	5
1.1.MISSIONS.....	5
1.2.RÉFÉRENTIELS.....	7
1.3.DÉSCRIPTION DU PROJET AU STADE DE NOTRE MISSION.....	8
2.ÉTUDE GÉOTECHNIQUE PRÉLIMINAIRE DE SITE	
MISSION G5.....	11
2.1.CONTEXTE SITOLOGIQUE ET HISTORIQUE.....	11
2.2.CONTEXTE GÉOLOGIQUE.....	13
2.3.CONTEXTE HYDROGÉOLOGIQUE.....	14
2.4.RISQUES NATURELS.....	14
2.4.1.REMONTÉES DE NAPPES.....	15
2.4.2.RISQUE INONDATION.....	15
2.4.3.LES PHÉNOMÈNES DE RETRAIT-GONFLEMENT DES SOLS ARGILEUX.....	16
2.4.4.BASE DE DONNÉES DES CAVITÉS SOUTERRAINES.....	16
2.4.5.RISQUE DE GLISSEMENT DE TERRAIN.....	16
2.5.SISMICITÉ.....	16
3.PROGRAMME SPÉCIFIQUE D'INVESTIGATIONS	
MIS EN ŒUVRE.....	19
3.1.PROGRAMME SPÉCIFIQUE.....	19
3.2.IMPLANTATION ET CALAGE ALTIMÉTRIQUE.....	20
4.RÉSULTATS DES INVESTIGATIONS ET INTERPRÉTATION MISSION G5..	21
4.1.LITHOLOGIE ET CARACTÉRISTIQUES GÉOTECHNIQUES.....	21
4.2.COMPACITÉ DES SOLS.....	22
4.3.HYDROGÉOLOGIE.....	23
4.4.CONDITION SISMIQUE.....	23
5.SYNTÈSE DES DONNÉES DE SOL ET ALÉAS GÉOTECHNIQUES – MISSION	
G5.....	25



5.1.SYNTHESE DES DONNEES GEOTECHNIQUES.....	25
5.2.ALÉAS.....	25
5.2.1.La géologie.....	25
5.2.2.La nature des matériaux.....	26
5.2.3.L'hydrogéologie.....	26
5.2.4.L'environnement et l'historique du site.....	26
5.2.5.Les risques naturels.....	27
6.PRINCIPES GÉNÉRAUX DE FONDATION – MISSION G5.....	28
7.PRINCIPES GÉNÉRAUX DES TERRASSEMENTS	
MISSION G5.....	30
7.1.GÉNÉRALITÉS SUR LES TRAVAUX ENVISAGÉS.....	30
7.2.STABILITÉ DE L'OUVRAGE.....	30
7.3.DISPOSITIFS D'ASSAINISSEMENT ET DE DRAINAGE.....	31
8.ÉBAUCHE DIMENSIONNELLE DU CONFORTEMENT DE LA STRUCTURE	
ACTUELLE PAR TIRANTS – MISSION G5.....	32
8.1.PRINCIPES.....	32
8.2.NIVEAU D'ANCRAGE :.....	32
8.3.FROTTEMENT LATÉRAL.....	32
8.4.SUJÉTIONS D'EXÉCUTION.....	33
9.POINTS À ÉTUDIER PARTICULIÈREMENT AU STADE G2-PHASE AVP.....	35
ANNEXES	
.....	37
ANNEXE 1	
PLAN D'IMPLANTATION DES SONDAGES	
.....	38
ANNEXE 2	
COUPES DES SONDAGES	
.....	39

ANNEXE 3
MISSIONS GÉOTECHNIQUES

.....40



1. INTRODUCTION

1.1. MISSIONS

À la demande et pour le compte de la **société IRH**, la Direction Régionale Ain-Bourgogne-Jura du Bureau d'Études **HYDROGÉOTECHNIQUE CENTRE** a procédé à l'exécution des sondages, essais et diagnostic géotechnique d'un **ouvrage hydraulique sous la RD81** sur la **commune de COUBLANC (71)**.

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 principes 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)
 - 1) Phase étude,
 - 2) Phase suivi.
 - Supervision géotechnique d'exécution (G4)
 - 3) Phase étude,
 - 4) Phase suivi.
- ✓ Étude d'éléments spécifiques géotechniques
 - **Diagnostic géotechnique (G5).**



L'étude géotechnique conduite sur le terrain, ainsi que le présent rapport correspondent à une **mission G5** de l'Union Syndicale Géotechnique. Vous trouverez en annexe la classification, le contenu, et le schéma d'enchaînement de ces missions.

Ce rapport a été rédigé par **Quentin DAN – Ingénieur en Génie Civil et Urbanisme diplômé de l'INSA de Lyon**, vérifié par **Jean-Michel CUNET – Ingénieur Géologue Géotechnicien expert, DESS de Géologie Appliquée de Besançon**.

Les objectifs de cette étude sont :

- L'appréhension des caractéristiques géologiques, hydrogéologiques et géotechniques des sols au droit du projet,
- la proposition d'une solution visant à palier au défaut de butée lié à la suppression du radier de fond de l'ouvrage.

Notre mission de type G5 s'arrête à la remise de ce rapport. Elle devra être suivie des missions de type G2-AVP, G2-PRO et G4 en fonction des caractéristiques du projet. Ponctuellement une mission G5 à définir par la Maîtrise d'œuvre du projet pourra être réalisée. La mission G3 est à la charge de l'entreprise adjudicataire des travaux.

Le caractère de cette étude est strictement de type géotechnique. Les aspects liés à la recherche de pollution éventuelle ou à la caractérisation des ouvrages enterrés et des incidences des vestiges et fouilles archéologiques et à l'étude des dispositifs d'assainissement sont exclus.

1.2. RÉFÉRENTIELS

La campagne de sondages, ainsi que notre étude suivent les normes et documents français et plus particulièrement :

- Eurocodes 1 – NF-EN-1991-1 (mars 2003),
- Eurocodes 7 – NF-EN-1997-1 (juin 2005) et NF-EN-1997-2 (septembre 2007),
- Eurocodes 8 – NF-EN-1998-5 (septembre 2005),
- Arrêtés du 22 octobre 2010 et du 19 juillet 2011 relatifs à la classification et aux règles de construction parasismique applicables aux bâtiments de la classe dite « à risque normal »,
- DTU 20.1 : ouvrages en maçonneries de petits éléments : parois et murs (octobre 1994),
- Recommandations CLOUTERRE 1991, Projet National CLOUTERRE en date de décembre 1991,
- Normes relatives aux essais in situ et essais en laboratoire.

Pour mener à bien notre mission, les documents suivants nous ont été fournis par le Maître d'œuvre :

- CCTP, réalisé par le département de Saône et Loire, non daté.



1.3. DÉSCRIPTION DU PROJET AU STADE DE NOTRE MISSION

Le projet concerne **le diagnostic de l'ouvrage n°2 sous la RD81** sur la commune de **COUBLANC (71)**.

À ce stade, les informations connues sur le projet correspondent à l'effacement de l'obstacle créé par le radier du pont en le supprimant sur 20 à 50cm d'épaisseur.

L'ouvrage concerné est un pont voûté. Il permet le franchissement de la RD81 au dessus du cours d'eau « l'Aron ». D'après les informations fournies initialement par la société IRH, l'ouvrage est fondé sur un radier.

L'ouvrage est en pierre maçonnées en partie aval, et en béton en partie amont. Il a soit été enduit partiellement, soit été élargi en structure béton, soit conforté.

Après visite du site :

- le radier paraît solidaire de la partie en béton,
- il semble avoir été réalisé entre les pieds de voûte de la partie en pierres maçonnées mais notre relevé visuel n'a pas permis de dire si il était présent sous les maçonneries.

Il subsiste donc au stade actuel de nombreux doutes sur la constitution de l'ouvrage et du radier : Radier général sous l'ensemble de l'ouvrage ? Ou uniquement sous la partie béton ? A t-il été réalisé en plusieurs étapes ? Quelle est la fonction structurelle de ce radier ?

Aucune information complémentaire ne nous a été fournie au stade actuel.

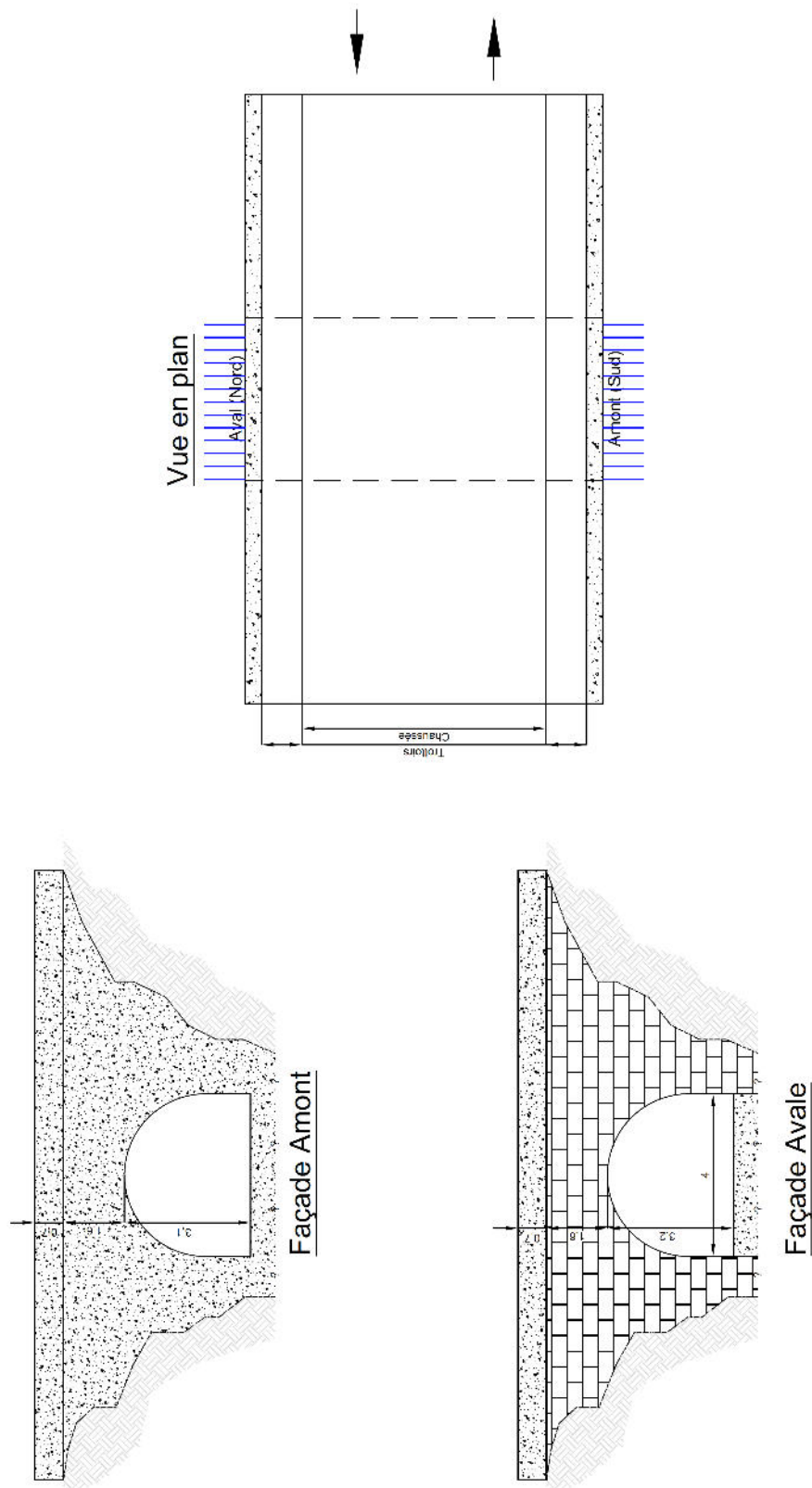
En l'absence d'information, l'ouvrage étudié est classé en **catégorie géotechnique 2** :

Catégorie géotechnique *	Classe de conséquence	Conditions de site	Base des justifications
1	CC1	Simple et connues	Expérience et reconnaissance géotechnique qualitative
2	CC1	Complexes	Reconnaissance géotechnique et calcul
2	CC2	Simple	
3	CC2	Complexes	Reconnaissance géotechnique et calculs approfondis
3	CC3	Simple ou complexes	

* Cette classification est à confirmer par le maître d'ouvrage.



Les plans suivants présentent notre relevé visuel de l'ouvrage lors de notre visite du site, les informations sont fournies à titre indicatif :



Aucun plan ou profil du projet ou de l'ouvrage actuel ne nous ont été fournis au stade actuel.

Tous changements d'implantation ou d'importance du projet par rapport aux hypothèses prises lors de l'établissement de ce rapport doivent nous être communiqués et recevoir notre accord par écrit. Ces changements peuvent modifier les conclusions de notre étude.

XXXXXXXXXXXX

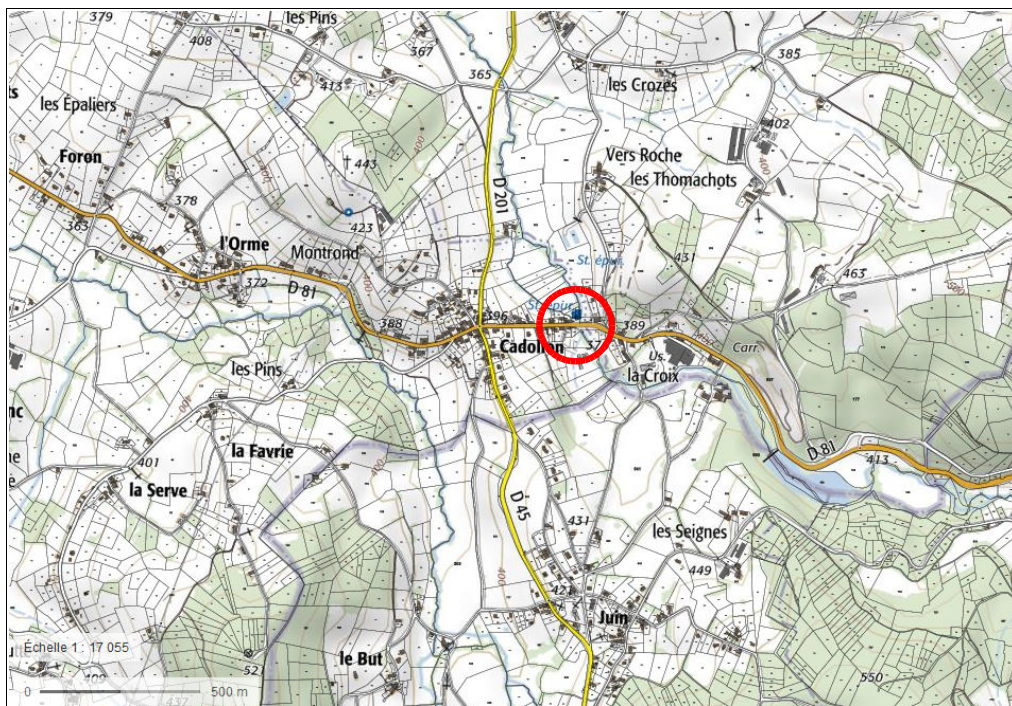


2. ÉTUDE GÉOTECHNIQUE PRÉLIMINAIRE DE SITE

MISSION G5

2.1. CONTEXTE SITOLOGIQUE ET HISTORIQUE

Le site se trouve sur à la limite entre les communes de **COUBLANC** et de **SAINT IGNY DE ROCHE (71)**, sur le cours d'eau «l'Aron ».





Amont du pont (Sud)



Aval du pont

2.2. CONTEXTE GÉOLOGIQUE

La carte géologique (éditions du BRGM) au 1/50000 de CHARLIEU montre que la zone d'étude se situe au niveau des formations suivantes, sous les remblais, les formations de surface et d'altération non mentionnées par le document :

- Fz : Formations alluviales : Alluvions actuelles et sub-actuelles : sables, limons, graviers
- h2μγ : Microgranite et granophyre (Viséen supérieur ; Carbonifère inférieur volcano-sédimentaire et hypovolcanique).

Type de catastrophe	Début le	Fin le	Arrêté du	Sur le JO du
Tempête	06/11/1982	10/11/1982	18/11/1982	19/11/1982
Inondations et coulées de boue	08/12/1982	31/12/1982	11/01/1983	13/01/1983

COUBLANC

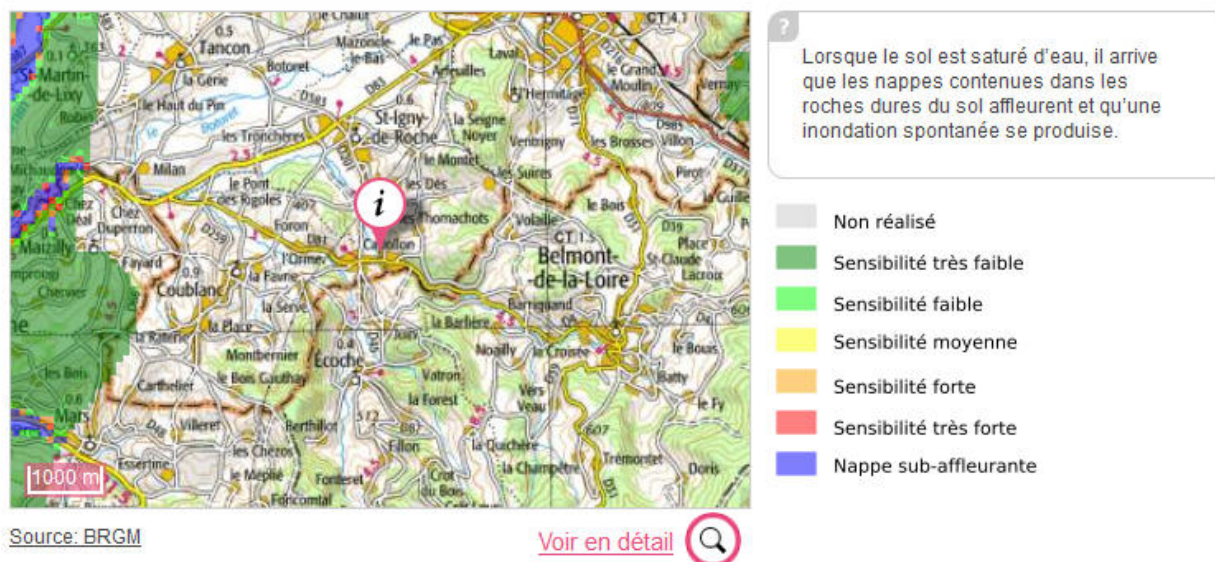
2.4.1. REMONTÉES DE NAPPES

Le portail Internet (www.georisques.gouv.fr) classe le site en zone a priori faiblement exposée au risque de remontée de la nappe. Ces informations restent peu pertinentes compte tenu de la localisation du projet dans le lit de la rivière.

Localisation exposée à une remontée de nappe dans les sédiments : Non

Localisation exposée à une remontée de nappe dans le socle : Oui

Type d'exposition : Faible



On veillera à se rapprocher des services communaux pour connaître le niveau des PHEC. Notons que dans le cadre du site du projet, on est soumis au cours d'eau et à ses crues, en particulier en cas de fortes pluies.

2.4.2. RISQUE INONDATION

Aucune information n'est disponible sur le site www.saone-et-loire.gouv.fr concernant le risque inondation sur le site du projet.

Il conviendra de se rapprocher des services communaux afin de connaître la nature de cet aléa au droit du projet.

Le gabarit hydraulique de l'ouvrage laisse penser la possibilité de crues fortes.

2.4.3. LES PHÉNOMÈNES DE RETRAIT-GONFLEMENT DES SOLS ARGILEUX

La cartographie de l'aléa des sols argileux aux phénomènes de retrait gonflement dont un extrait est présenté ci-après classe le site en zone **d'aléa faible**.

Localisation exposée aux retrait-gonflements des argiles : Oui

Type d'exposition : Aléa faible



Source: BRGM-MEDDE

[Voir en détail](#)

2.4.4. BASE DE DONNÉES DES CAVITÉS SOUTERRAINES

D'après le site www.georisques.gouv.fr, aucune cavité souterraine n'a été recensée par le BRGM au droit de la zone d'étude.

2.4.5. RISQUE DE GLISSEMENT DE TERRAIN

D'après le site www.georisques.gouv.fr, la zone d'étude ne se situe pas en zone de glissement de terrain.

2.5. SISMICITÉ

Depuis le 22 octobre 2010, la France dispose d'un nouveau zonage sismique divisant le territoire national en cinq zones de sismicité croissante en fonction de la probabilité d'occurrence des séismes (articles R563-1 à R563-8 du Code de

l'Environnement modifiés par les décrets [no 2010-1254 du 22 octobre 2010](#) et [no 2010-1255 du 22 octobre 2010](#), ainsi que par l'[Arrêté du 22 octobre 2010](#)) :

- une zone de sismicité 1 où il n'y a pas de prescription parasismique particulière pour les ponts à risque normal (l'aléa sismique associé à cette zone est qualifié de très faible),
- quatre zones de sismicité 2 à 5, où les règles de construction parasismique sont applicables aux ponts dans des conditions particulières.

Les nouvelles règles de constructions parasismiques pour les ponts ainsi que le nouveau zonage sismique (qui modifient les articles 563-1 à 8 du Code de l'Environnement) sont entrées en vigueur.

Ici, le site (<http://macommune.prim.net>) classe la zone étudiée en **zone 2**.

Ces règles doivent être appliquées au moyen d'un coefficient d'importance γ_1 attribué à chacune des catégories d'importance de pont. Les valeurs de ces coefficients sont données par le tableau suivant :

CATEGORIE D'IMPORTANCE	COÉFFICIENT D'IMPORTANCE γ_1
I	0,8
II	1
III	1.2
IV	1.4

En l'absence d'information, on retiendra $\gamma_1 = 1.0$ pour une catégorie d'importance II (à valider par le maître d'ouvrage).

Le mouvement dû au séisme est représenté par un spectre de réponse élastique en accélération. Il est caractérisé au niveau d'un sol rocheux (sol de classe A) par la valeur d'accélération a_{gr} . Les valeurs des accélérations a_{gr} sont données dans le tableau suivant :



ZONES DE SISMICITÉ	a_{gr} (en m/s^2)
1 (très faible)	0,4
2 (faible)	0,7
3 (modérée)	1,1
4 (moyenne)	1,6
5 (forte)	3

Dans le cadre de cette étude $a_{gr} = 0.7 m/s^2$.

L'accélération horizontale de calcul est déterminée à partir d'un sol référence de classe A rocheux. Elle est égale au produit de l'accélération a_{gr} par le coefficient d'importance γ_1 .

On retiendra donc $a_g = a_{gr} \times \gamma_1 = 0.7 \times 1.0 = 0.7 m/s^2$.

XXXXXXXXXXXX



3. PROGRAMME SPÉCIFIQUE D'INVESTIGATIONS MIS EN ŒUVRE

3.1. PROGRAMME SPÉCIFIQUE

Nous avons mis en œuvre les investigations suivantes :

- **1 sondage de reconnaissances géologiques**,
noté PR2, à 10m de profondeur, en diamètre 64mm, avec identification des formations traversées. Les outils ont été adaptés à la lithologie rencontrée. Les coupes sont nécessairement approximatives en nature et limites des couches et ne permettent pas de caractériser la blocométrie.
- **L'enregistrement des paramètres de forage** à l'avancement avec un appareil de type LUTZ. Cet appareil permet de mesurer :
 - la vitesse instantanée d'avancement (VIA),
 - la pression sur l'outil (PO),
 - la pression d'injection du fluide de forage (PI),
 - le couple de rotation (CR).Les enregistrements sont ensuite traités par ordinateur et joints aux coupes de sondage.
- **Dans ce forage, 7 essais de chargement in situ de type pressiométrique**, suivant la norme NFP 94-110-1, tous les 1.0 à 1.5m, adaptés à la lithologie rencontrée, permettant la mesure après dépouillement, par un essai de chargement in situ :
 - du module de compressibilité : E_M
 - de la pression de fluage : pf
 - de la pression de rupture : pl
- **1 forage en carottage continu**, en diamètre 64mm, noté SC2, conduit à 6m de profondeur suivant la norme NF-EN-ISO-22475-1. Les échantillons



ont été conditionnés en caisses à carottes. Le diamètre des éléments prélevés est limité par le diamètre intérieur du carottier.

- **1 carottage de radier coté amont de l'ouvrage (Sud)**, c'est à dire du coté de l'ouvrage béton, en diamètre 102mm, noté CAR3, conduit à 1.2m de profondeur suivant la norme NF-EN-ISO-22475-1. Les échantillons ont été conditionnés en caisses à carottes. Le diamètre des éléments prélevés est limité par le diamètre intérieur du carottier.

3.2. IMPLANTATION ET CALAGE ALTIMÉTRIQUE

Le plan d'implantation des sondages est fourni en annexe du rapport : les sondages SC2 et PR2 ont été réalisés depuis la route, le sondage CAR3 a été réalisé depuis le radier de l'ouvrage.

Les sondages n'ont pas été rattachés en nivellement à ce stade de l'étude. Il sera à envisager au moment de l'élaboration du plan topographique du site.

Tous changements d'implantation ou d'importance du projet par rapport aux hypothèses prises lors de l'établissement de ce rapport doivent nous être communiqués et recevoir notre accord par écrit et faire l'objet d'une mission spécifique complémentaire. Ces changements peuvent modifier les conclusions de notre étude.

XXXXXXXXXXXX



4. RÉSULTATS DES INVESTIGATIONS ET INTERPRÉTATION

MISSION G5

4.1. LITHOLOGIE ET CARACTÉRISTIQUES GÉOTECHNIQUES

L'analyse des coupes lithologiques des différents sondages permet de schématiser la lithologie de la manière suivante :

- **Couche 0.1** : en tête des sondages : « **enrobé** » et **remblais bitumineux (correspondant vraisemblablement à des épaisseurs successives de chaussées)**, reconnus sur une épaisseur de 0.4m,
- **Couche 1.1** : « **remblais** » - **sables grossiers à cailloux et cailloutis**, reconnus de 0.4m à 1.0m de profondeur au droit des sondages SC2 et PR2,
- **Couche 1.2** : « **remblais** » – **graviers et sables +/- limoneux marron rougeâtre gris brun à nombreux cailloux, cailloutis, blocs granitiques et quelques blocs béton**, reconnus :
 - de 1.0m à 4.5m de profondeur au droit des sondages SC2 (fin du sondage),
 - de 1.0m à 4.5m de profondeur au droit des sondages PR2,
- **Couche 1.3** : **graviers et sables +/- limoneux marron rougeâtre gris brun à nombreux cailloux, cailloutis, blocs granitiques correspondant partiellement à des remblais et pouvant correspondre partiellement à des alluvions**, reconnus :
 - de 4.5m à 6.0m de profondeur au droit des sondages SC2 (base du sondage),
 - de 4.5m à 7.0m de profondeur au droit des sondages PR2,



- **Couche 2 : Graves et sables limoneux marron gris à cailloux, cailloutis et galets correspondant à des arènes granitiques ou à du granite +/- altéré et fracturé, reconnu :**
 - de 7.0 m à 10m de profondeur au droit des sondages PR2 (fin du sondage PR2).

On note sur la base des paramètres de forage, la présence d'un point dur entre 4 et 5.5m de profondeur par rapport au niveau de la route, pouvant correspondre à un débord de la structure actuelle ou à un bloc.

Le carottage de radier a mis en évidence :

- **couche 0.2** : béton sur une épaisseur de 75cm,
- reposant sur des sols non identifiés (lessivés par l'eau lors de l'extraction).

4.2. COMPACITÉ DES SOLS

L'analyse du profil pressiométrique a permis de mettre en évidence les niveaux de compacité suivants :

- **Couche 0.1 : « enrobé » et remblais bitumineux**
Compacité non mesurée
- **Couche 1.1 : « remblais » - sables grossiers à cailloux et cailloutis,**
Compacité non mesurée
- **Couche 1.2 : « remblais » – graviers et sables +/- limoneux marron rougeâtre à nombreux cailloux, cailloutis et blocs granitiques,**
Compacité faible à moyenne
 $0.24 \text{ MPa} < p_l^* < 0.75 \text{ MPa}$
 $0.10 \text{ MPa} < p_f^* < 0.50 \text{ MPa}$
 $2.9 \text{ MPa} < E_m < 9.3 \text{ MPa}$
- **Couche 1.3 : « remblais » – graviers et sables +/- limoneux marron rougeâtre à nombreux cailloux, cailloutis et blocs granitiques,**



Compacité faible à moyenne

$0.82 \text{ MPa} < p_l^* < 1.54 \text{ MPa}$

$0.43 \text{ MPa} < p_f^* < 0.83 \text{ MPa}$

$4.1 \text{ MPa} < E_m < 11.8 \text{ MPa}$

- **Couche 2 : Graves et sables limoneux marron gris à cailloux, cailloutis et galets correspondant à des arènes granitiques ou à du granite +/- altéré et fracturé**

Compacité très élevée

$3.04 \text{ MPa} < p_l^* < 3.26 \text{ MPa}$

$1.23 \text{ MPa} < p_f^* < 3.26 \text{ MPa}$

$18.8 \text{ MPa} < E_m < 47.6 \text{ MPa}$

4.3. HYDROGÉOLOGIE

Les sondages étant réalisés à l'eau, aucun niveau d'eau n'a pu être relevée au droit des sondages pressiométrique et carotté.

Compte tenu de la présence de remblais et d'alluvions sablo-graveleuses, il faut s'attendre à une piézométrie en relation avec le niveau du cours d'eau.

Remarques :

Les sondages de reconnaissance se font sur une période de courte durée et le niveau de la nappe indiqué dans le rapport ne reflète pas forcément le niveau maximum.

L'origine des fluctuations possibles est, soit naturelle (sécheresse, crue de nappe en relation avec la situation météorologique par exemple), soit dues à des travaux ou une modification de l'environnement aux alentours immédiats (pompages, rejets, effets barrages, etc.).

4.4. CONDITION SISMIQUE

Au sens de la norme NF-EN-1998-1, on retiendra que le sol est à priori de **classe E** ce qu'il conviendrait le cas échéant de valider par une mesure directe du VS30 par



méthode MASW par exemple. Le tableau ci-après décrit les différentes classes de sol disponibles dans la norme.

Classe de sol	Description du profil stratigraphique	Paramètres		
		$v_{s,30}$ (m/s)	N_{SPT} (coups/30 cm)	c_u (kPa)
A	Rocher ou autre formation géologique de ce type comportant une couche superficielle d'au plus 5 m de matériau moins résistant	> 800	-	-
B	Dépôts raides de sable, de gravier ou d'argile sur-consolidée, d'au moins plusieurs dizaines de mètres d'épaisseur, caractérisés par une augmentation progressive des propriétés mécaniques avec la profondeur	360 – 800	> 50	> 250
C	Dépôts profonds de sable de densité moyenne, de gravier ou d'argile moyennement raide, ayant des épaisseurs de quelques dizaines à plusieurs centaines de mètres	180 – 360	15 – 50	70 – 250
D	Dépôts de sol sans cohésion de densité faible à moyenne (avec ou sans couches cohérentes molles) ou comprenant une majorité de sols cohérents mous à fermes	< 180	< 15	< 70
E	Profil de sol comprenant une couche superficielle d'alluvions avec des valeurs de v_s de classe C ou D et une épaisseur comprise entre 5 m environ et 20 m, reposant sur un matériau plus raide avec $v_s > 800$ m/s			
S ₁	Dépôts composés, ou contenant, une couche d'au moins 10 m d'épaisseur d'argiles molles/vases avec un indice de plasticité élevé (PI > 40) et une teneur en eau importante.	< 100 (valeur indicative)	-	10 – 20
S ₂	Dépôts de sols liquéfiables d'argiles sensibles ou tout autre profil de sol non compris dans les classes A à E ou S ₁ .			

En l'absence de sondage spécifique, le paramètre de sol est estimé à une valeur $S = 1.8$.

XXXXXXXXXXXX



5. SYNTHÈSE DES DONNÉES DE SOL ET ALÉAS GÉOTECHNIQUES – MISSION G5

5.1. SYNTHÈSE DES DONNÉES GÉOTECHNIQUES

Compte tenu des investigations menées, le site est marqué par la succession lithologique et les caractéristiques mécaniques suivantes :

Lithologie	Remblais	Remblais	Remblais partiels et alluvions ?	Graviers et sables limoneux granitiques
N° couche	1.1	1.2	1.3	2
Profondeur base couche (m)	1.0	4.5	6.0* à 7.0	10*
Compacité	/	Faible à moyenne	Moyenne	Très élevée
pl* (MPa)	/	0.24	0.82	3
pf* (MPa)	/	0.10	0.43	1.5
Em (MPa)	/	3.0	4.1	20
Hydrogéologie	Niveau de nappe non relevés Les sondages ont été menés au droit ou à forte proximité du cours d'eau			

* profondeurs partielles (fin des sondages)

5.2. ALÉAS

Les aléas géotechniques sont en relation entre autres, avec :

5.2.1. La géologie

- aléas liés aux variations d'épaisseur des différentes couches, et notamment des remblais superficiels qui peuvent localement être plus épais entre les sondages,
- aléas liés aux variations latérales de faciès, pouvant entraîner l'apparition de lentilles de nature variable au sein de la couche 1. Il est possible que



des sols de nature localement différente de celle retrouvée en sondages apparaissent lors des travaux,

- aléas liés aux irrégularités importantes du toit du granite affecté par l'altération et la fracturation,
- aléas liés à la profondeur variable du toit du granite.

5.2.2. La nature des matériaux

- présence possible de matériaux de nature hétérogène au sein des remblais,
- présence possible de vestiges au sein des remblais non mis en évidence lors de la réalisation des sondages,
- aléas liés à la nature de la couche 2 pouvant correspondre à des arènes granitiques ou à des alluvions,
- aléas liés à la nature des sols de la couche 1.3 correspondant partiellement à des remblais et pouvant se mêler à des alluvions,
- aléas liés à la présence de sols pollués pouvant nécessiter une étude spécifique.

5.2.3. L'hydrogéologie

- aléas liés à des arrivées d'eau parasites en périodes pluvieuses dans les remblais, et à la formation possible de poches de stagnation,
- aléas liés aux fluctuations saisonnières du niveau libre de la nappe a priori en relation directe avec le niveau du cours d'eau,
- aléas liés aux fluctuations du niveau du cours d'eau et à ses crues, notamment en cas de fortes pluies.

5.2.4. L'environnement et l'historique du site

- aléas liés à l'historique du site et du pont non connu (confortement, élargissement, reprise en sous-œuvre, ...),
- présence du pont dont l'épaisseur du radier n'a été reconnue que ponctuellement coté Sud, sur la partie en béton de l'ouvrage,
- à la nature de la fondation du pont : d'après les informations fournies par la société IRH, le pont est fondé sur radier. Après visite du site et



réalisation des sondages, il nous paraît nécessaire de valider cette hypothèse au moyens d'un diagnostic spécifique ou d'une étude documentaire sur l'ouvrage, plusieurs radiers et générations de radiers sont possibles,

- présence de voies de circulation,
- présence de réseaux enterrés situés à proximité.

5.2.5. Les risques naturels

- prise en compte du risque sismique.

XXXXXXXXXXXX



6. PRINCIPES GÉNÉRAUX DE FONDATION – MISSION G5

Les solutions proposées sont celles qui semblent les meilleures à ce stade en fonction des données en notre possession.

D'autres solutions pourraient cependant être proposées en fonction de critères non pris en compte dans une étude de faisabilité et qui peuvent apparaître en phase conception ou d'exécution (problèmes de délais ou de phasage, variante locale économique, modification de l'environnement, caractéristiques particulières du projet non portées à notre connaissance). Si cela était le cas, nous conseillons à la Maîtrise d'œuvre ou à la Maîtrise d'Ouvrage de nous confier une mission pour valider les modifications apportées.

Les problématiques géotechniques du site confrontées aux caractéristiques du projet sont liées à l'effacement de l'obstacle hydraulique, créé par le pont, par suppression du radier existant sur une épaisseur de 20cm à 50cm correspondant à une partie du radier actuel reconnu au droit du sondage CAR3 laissant a priori une épaisseur de radier de 0.25m à 0.55m. Cela suppose la présence d'un radier général sous l'ensemble de l'ouvrage ce qui n'est pas sûr au vu de la configuration actuelle de l'ouvrage.

Compte tenu de la nature du pont (partiellement en pierre maçonnées et comprenant partiellement un revêtement en béton pouvant correspondre à un élargissement post-construction), il est possible que le radier reconnu ne soit pas la fondation de l'ouvrage (à confirmer par une étude documentaire sur l'ouvrage ou par un diagnostic spécifique).

L'effacement partiel de l'obstacle par rabotage du radier peut générer :

- un défaut de résistance interne de la voûte ou des parois latérales,
- un défaut de butée des culées du pont.

En ce sens :

- Si le rabotage du « radier » n'induit pas de défaut de résistance interne et de butée de l'ouvrage (à définir par un BET structure) : aucun dispositif particulier ne serait nécessaire pour assurer la stabilité de l'ouvrage ; Seul un diagnostic structurel, qui sort de notre domaine de compétence, à mener par un BE spécialisé, permettra de valider ce point,
- Si un défaut de résistance interne et de butée de l'ouvrage est induit par le rabotage du « radier », il sera nécessaire de prévoir toutes les dispositions visant à assurer la stabilité de l'ouvrage en phase provisoire comme définitive.

Dans ce second cas, nous vous proposons la réalisation de tirants actifs associés à une longrine de répartition (métallique ou béton armé) permettant de reprendre les efforts horizontaux nécessaires à la stabilité de l'ouvrage, cette solution est développée au chapitre 8. Notons qu'une mise hors gel du radier sera également nécessaire au moyen de bèches périphériques.

Au vu des contraintes géométriques du site, on devra alors réaliser des tirants biais.

XXXXXXXXXXXX



7. PRINCIPES GÉNÉRAUX DES TERRASSEMENTS

MISSION G5

7.1. GÉNÉRALITÉS SUR LES TRAVAUX ENVISAGÉS

Les travaux comprendraient un rabotage du « radier » de fond de l'ouvrage sur une épaisseur variant de 20 à 50cm.

Le projet nécessite l'amenée d'un matériel lourd. On vérifiera que les ouvrages existants peuvent supporter le trafic des engins prévus pour la réalisation des travaux.

7.2. STABILITÉ DE L'OUVRAGE

En phase provisoire, la stabilité de l'ouvrage dépend de sa résistance interne liée au changement de l'appui à l'aval des culées.

Il conviendra de mettre en œuvre toutes les dispositions afin de ne pas déstabiliser l'ouvrage en phase provisoire (travail par plots de largeur limitée, buttonage, tirantage, ...), comme définitive (tirantage).

Pour la définition des poussées des terres sur les culées de l'ouvrage actuel, on tablera au stade actuel sur les caractéristiques des sols suivantes :

Lithologie	Remblais	Remblais	Remblais partiels et alluvions ?	Graviers et sables limoneux granitiques
N° couche	1.1	1.2	1.3	2
Profondeur base couche (m)	1.0	4.5	6.0* à 7.0	10*
Compacité	/	Faible à moyenne	Moyenne	Très élevée
γ_h (kN/m ³)	20	20	21	21
c' (kPa)	0	0	0	0
φ' (°)	18	23	30	35

* profondeurs partielles (fin des sondages)

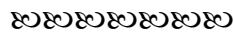


En fonction de la géométrie de l'ouvrage fini et des débits du cours d'eau attendus, il pourra être nécessaire de prévoir la mise en œuvre de dispositifs visant à éviter l'affouillement au niveau des appuis (rideau de palplanches par exemple).

7.3. DISPOSITIFS D'ASSAINISSEMENT ET DE DRAINAGE

Compte tenu du contexte hydraulique du site, nous conseillons le détournement du cours d'eau afin de travailler au sec, nécessitant la réalisation d'un batardeau (rideau de palplanche, digue, ...) associé à un pompage.

Une étude spécifique devra être réalisée afin d'appréhender les débits de pompage en phase chantier, notamment les débits de crue d'orage.



8. ÉBAUCHE DIMENSIONNELLE DU CONFORTEMENT DE LA STRUCTURE ACTUELLE PAR TIRANTS – MISSION G5

8.1. PRINCIPES

Cette solution consisterait à reprendre les efforts liés au changement d'appui à l'aval des culées, généré par le rabotage partiel du radier de l'ouvrage, au moyen de tirants actifs répartis régulièrement sous une longrine de répartition (béton ou métallique).

Nous rappelons que cette solution ne pourra pas être envisagée sans une définition précise du torseur des efforts sollicitant à reprendre et sans la validation du mode de fondation de l'ouvrage.

L'exiguïté relative du site amènerait vraisemblablement à réaliser des tirants biais.

8.2. NIVEAU D'ANCRAGE :

On veillera à assurer un ancrage de 3m minimum au sein de la couche 2 ou au sein du substratum granitique (non reconnu à ce stade du dossier).

8.3. FROTTEMENT LATÉRAL

En référence aux Recommandations CLOUTERRE (1991), on tablera sur les valeurs de frottement latéral suivantes dans les tirants d'ancrage, pour des scellements gravitaires.

Couche	Profondeur* (m)	PI* (MPa)	q s (MPa)
1.3	De 4.5 à 7.0m	0.8	0.07
2	De 7.0 à 10.0m	3.0	0.12

* Référentiel : sondage PR1

8.4. SUJÉTIONS D'EXÉCUTION

Elles sont liées entre autre :

- à la présence de fondations existantes pouvant présenter des désordres,
- à la réalisation d'une étude historique et d'un diagnostic préalable des fondations et de l'ouvrage existant,
- à la réalisation d'un diagnostic structurel et à la définition des descentes de charges sous les appuis de l'ouvrage et, en tout état de cause, à la validation par un BET structure de la faisabilité d'une telle reprise en sous-œuvre,
- à la présence possible de vestiges.
- à la réalisation de sondages pressiométriques et carottés inclinés complémentaires,
- à la présence éventuelle de blocs ou vestiges au sein des remblais nécessitant la technique ODEX ou OD,
- au tubage des forages compte tenu de la présence de sables, graviers,
- à la bonne exécution des tirants :
 - au respect de l'espacement, de la longueur et de l'inclinaison des différents tirants,
 - à la réalisation des forages suivant les règles de l'art avec tubage éventuel,
 - au contrôle de la quantité minimale de coulis estimé à $2 V_s$ où V_s est le volume du forage avant injection sur la hauteur injectée,
 - au contrôle des pressions d'injection, et au contrôle de la nature du coulis de composition $C/E=2$,
 - à la mise en place de centreurs en nombre suffisant,
 - à la mise en place de plaque de répartition,
- au phasage du chantier,



- à la réalisation d'essais conformément aux recommandations CLOUTERRE et la norme NFP 94-270,
- au respect des critères d'ancrage définis au chapitre 8.2.
- à la présence d'ouvrages existants (voiries, réseaux,...),
- à la variation de l'altimétrie du toit du niveau d'ancrage ; on aura soin de prévoir l'enregistrement des paramètres de forage afin de vérifier ces variations éventuelles et de les compenser par des surprofondeurs des tirants,
- au respect des critères d'ancrage et notamment en cas de remontée du substratum rocheux pouvant contraindre à un ancrage dans cette couche,
- à la réalisation d'une longrine de répartition, en tête de tirants, par plots de largeur limitée en prenant toutes les dispositions pour ne pas déstabiliser l'ouvrages existant (étalement, buttonage, ...),
- à la prise en compte des caractéristiques hydrauliques du site (rivière et nappe) impliquant toutes les dispositions nécessaires à un travail au sec :
 - la réalisation des travaux en période d'étiage du cours d'eau,
 - la réalisation d'un batardeau (palplanches, digue, ...),
 - un pompage afin d'évacuer les eaux de la nappe, et les circulations induites par le batardeau, lors de la réalisation de la fouille d'insertion de la longrine de répartition en veillant à éviter toute stagnation d'eau sur l'arase terrassée. Il pourra être nécessaire de prévoir un débit de pompage important, à calculer dans une étude spécifique.
- à la réalisation éventuelle de dispositifs contre les appuis de l'ouvrage existant afin de le protéger contre l'affouillement (bêches périphériques par exemple),
- à la mise hors gel du radier au moyen de bêches périphériques (respect de 0.8m vis-à-vis du terrain périphérique fini).



9. POINTS À ÉTUDIER PARTICULIÈREMENT AU STADE G2- PHASE AVP

Au stade de la mission G2-phase PRO, il sera impératif d'étudier les points spécifiques suivants :

- 1) Réalisation d'investigations complémentaires comprenant la réalisation de sondages carottés et pressiométriques inclinés depuis le fond de l'ouvrage.
- 2) Réalisation d'un diagnostic structurel de l'ouvrage ainsi qu'une étude de structure du projet (comprenant également la réalisation de descentes de charges sous les appuis de l'ouvrage existant) à confier à un BET structure spécialisé,
- 3) à la validation de la nature de la fondation de l'ouvrage actuel,
- 4) à la définition de la technique d'assèchement et à la définition du débit de pompage éventuellement associé.



Nous restons à la disposition de **la société IRH** et de tous les intervenants pour tous renseignements complémentaires.

Dressé par les Ingénieurs soussignés

Quentin DAN
en charge de l'opération

Jean-Michel CUINET
en charge du contrôle interne

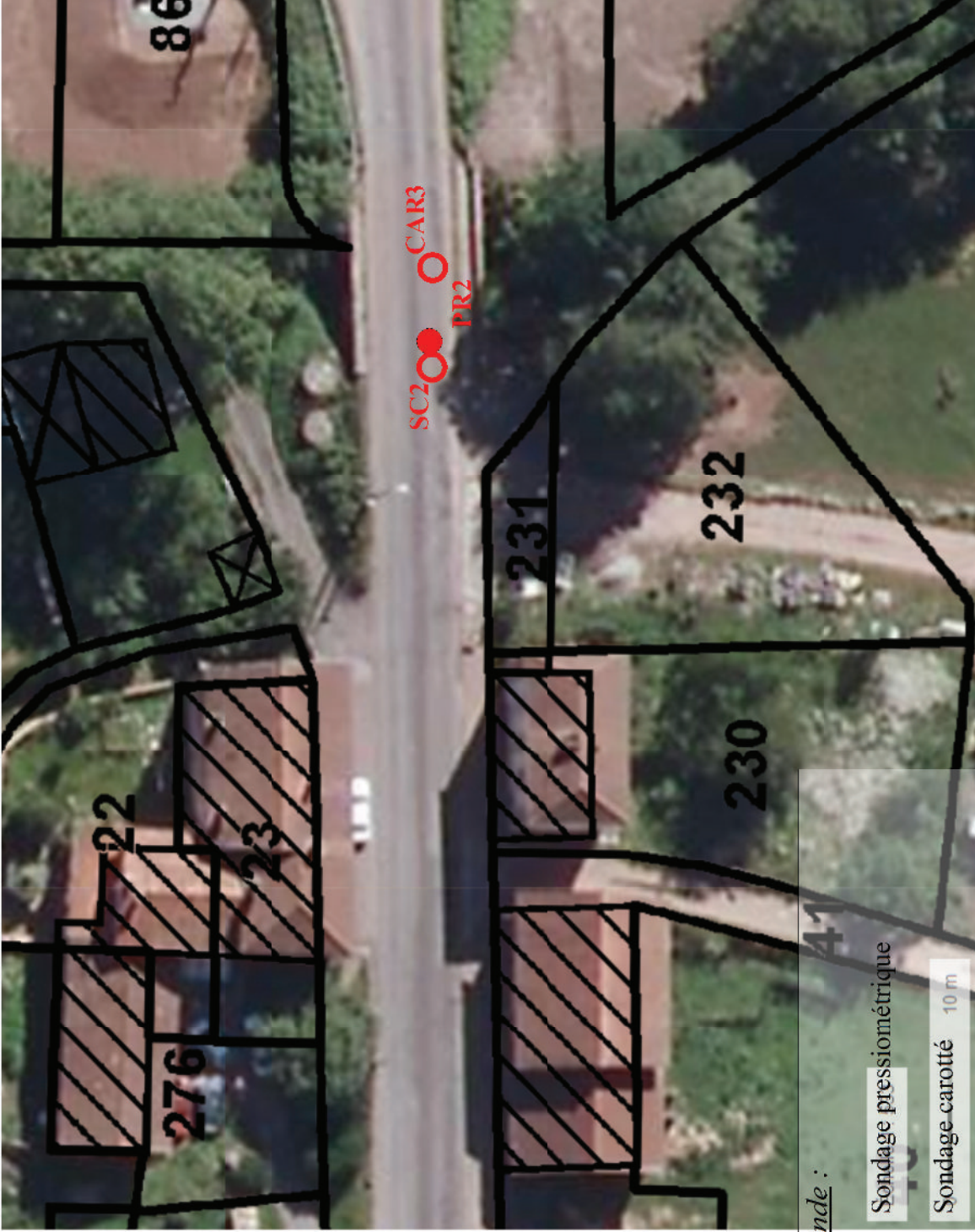
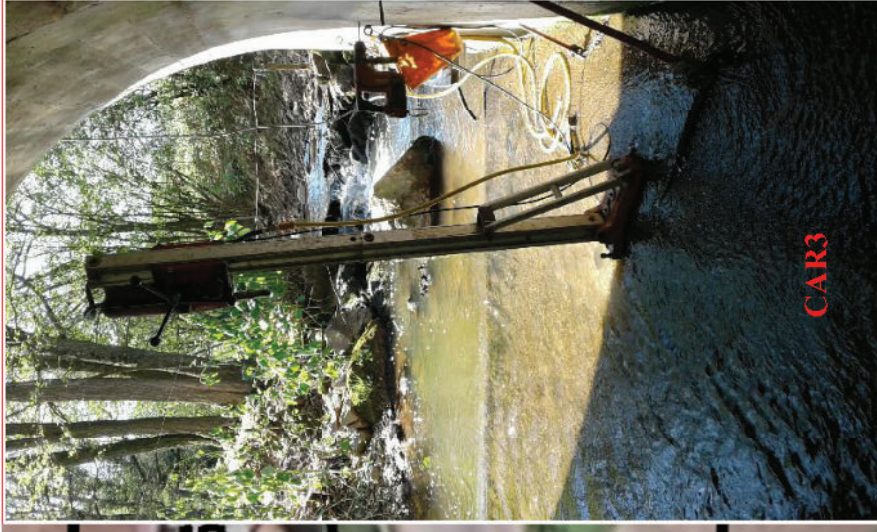


ANNEXES



ANNEXE 1

Plan d'implantation des sondages



Légende :

● Sondage pressiométrique

○ Sondage carotté 10 m



HYDROGÉOTECHNIQUE CENTRE

Ingenierie géotechnique, géologique, hydrogéologique et hydrologique appliquée aux bâtiments, génie-civil, infrastructures et à l'environnement
Sondages - Essais de sols in situ et en laboratoire

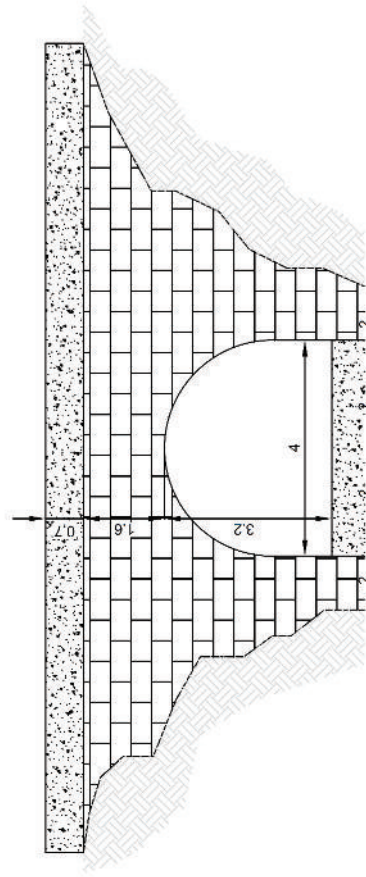
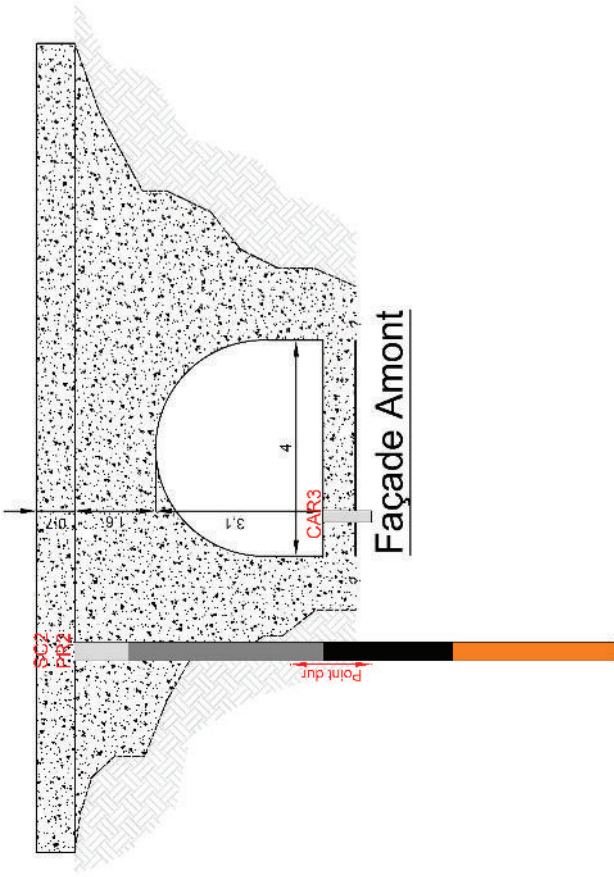
IMPLANTATION DES SONDAGES

Client : **IRH**

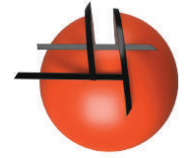
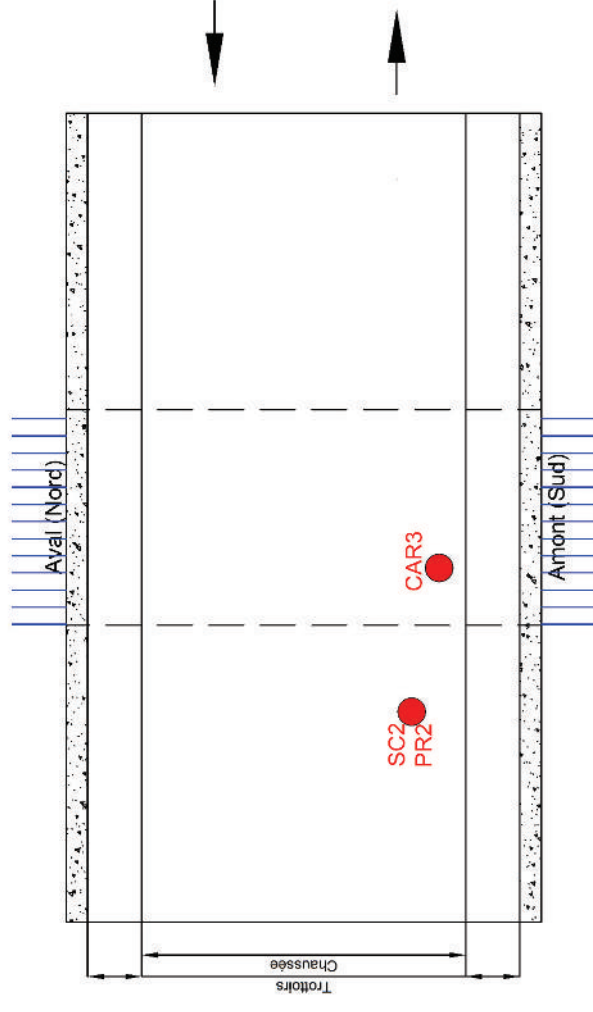
Chantier : **COUBLANC (71)**

Dossier : **C.16.10370**

Date des essais : **21/03/2017**



Vue en plan



HYDROGEOTECHNIQUE CENTRE

Ingenierie géotechnique, géologique, hydrogéologique et hydrologique appliquée aux bâtiments, génie-civil, infrastructures et à l'environnement
Sondages - Essais de sols in situ et en laboratoire

IMPLANTATION DES SONDAGES

Client : **IRH**

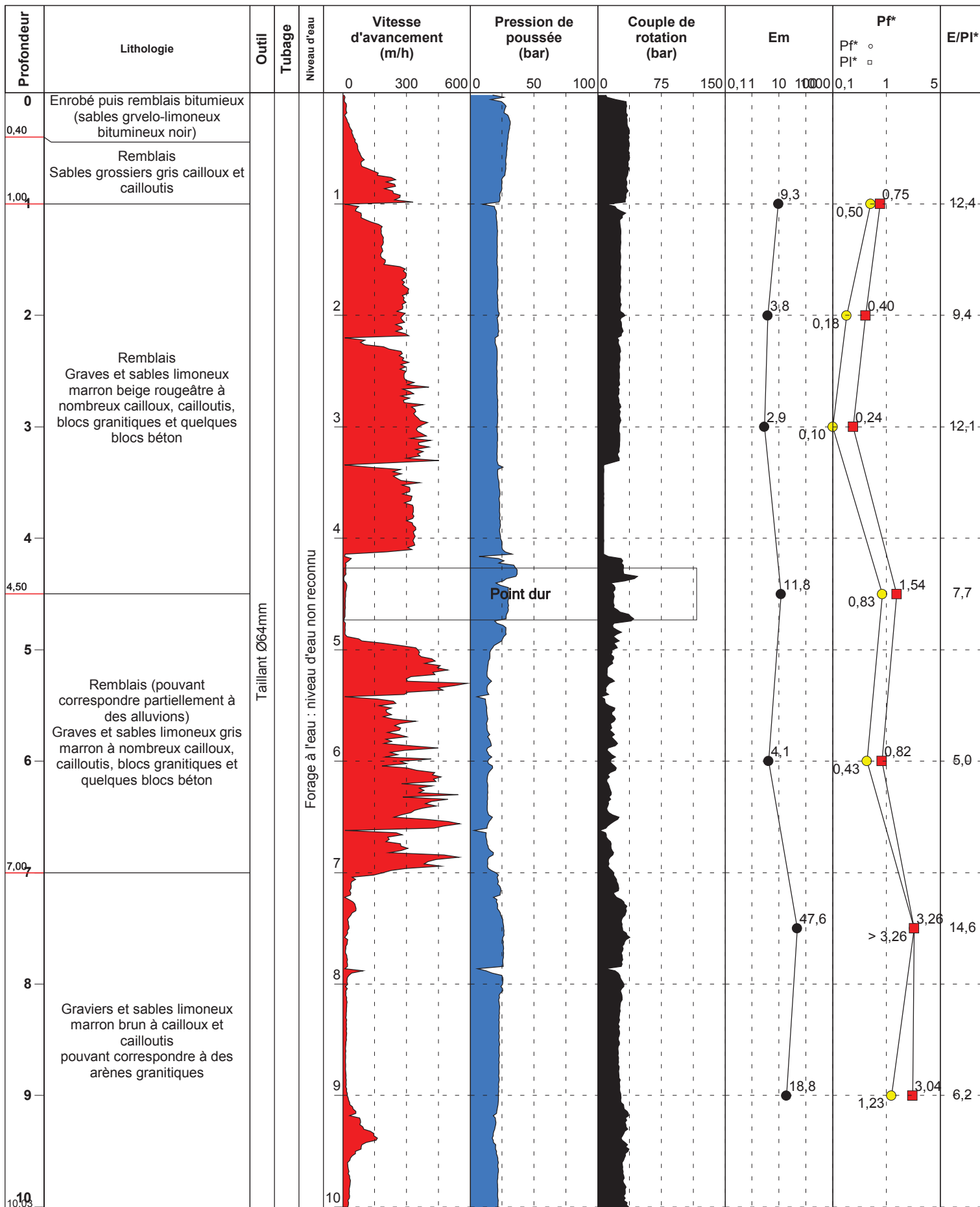
Chantier : **COUBLANC (71)**

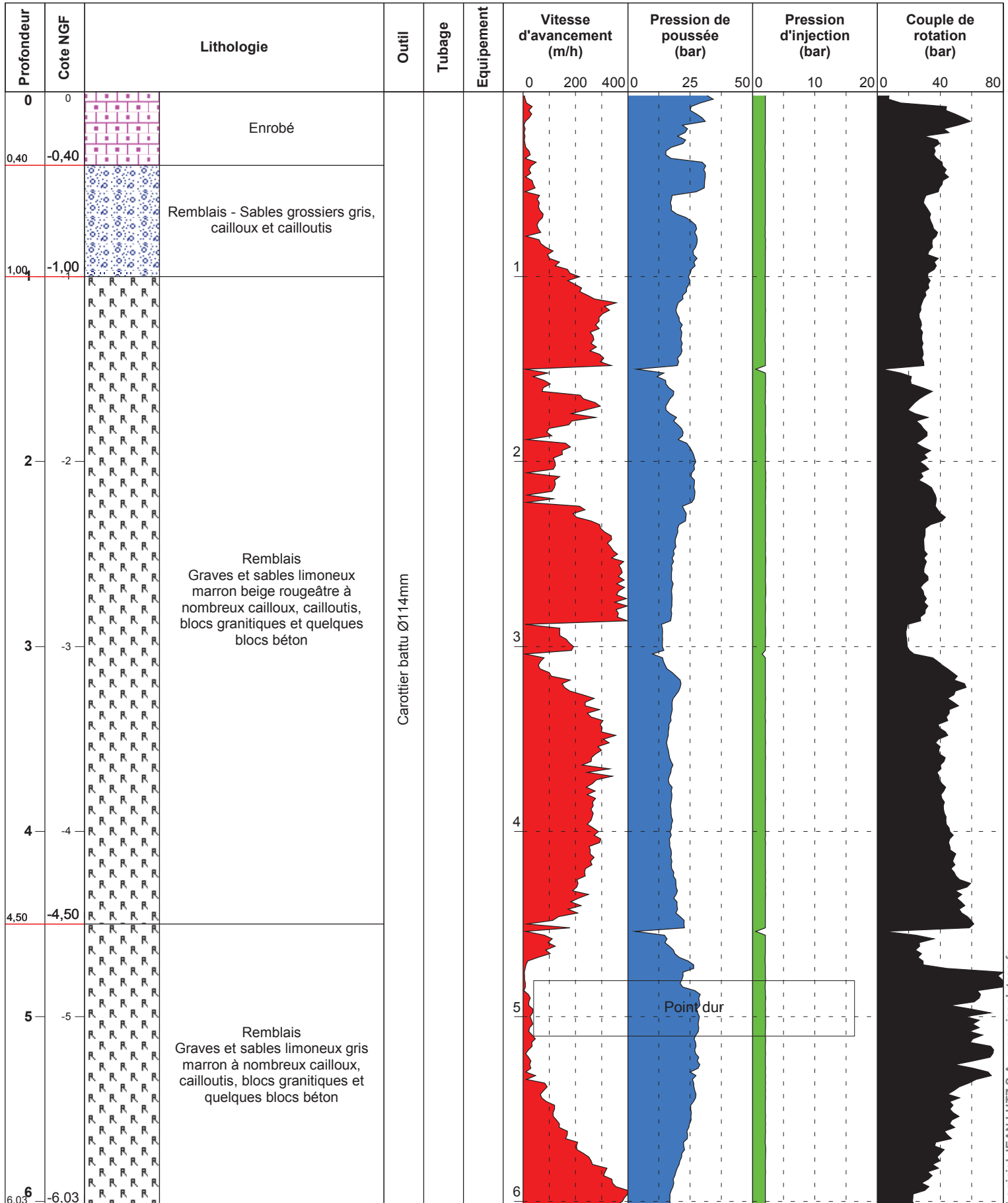
Dossier : **C.16.10370**

Date des essais : **21/03/2017**


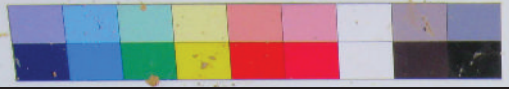






ANNEXE 2

Coupes des sondages





Point dur

		DESCRIPTIF DES MATERIAUX	
		COUPE	
Site :	COUBLANC (71) - DIAGNOSTIC OH		
Sondage :	SC2		
Type carotté	ÉCHANTILLON EN CAISSE		
			
		0 0,1 0,2 0,3 0,4 0,5 0,6 0,7 0,8 0,9 1	
0m			1m
1m			2m
2m			3m
3m			4m
4m			5m
5m			6m



HYDROGEOTECHNIQUE CENTRE

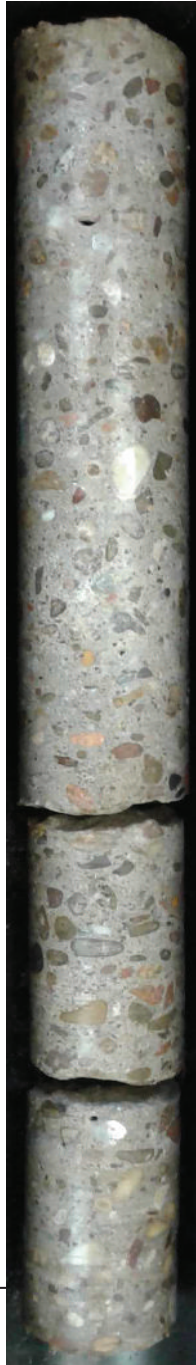
Ingénierie géotechnique, géologique, hydrogéologique et hydrologique
appliquée aux bâtiments, génie-civil, infrastructures et à l'environnement
Sondages - Essais de sols in situ et en laboratoire

SONDAGE DE RECONNAISSANCE GEOLOGIQUE

Norme NFP 94.202

Client **IRH**
Chantier **Coublanc (71) - Diagnostic OH**
Dossier C.16.10370
Date 20 avril 2017

Sondage **CAR3**

Profondeur	Lithologie	Outil	Eau	Observations
0,75	<p>Béton</p> <p>Armatures en acier Ø10mm à 12cm de profondeur</p> <p>Armatures en acier Ø15mm à 61cm de profondeur</p> <p>Armatures en acier Ø2mm à 62,5cm de profondeur</p>	Carottier rotatif Ø102mm	Radier sous l'eau	
1,20	<p>Sol non identifié (lessivé lors de l'extraction)</p>			

ANNEXE 3

Missions géotechniques

CLASSIFICATION DES MISSIONS TYPES D'INGENIERIE GEOTECHNIQUE

(extraite de la norme NFP 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 Etude 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'avoisnants 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 avoisnants), 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 avoisnants), 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, participer à la finalisation des pièces techniques des contrats de travaux.

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).

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 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

UNION SYNDICALE GÉOTECHNIQUE
CONDITIONS GÉNÉRALES DES MISSIONS GÉOTECHNIQUES
(version du 27.06.2000, mise à jour Hydrogéotechnique décembre 2006)

1. CADRE DE LA MISSION

Par référence à la CLASSIFICATION DES MISSIONS GEOTECHNIQUES TYPES (Norme NFP 94-500), 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 G1, G2, G3, G4 sont réalisées dans l'ordre successif,
- une mission confiée à notre société peut ne contenir qu'une partie des prestations décrites dans la mission type correspondante,
- une Prestations d'investigations géotechniques engage notre société uniquement sur la conformité des travaux exécutés à ceux contractuellement commandés et l'exactitude des résultats qu'elle fournit,
- une mission type G1 à G5 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 type G1 ou G5 exclut tout engagement de notre société sur les quantités, coûts et délais d'exécution des futurs ouvrages géotechniques,
- une mission type 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) parties(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 en évidence lors de l'exécution, pouvant avoir une influence sur les conclusions du rapport, doivent immédiatement être signalés au géotechnicien chargé du suivi ou de la supervision géotechnique d'exécution (missions G3 et G4) afin qu'il en analyse les conséquences sur les conditions d'exécution, voire la conception de l'ouvrage géotechnique.

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.

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 notre société. 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 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.

XXXXXXXXXXXX



HYDROGÉOTECHNIQUE CENTRE

INGÉNIERIE GÉOTECHNIQUE, GÉOLOGIQUE, HYDROGÉOLOGIQUE ET
HYDROLOGIQUE APPLIQUÉE AUX BATIMENTS, GENIE-CIVIL, INFRASTRUCTURES ET
A L'ENVIRONNEMENT. SONDAGES - ESSAIS DE SOLS IN SITU ET EN LABORATOIRE



Ouvrage hydraulique n°5



Ouvrage hydraulique n°4

PROJET DE DEUX PASSES A POISSON IGÉ (71)

RAPPORT D'ÉTUDE GÉOTECHNIQUE

Missions G5

Dossier n°	Indice	Date	Rédigé par :	Vérifié par :
C.16.10370	0	02/06/2017	Q. DAN	J-M. CUINET

Le présent rapport et ses annexes constituent un tout indissociable

SOMMAIRE

1.INTRODUCTION.....	4
1.1.MISSIONS.....	4
1.2.RÉFÉRENTIELS.....	6
1.3.DÉSCRIPTION DU PROJET AU STADE DE NOTRE MISSION.....	7
2.ÉTUDE GÉOTECHNIQUE PRÉLIMINAIRE DE SITE	
MISSION G5.....	10
2.1.CONTEXTE SITOLOGIQUE ET HISTORIQUE.....	10
2.2.CONTEXTE GÉOLOGIQUE.....	17
2.3.CONTEXTE HYDROGÉOLOGIQUE.....	18
2.4.RISQUES NATURELS.....	18
2.4.1.REMONTÉES DE NAPPES.....	19
2.4.2.RISQUE INONDATION.....	20
2.4.3.LES PHÉNOMÈNES DE RETRAIT-GONFLEMENT DES SOLS ARGILEUX.....	20
2.4.4.BASE DE DONNÉES DES CAVITÉS SOUTERRAINES.....	20
2.4.5.RISQUE DE GLISSEMENT DE TERRAIN.....	21
2.5.SISMICITÉ.....	21
3.PROGRAMME SPÉCIFIQUE D'INVESTIGATIONS	
MIS EN ŒUVRE.....	23
3.1.PROGRAMME SPÉCIFIQUE.....	23
3.2.IMPLANTATION ET CALAGE ALTIMÉTRIQUE.....	24
4.RÉSULTATS DES INVESTIGATIONS ET INTERPRÉTATION MISSION G5..	25
4.1.LITHOLOGIE ET CARACTÉRISTIQUES GÉOTECHNIQUES.....	25
4.2.COMPACITÉ DES SOLS.....	26
4.3.HYDROGÉOLOGIE.....	28
4.4.CONDITION SISMIQUE.....	29
5.SYNTÈSE DES DONNÉES DE SOL ET ALÉAS GÉOTECHNIQUES – MISSION	
G5.....	31



5.1.SYNTHESE DES DONNEES GEOTECHNIQUES.....	31
5.2.ALÉAS.....	34
5.2.1.La géologie.....	34
5.2.2.La nature des matériaux.....	34
5.2.3.L'hydrogéologie.....	34
5.2.4.L'environnement et l'historique du site.....	35
5.2.5.Les risques naturels.....	35
6.PRINCIPES GÉNÉRAUX DE FONDATION – MISSION G5.....	36
7.ÉBAUCHE DIMENSIONNELLE DE LA SOLUTION DE FONDATION SUPERFICIELLE PAR RADIER AU DROIT DES PASSES A POISSONS PROJETÉES - MISSION G5.....	37
7.1.PRINCIPE :.....	37
7.2.NIVEAU D'ASSISE :.....	38
7.3.RÉSISTANCE ULTIME.....	38
7.4.TASSEMENTS :.....	39
7.5.SUJÉTIONS D'EXÉCUTION :.....	39
8.POINTS À ÉTUDIER PARTICULIÈREMENT AU STADE G2-PHASE PRO.....	42
ANNEXES	44
ANNEXE 1 PLAN D'IMPLANTATION DES SONDAGES	45
ANNEXE 2 COUPES DES SONDAGES	46
ANNEXE 3 MISSIONS GÉOTECHNIQUES	47



1. INTRODUCTION

1.1. MISSIONS

À la demande et pour le compte de la **société IRH**, la Direction Régionale Ain-Bourgogne-Jura du Bureau d'Études **HYDROGÉOTECHNIQUE CENTRE** a procédé à l'exécution des sondages, essais et mission géotechnique relative à la réalisation de **deux passes à poisson à l'aval des ouvrages hydrauliques existants sous la RD85** sur la **commune d'IGÉ (71)**.

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 principes 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)
 - 1) Phase étude,
 - 2) Phase suivi.
 - Supervision géotechnique d'exécution (G4)
 - 3) Phase étude,
 - 4) Phase suivi.
- ✓ Étude d'éléments spécifiques géotechniques
 - Diagnostic géotechnique (G5).



L'étude géotechnique conduite sur le terrain, ainsi que le présent rapport correspondent à une mission **missions G5** de l'Union Syndicale Géotechnique. Vous trouverez en annexe la classification, le contenu, et le schéma d'enchaînement de ces missions.

Ce rapport a été rédigé par **Quentin DAN – Ingénieur en Génie Civil et Urbanisme diplômé de l'INSA de Lyon**, vérifié par **Jean-Michel CUINET – Géologue et géotechnicien expert, DESS de l'Université de Besançon**.

Les objectifs de cette étude sont :

- L'appréhension des caractéristiques géologiques, hydrogéologiques et géotechniques des sols au droit du projet,
- proposition d'une solution de fondation pour l'aménagement de deux passes à poisson à l'aval des deux ouvrages hydrauliques.

Notre mission de type G5 s'arrête à la remise de ce rapport. Elle devra être suivie des missions de type G2-PRO et G4 en fonction des caractéristiques du projet. Ponctuellement une mission G5 à définir par la Maîtrise d'œuvre du projet pourra être réalisée. La mission G3 est à la charge de l'entreprise adjudicataire des travaux.

Le caractère de cette étude est strictement de type géotechnique. Les aspects liés à la recherche de pollution éventuelle ou à la caractérisation des ouvrages enterrés et des incidences des vestiges et fouilles archéologiques sont exclus.

1.2. RÉFÉRENTIELS

La campagne de sondages, ainsi que notre étude suivent les normes et documents français et plus particulièrement :

- Eurocodes 1 – NF-EN-1991-1 (mars 2003),
- Eurocodes 7 – NF-EN-1997-1 (juin 2005) et NF-EN-1997-2 (septembre 2007),
- Eurocodes 8 – NF-EN-1998-5 (septembre 2005),
- Arrêtés du 22 octobre 2010 et du 19 juillet 2011 relatifs à la classification et aux règles de construction parasismique applicables aux bâtiments de la classe dite « à risque normal »,
- NFP 94-261 – Calcul géotechnique – Fondations superficielles (juin 2013),
- DTU 13.12 – Règle de calcul des fondations superficielles (mars 1988),
- DTU 20.1 : ouvrages en maçonneries de petits éléments : parois et murs (octobre 1994),
- Normes relatives aux essais in situ et essais en laboratoire.

Pour mener à bien notre mission, les documents suivants nous ont été fournis par le Maître d'œuvre :

- CCTP, réalisé par le département de Saône et Loire, non daté.

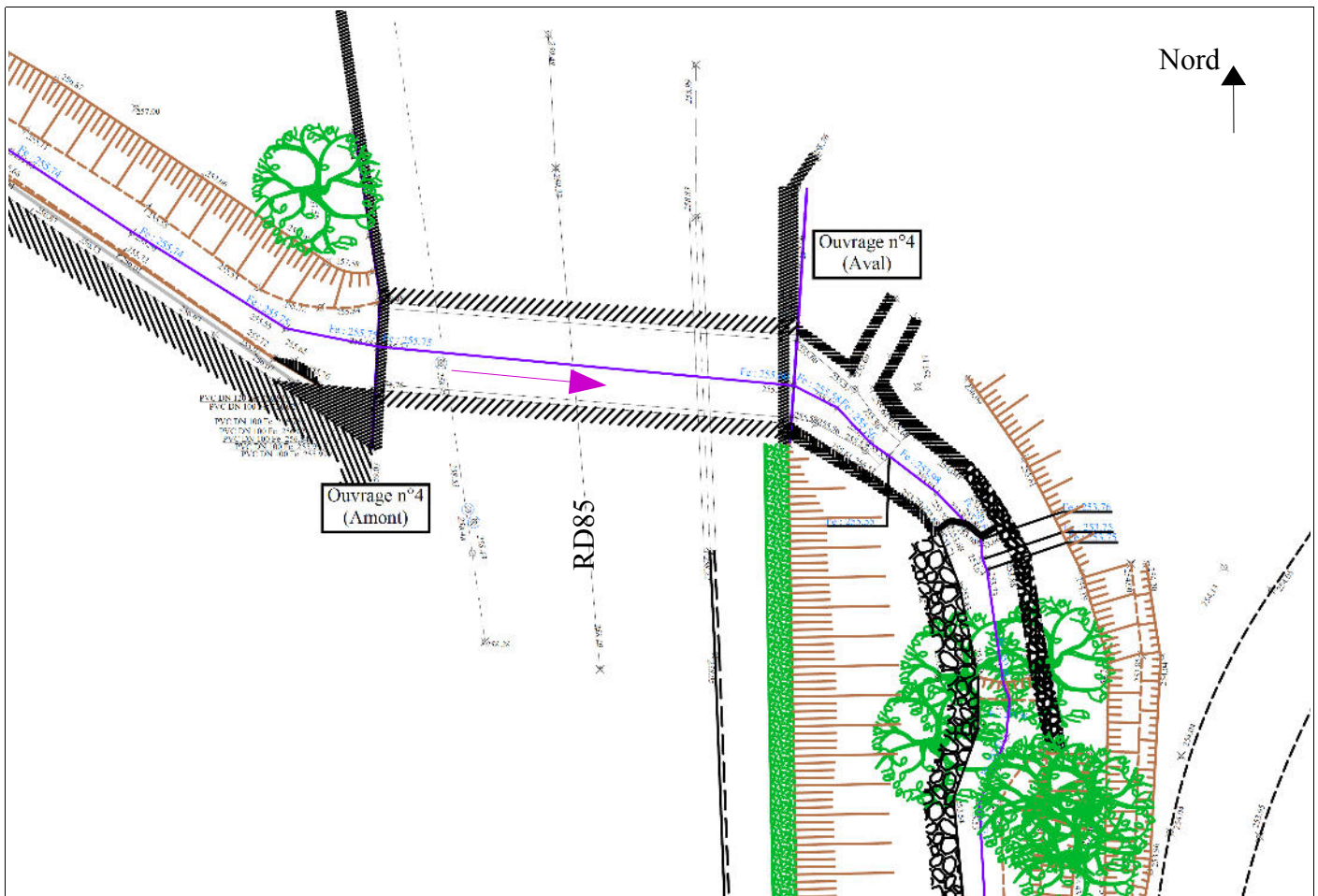


1.3. DÉSCRIPTION DU PROJET AU STADE DE NOTRE MISSION

Le projet concerne la **réalisation de 2 passes à poisson** sur la commune d'IGÉ (71) à l'aval des ouvrages hydrauliques existants n°4 (Nord) et n°5 (Sud), permettant le passage de deux bras de la Petite Mouge sous la RD85.

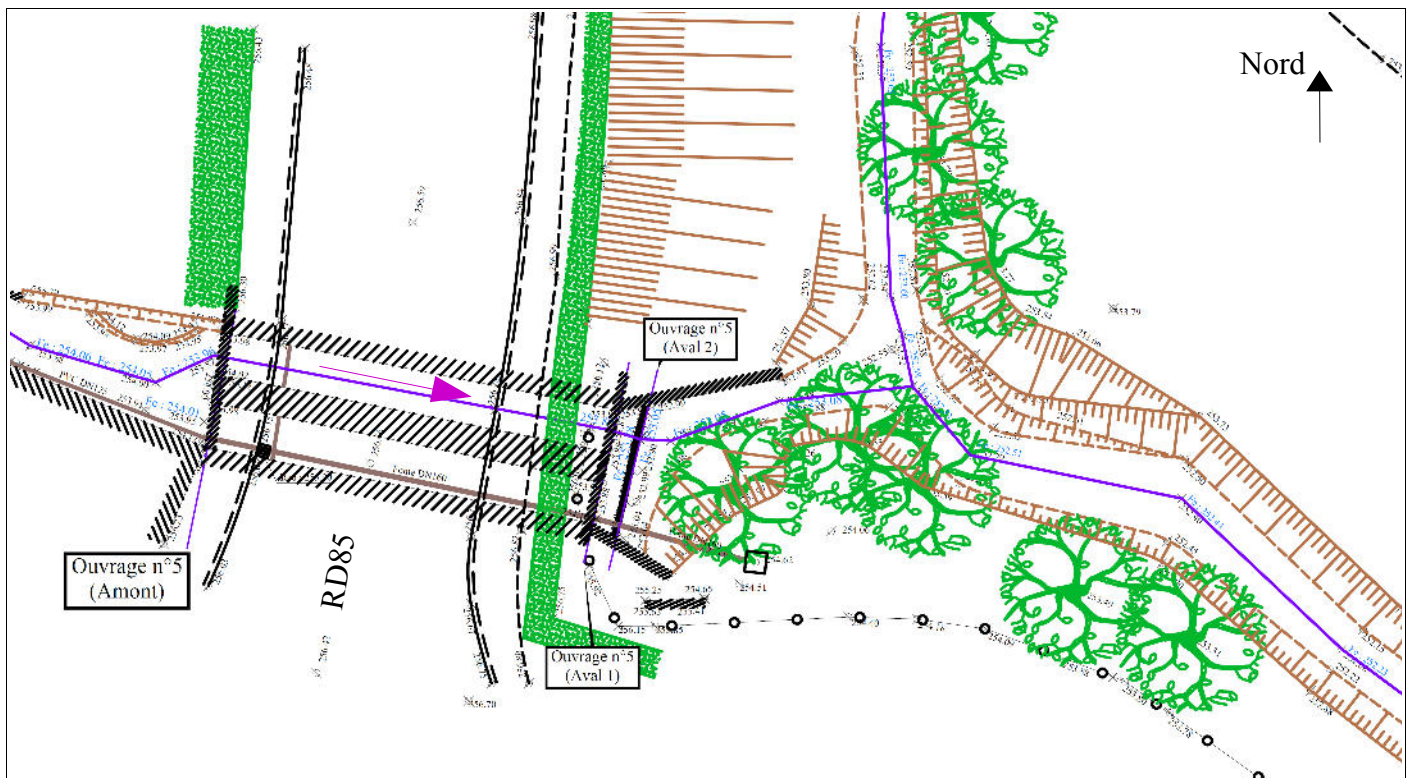
On notera que les hauteurs de chutes des ouvrages sont les suivantes :

- Ouvrage n°4 (Nord) : 1.9m (255.6 mNGF à 253.7 mNGF),



Extrait du plan topographique du site actuel

- Ouvrage n°5 (Sud) : 0.9m (253.9mNGF à 253.0 mNGF).



Extrait du plan topographique du site actuel

Aucune information n'est disponible au stade actuel concernant les passes à poisson prévues et concernant leur emplacement.

En l'absence d'information, les ouvrages projetés sont classés en **catégorie géotechnique 1** :

Catégorie géotechnique *	Classe de conséquence	Conditions de site	Base des justifications
1	CC1	Simple et connues	Expérience et reconnaissance géotechnique qualitative
2	CC1	Complexes	Reconnaissance géotechnique et calcul
2	CC2	Simple	
3	CC2	Complexes	Reconnaissance géotechnique et calculs approfondis
3	CC3	Simple ou complexes	

* Cette classification est à confirmer par le maître d'ouvrage.

Aucun plan ou profil du projet ne nous ont été fournis au stade actuel.

Tous changements d'implantation ou d'importance du projet par rapport aux hypothèses prises lors de l'établissement de ce rapport doivent nous être communiqués et recevoir notre accord par écrit. Ces changements peuvent modifier les conclusions de notre étude.

XXXXXXXXXX

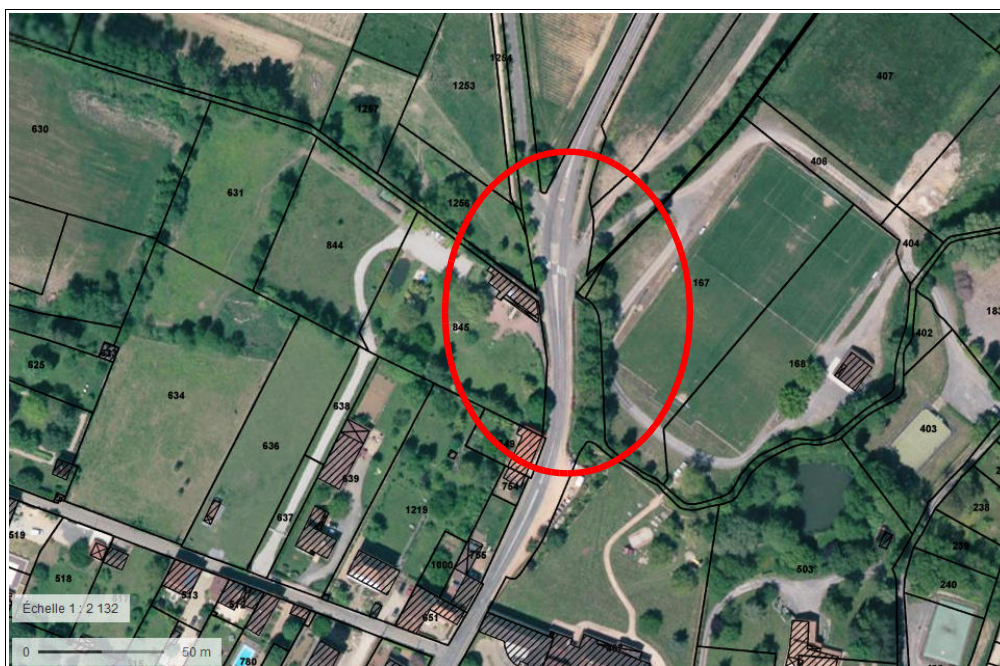
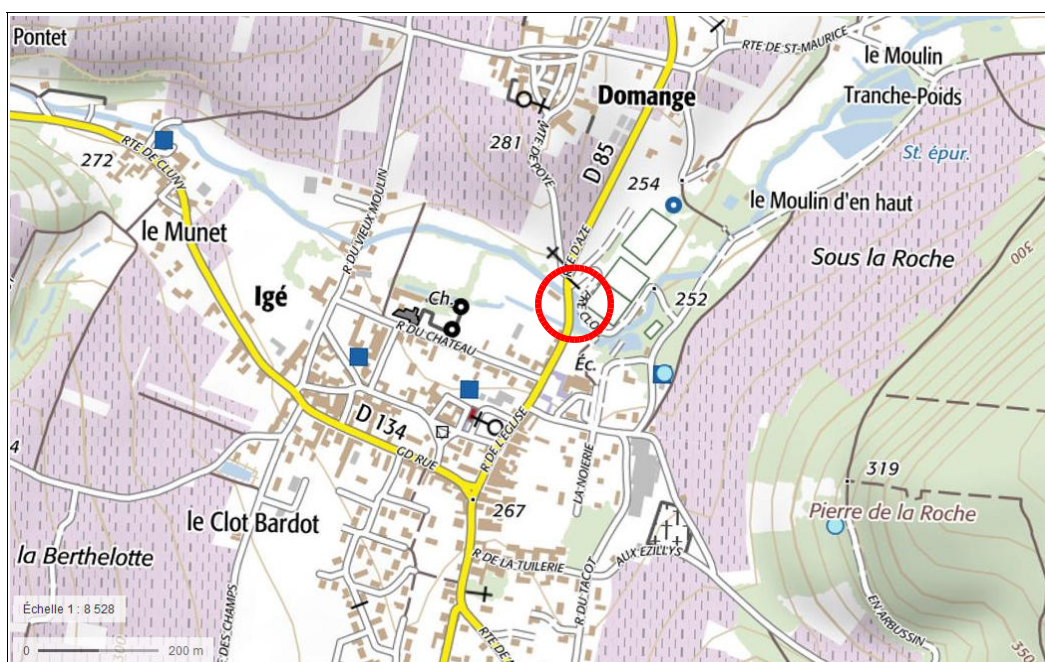


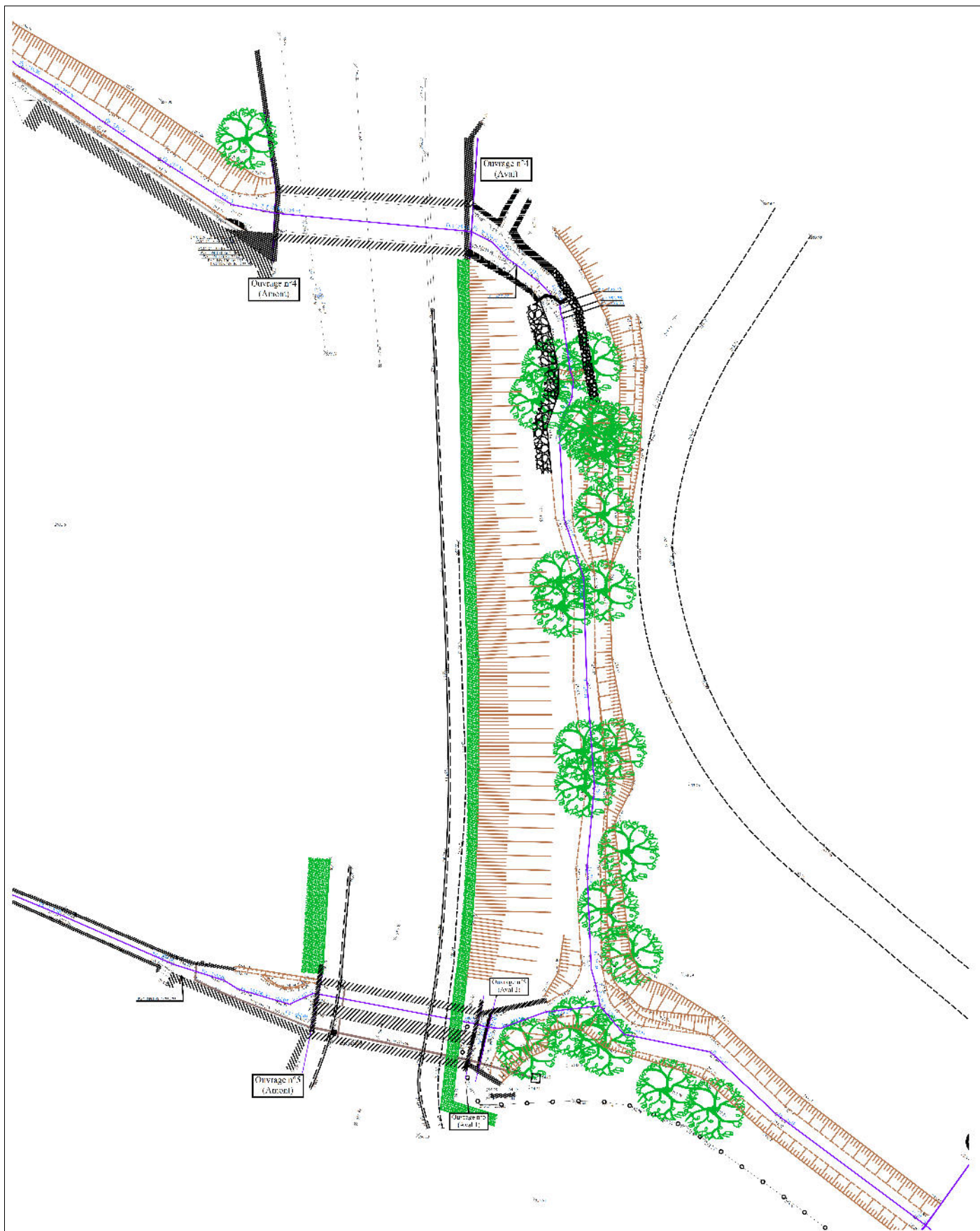
2. ÉTUDE GÉOTECHNIQUE PRÉLIMINAIRE DE SITE

MISSION G5

2.1. CONTEXTE SITOLOGIQUE ET HISTORIQUE

Le site se trouve sur la commune d'IGÉ (71), sur le cours d'eau « la petite Mouge ».





Plan topographique du site actuel

Ouvrage n°4 (Nord) :

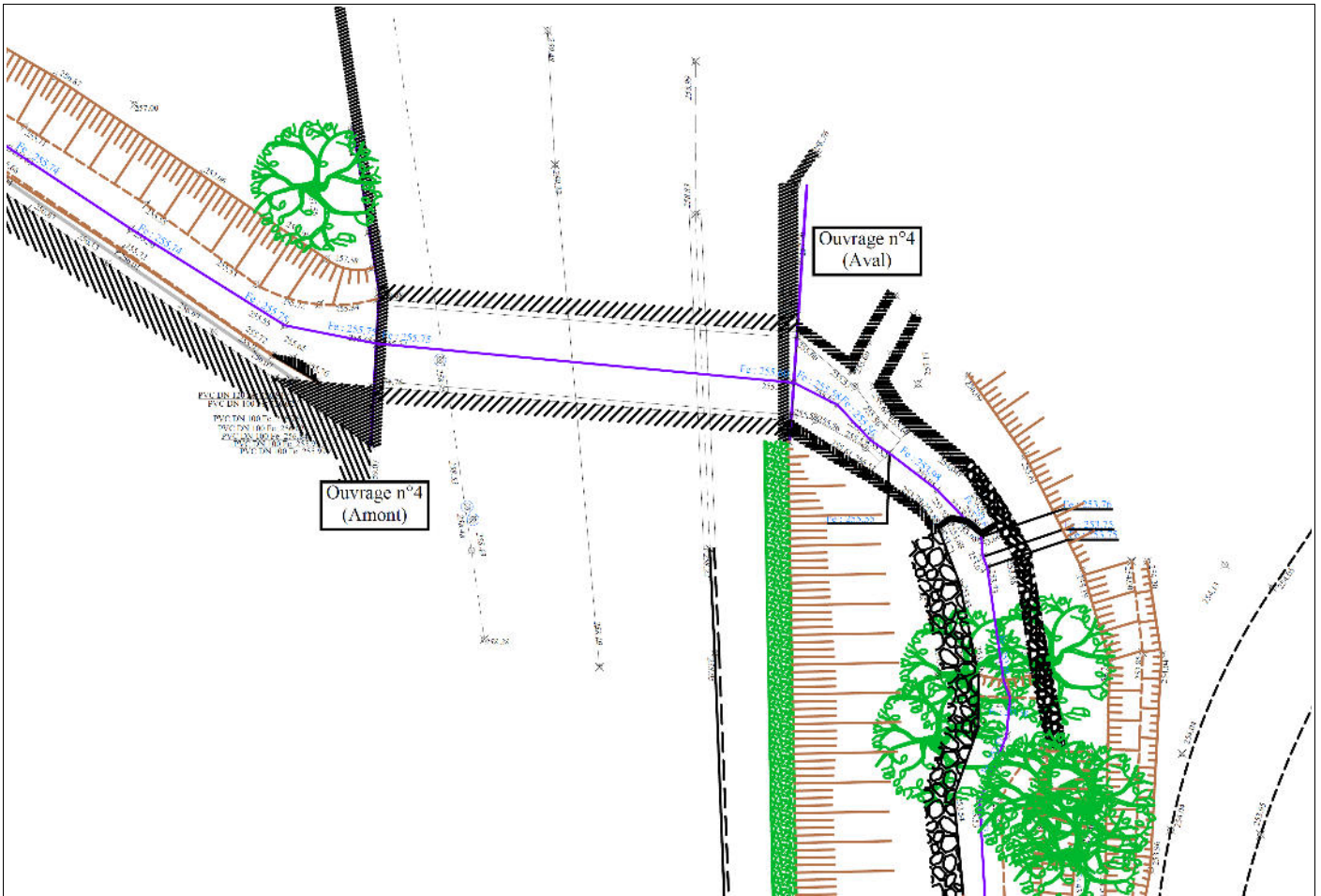




Photo de l'aval de l'ouvrage n°4



Photo éloignée de l'aval de l'ouvrage n°4



Photo de l'aval de l'ouvrage



Photo de l'amont de l'ouvrage

On notera la présence d'ouvrages de soutènement en béton armé bordant et canalisant le cours d'eau à l'aval de l'ouvrage hydraulique.

La RD85 semble avoir été réalisée en remblai dans le secteur des ouvrages hydrauliques 4 et 5.

Ouvrage n°5 (Sud) :

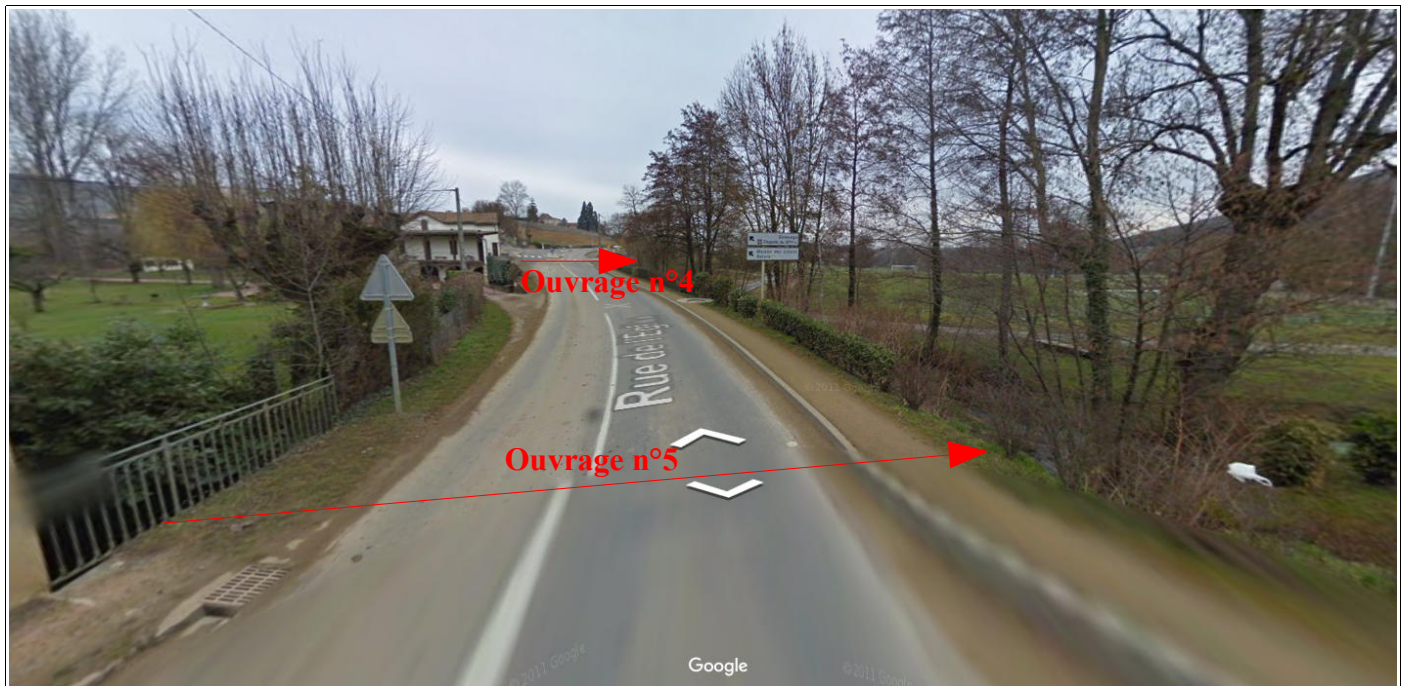
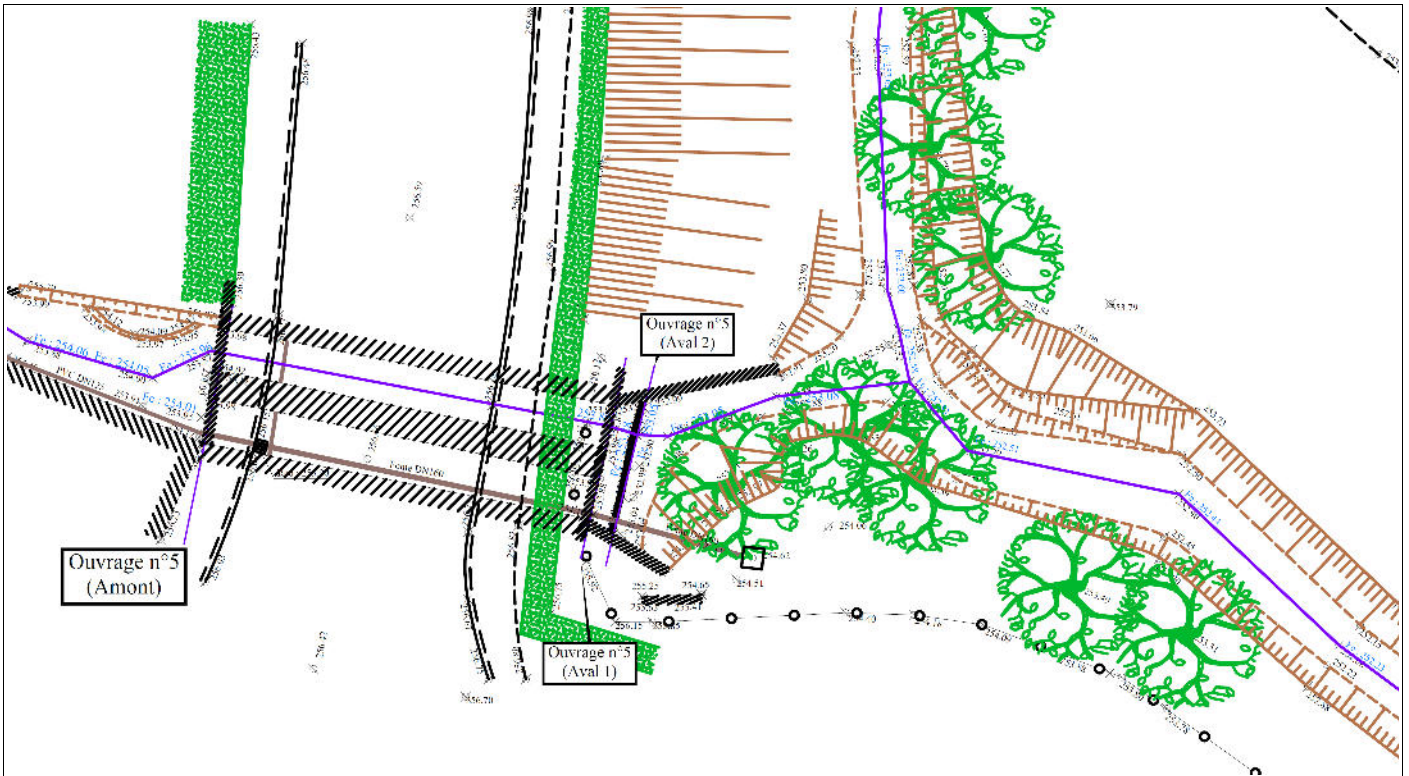




Photo de l'aval de l'ouvrage n°5

On notera également la présence de murs de soutènements en béton armé à l'aval de l'ouvrage.

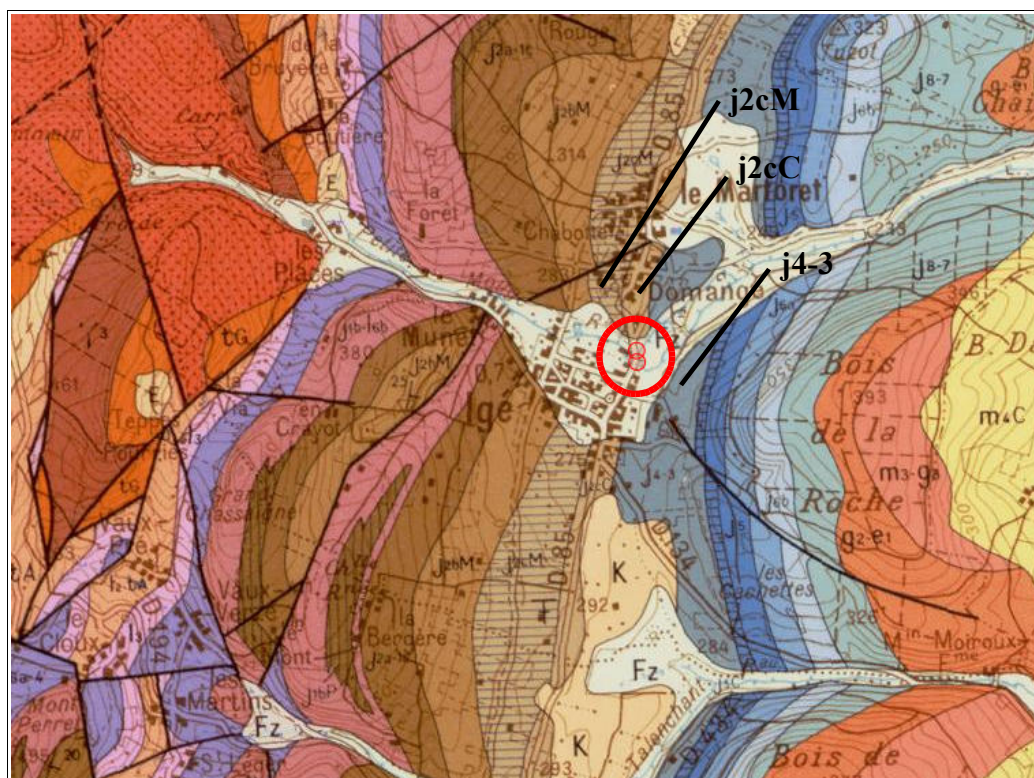


Phot de l'aval de l'ouvrage n°5

2.2. CONTEXTE GÉOLOGIQUE

La carte géologique (éditions du BRGM) au 1/50000 de MÂCON montre que la zone d'étude se situe au niveau des formations suivantes, sous les remblais, les formations de surface et d'altération non mentionnées par le document :

- Fz : Alluvions modernes (lit majeur des vallées) correspondant à des dépôts surtout argileux sur une épaisseur de 3 à 5m,
- reposant :
 - soit sur le calcaire de la dalle nacrée du Bathonien supérieur (j2cC),
 - soit sur les marnes à Pholadomyes du Bathonien supérieur (j2cM),
 - soit sur les argiles, marnes et calcaire de l'Oxfordien (j4-3).



2.3. CONTEXTE HYDROGÉOLOGIQUE

Le site est aquatique.

La nappe d'accompagnement de la petite Mouge est susceptible de se développer à faible profondeur.

Des circulations erratiques et intermittentes sont également susceptibles de se développer au sein du substratum marno-calcaire à la faveur de sa fracturation.

2.4. RISQUES NATURELS

Selon le portail de prévention des risques majeurs du ministère de l'Environnement, de l'Énergie et de la Mer, les arrêtés de catastrophes naturelles pris sur la commune sont les suivants :

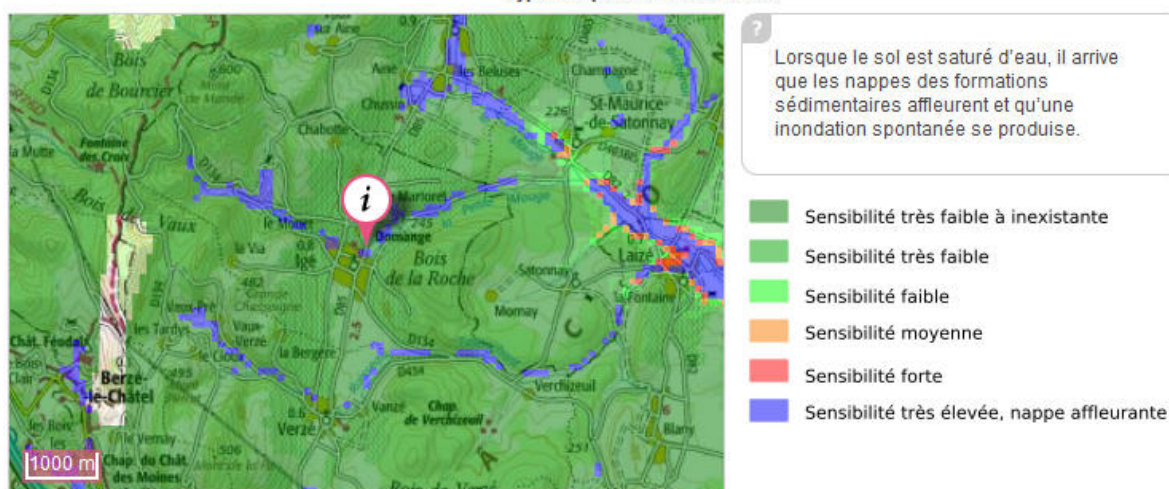
Type de catastrophe	Début le	Fin le	Arrêté du	Sur le JO du
Tempête	06/11/1982	10/11/1982	18/11/1982	19/11/1982
Inondations et coulées de boue	08/12/1982	31/12/1982	11/01/1983	13/01/1983
Inondations et coulées de boue	01/05/1983	31/05/1983	20/07/1983	26/07/1983
Inondations et coulées de boue	12/05/1983	13/05/1983	21/06/1983	24/06/1983
Inondations et coulées de boue	13/05/1986	13/05/1986	30/07/1986	20/08/1986
Inondations et coulées de boue	18/05/1988	18/05/1988	02/08/1988	13/08/1988
Inondations et coulées de boue	28/08/1988	28/08/1988	05/01/1989	14/01/1989
Inondations et coulées de boue	30/06/1990	30/06/1990	07/12/1990	19/12/1990
Inondations et coulées de boue	05/10/1993	10/10/1993	19/10/1993	24/10/1993
Inondations et coulées de boue	12/05/2000	12/05/2000	25/10/2000	15/11/2000
Mouvements de terrain différentiels consécutifs à la sécheresse et à la réhydratation des sols	01/07/2003	30/09/2003	01/12/2006	07/12/2006
Inondations et coulées de boue	20/07/2004	20/07/2004	11/01/2005	15/01/2005

2.4.1. REMONTÉES DE NAPPES

Le portail Internet (www.georisques.gouv.fr) classe le site en zone très exposée au risque d'affleurement de la nappe pour les ouvrages calés au niveau du TN actuel.

Localisation exposée à une remontée de nappe dans les sédiments : Oui

Type d'exposition : Très élevée



Source: BRGM

[Voir en détail](#)

On veillera à se rapprocher des services communaux pour connaître le niveau des PHEC de la nappe (à priori en lien direct avec le niveau du cours d'eau).

2.4.2. RISQUE INONDATION

Aucune information n'est disponible sur le site www.saone-et-loire.gouv.fr concernant le risque inondation sur le site du projet.

Il conviendra de se rapprocher des services communaux afin de connaître la nature de cet aléa au droit du projet, et de connaître le niveau des PHEC de la petite Mouge.

On sera particulièrement vigilants au phénomène de crue, notamment en cas de fortes pluies.

2.4.3. LES PHÉNOMÈNES DE RETRAIT-GONFLEMENT DES SOLS ARGILEUX

La cartographie de l'aléa des sols argileux aux phénomènes de retrait gonflement dont un extrait est présenté ci-après classe le site en zone **d'aléa faible**.

Localisation exposée aux retrait-gonflements des argiles : Oui

Type d'exposition : Aléa faible



On notera cependant la présence de zones d'aléas moyen à proximité du projet.

2.4.4. BASE DE DONNÉES DES CAVITÉS SOUTERRAINES

D'après le site www.georisques.gouv.fr, aucune cavité souterraine n'a été recensée par le BRGM au droit de la zone d'étude.

2.4.5. RISQUE DE GLISSEMENT DE TERRAIN

D'après le site www.georisques.gouv.fr, la zone d'étude ne se situe pas en zone de glissement de terrain.

2.5. SISMICITÉ

Depuis le 22 octobre 2010, la France dispose d'un nouveau zonage sismique divisant le territoire national en cinq zones de sismicité croissante en fonction de la probabilité d'occurrence des séismes (articles R563-1 à R563-8 du Code de l'Environnement modifiés par les décrets [no 2010-1254 du 22 octobre 2010](#) et [no 2010-1255 du 22 octobre 2010](#), ainsi que par l'[Arrêté du 22 octobre 2010](#)) :

- une zone de sismicité 1 où il n'y a pas de prescription parasismique particulière pour les ponts à risque normal (l'aléa sismique associé à cette zone est qualifié de très faible),
- quatre zones de sismicité 2 à 5, où les règles de construction parasismique sont applicables aux ponts dans des conditions particulières.

Les nouvelles règles de constructions parasismiques pour les ponts ainsi que le nouveau zonage sismique (qui modifient les articles 563-1 à 8 du Code de l'Environnement) sont entrées en vigueur.

Ici, le site (<http://macommune.prim.net>) classe la zone étudiée en **zone 2**.

Ces règles doivent être appliquées au moyen d'un coefficient d'importance γ_i attribué à chacune des catégories d'importance de pont. Les valeurs de ces coefficients sont données par le tableau suivant :

CATEGORIE D'IMPORTANCE	COÉFFICIENT D'IMPORTANCE γ_i
I	0,8
II	1
III	1.2
IV	1.4



En l'absence d'information, on retiendra $\gamma_i = 0.8$ pour une catégorie d'importance I (à valider par le maître d'ouvrage).

Le mouvement dû au séisme est représenté par un spectre de réponse élastique en accélération. Il est caractérisé au niveau d'un sol rocheux (sol de classe A) par la valeur d'accélération a_{gr} . Les valeurs des accélérations a_{gr} sont données dans le tableau suivant :

ZONES DE SISMICITÉ	a_{gr} (en m/s^2)
1 (très faible)	0,4
2 (faible)	0,7
3 (modérée)	1,1
4 (moyenne)	1,6
5 (forte)	3

Dans le cadre de cette étude $a_{gr} = 0.7 m/s^2$.

L'accélération horizontale de calcul est déterminée à partir d'un sol référence de classe A rocheux. Elle est égale au produit de l'accélération a_{gr} par le coefficient d'importance γ_i .

On retiendra donc $a_g = a_{gr} \times \gamma_i = 0.7 \times 0.8 = 0.56 m/s^2$.

XXXXXXXXXXXX



3. PROGRAMME SPÉCIFIQUE D'INVESTIGATIONS MIS EN ŒUVRE

3.1. PROGRAMME SPÉCIFIQUE

Nous avons mis en œuvre les investigations suivantes :

- **2 sondages de reconnaissances géologiques**, notés PR3 et PR4, à 8m de profondeur , en diamètre 64mm, avec identification des formations traversées. Les outils ont été adaptés à la lithologie rencontrée. Les coupes sont nécessairement approximatives en nature et limites des couches et ne permettent pas de caractériser la blocométrie.
- **L'enregistrement des paramètres de forage** à l'avancement avec un appareil de type LUTZ. Cet appareil permet de mesurer :
 - la vitesse instantanée d'avancement (VIA),
 - la pression sur l'outil (PO),
 - le couple de rotation (CR).Les enregistrements sont ensuite traités par ordinateur et joints aux coupes de sondage.
- **Dans chacun de ces forages, 6 essais de chargement in situ de type pressiométrique**, suivant la norme NFP 94-110-1, tous les 1.0 à 1.5m, adaptés à la lithologie rencontrée, permettant la mesure après dépouillement, par un essai de chargement in situ :
 - du module de compressibilité : E_M
 - de la pression de fluage : pf
 - de la pression de rupture : pl



- **3 sondages pénétrométriques**, notés PD1 à PD3, descendus entre 2.6 et 4.5m de profondeur (refus), avec un train de tiges APAGEO, suivant la norme NF-EN-ISO-22476-2.
- **2 sondages de reconnaissances géologiques à la tarière**, notés RG1 et RG2, descendus entre 5.3m et 6.5m de profondeur (refus), en diamètre 64mm, avec identification des formations traversées.

3.2. IMPLANTATION ET CALAGE ALTIMÉTRIQUE

Le plan d'implantation des sondages est fourni en annexe du rapport.

Les sondages ont été reportés en cotes NGF sur la base du plan topographique mis à notre disposition :

Sondage	Cote Z (mNGF)
PR3	258.7
PR4	256.8
PD1 / RG1	254.1
PD2 / RG2	253.6
PD3	257.1

Tous changements d'implantation ou d'importance du projet par rapport aux hypothèses prises lors de l'établissement de ce rapport doivent nous être communiqués et recevoir notre accord par écrit et faire l'objet d'une mission spécifique complémentaire. Ces changements peuvent modifier les conclusions de notre étude.

XXXXXXXXXX



4. RÉSULTATS DES INVESTIGATIONS ET INTERPRÉTATION

MISSION G5

4.1. LITHOLOGIE ET CARACTÉRISTIQUES GÉOTECHNIQUES

L'analyse des coupes lithologiques des différents sondages permet de schématiser la lithologie de la manière suivante :

- **Couche 0.1** : en tête des sondages PR3 et PR4 réalisés sur la chaussée en tête des ouvrages hydrauliques existants : « **enrobé** », reconnu sur une épaisseur de 0.2m environ,
- **Couche 0.2** : en tête des sondages RG1 et RG2 réalisés à l'aval des ouvrages hydrauliques existants : «**Terre végétale**» - **limon sableux à cailloutis et radicelles**, reconnus sur une épaisseur variant de 0.2 à 0.4m,
- **Couche 1** : « **remblais** » - **limons et sables +/- graveleux**, reconnus :
 - de 0.2 à 4.5m de profondeur au droit du sondage PR3,
 - de 0.2 à 3.0m de profondeur au droit du sondage PR4,
 - non reconnus au droit des autres sondages.

Compte tenu des fluctuations de la vitesse d'avancement au droit du sondage PR3, la présence de blocs ou vestiges n'est pas exclue au sein des remblais.

- **Couche 2** : **limons +/- argileux et sableux**, reconnus :
 - de 4.5 à 5.5m de profondeur au droit du sondage PR3,
 - a priori non reconnue au droit du sondage PR4,
 - de 0.4 à 1.5m de profondeur au droit du sondage RG1,
 - de 0.2 à 1.2m de profondeur au droit du sondage RG2.
- **Couche 3** : **sables argileux +/- graveleux**, reconnus :
 - de 5.5 à 8.0m de profondeur au droit du sondage PR3,
 - de 3.0 à 7.0m de profondeur au droit du sondage PR4,



- de 1.5 à 3.0m de profondeur au droit du sondage RG1,
- de 1.2 à 2.6m de profondeur au droit du sondage RG2.

- **Couche 4 : argiles et marnes gris bleu pouvant comprendre des blocs ou bancs calcaire**, reconnues :
 - de 8.0 à 8.5m de profondeur au droit du sondage PR3,
 - de 7.0 à 8.0m de profondeur au droit du sondage PR4,
 - de 3.0 à 5.3m de profondeur au droit du sondage RG1,
 - de 2.6 à 6.5m de profondeur au droit du sondage RG2.

4.2. COMPACTITÉ DES SOLS

L'analyse des profils pressiométrique a permis de mettre en évidence les niveaux de compacité suivants :

- **Couche 0.1 : « enrobé » :**
Compacité non mesurée

- **Couche 0.2 : «Terre végétale» - limon sableux à cailloutis et radicelles :**
Compacité non mesurée

- **Couche 1 : « remblais » - limons et sables +/- graveleux :**
Compacité hétérogène variant de modeste à élevée
 $0.37 \text{ MPa} < p_l^* < 1.53 \text{ MPa}$
 $0.21 \text{ MPa} < p_f^* < 1.18 \text{ MPa}$
 $2.0 \text{ MPa} < E_m < 13 \text{ MPa}$

- **Couche 2 : limons +/- argileux et sableux**
Compacité modeste
 $p_l^* = 0.49 \text{ MPa}$
 $p_f^* = 0.32 \text{ MPa}$
 $E_m = 3.7 \text{ MPa}$



Un seul essai pressiométrique a été mené dans cette couche mais les sondages pénétrométriques confirment une compacité faible à modeste dans cette couche.

- **Couche 3 : sables argileux +/- graveleux**

Compacité moyenne à élevée

$$0.51 \text{ MPa} < p_l^* < 1.43 \text{ MPa}$$

$$0.22 \text{ MPa} < p_f^* < 1.07 \text{ MPa}$$

$$3.2 \text{ MPa} < E_m < 10 \text{ MPa}$$

On notera une valeur anormalement faible au droit du PR3 à 7.0m de profondeur.

- **Couche 4 : argiles et marnes gris bleu +/- graveleuses :**

Compacité élevée

$$p_l^* = 4.68 \text{ MPa}$$

$$p_f^* = 4.24 \text{ MPa}$$

$$E_m = 43.3 \text{ MPa}$$

Un seul essai pressiométrique a été mené dans cette couche.

L'analyse des pénétrogrammes a permis de mettre en évidence les niveaux de compacité suivants :

- **Couche 0.1 : « enrobé » :**

Compacité non mesurée

- **Couche 0.2 : «Terre végétale» - limon sableux à cailloutis et radicales :**

Compacité faible à moyenne

$$0.9 \text{ MPa} < Q_d < 3.7 \text{ MPa}$$

- **Couche 1 : « remblais » - limons et sables +/- graveleux :**

Compacité faible à moyenne

$$0.7 \text{ MPa} < Q_d < 6.0 \text{ MPa}$$



- **Couche 2 : limons +/- argileux et sableux**

Compacité faible à modeste

0.9 MPa < Qd < 1.7 MPa

- **Couche 3 : sables argileux +/- graveleux**

Compacité faible en partie supérieure puis moyenne à élevée

0.9 MPa < Qd < 11.1 MPa

Le sondage PD1 s'est soldé par un refus dans cette couche à 2.6m de profondeur.

- **Couche 4 : argiles et marnes gris bleu +/- graveleuses :**

Compacité moyenne en tête à rapidement très élevée

4.5 MPa < Qd < 29.6 MPa

Le sondage PD2 s'est soldé par un refus dans cette couche à 4.2m de profondeur.

4.3. HYDROGÉOLOGIE

Les sondages pressiométriques étant réalisés à la boue polymère, ils n'ont pas permis de relever de niveau d'eau.

Les sondages RG1 et RG2 ont fournis les niveaux d'eau suivants :

Sondage	Cote première rencontre (mNGF)	Niveau stabilité (mNGF)	Couche	Niveau du fil d'eau à proximité (mNGF)
RG1	252.7	253.4	2 et 3	253.7
RG2	250.3	252.3	3	252.6

Les niveaux de nappes relevés sont relativement proche du niveau du fil d'eau fourni sur le plan topographique du site.

Remarques :

Les sondages de reconnaissance se font sur une période de courte durée et le niveau de la nappe indiqué dans le rapport ne reflète pas forcément le niveau maximum.



L'origine des fluctuations possibles est, soit naturelle (sécheresse, crue de nappe en relation avec la situation météorologique par exemple), soit dues à des travaux ou une modification de l'environnement aux alentours immédiats (pompages, rejets, effets barrages, etc.).

4.4. CONDITION SISMIQUE

Au sens de la norme NF-EN-1998-1, on retiendra que le sol est à priori de **classe E** ce qu'il conviendrait le cas échéant de valider par une mesure directe du VS30 par méthode MASW par exemple. Le tableau ci-après décrit les différentes classes de sol disponibles dans la norme.



Classe de sol	Description du profil stratigraphique	Paramètres		
		$v_{s,30}$ (m/s)	N_{SPT} (coups/30 cm)	c_u (kPa)
A	Rocher ou autre formation géologique de ce type comportant une couche superficielle d'au plus 5 m de matériau moins résistant	> 800	-	-
B	Dépôts raides de sable, de gravier ou d'argile sur-consolidée, d'au moins plusieurs dizaines de mètres d'épaisseur, caractérisés par une augmentation progressive des propriétés mécaniques avec la profondeur	360 – 800	> 50	> 250
C	Dépôts profonds de sable de densité moyenne, de gravier ou d'argile moyennement raide, ayant des épaisseurs de quelques dizaines à plusieurs centaines de mètres	180 – 360	15 – 50	70 – 250
D	Dépôts de sol sans cohésion de densité faible à moyenne (avec ou sans couches cohérentes molles) ou comprenant une majorité de sols cohérents mous à fermes	< 180	< 15	< 70
E	Profil de sol comprenant une couche superficielle d'alluvions avec des valeurs de v_s de classe C ou D et une épaisseur comprise entre 5 m environ et 20 m, reposant sur un matériau plus raide avec $v_s > 800$ m/s			
S_1	Dépôts composés, ou contenant, une couche d'au moins 10 m d'épaisseur d'argiles molles/vases avec un indice de plasticité élevé ($PI > 40$) et une teneur en eau importante.	< 100 (valeur indicative)	-	10 – 20
S_2	Dépôts de sols liquéfiables d'argiles sensibles ou tout autre profil de sol non compris dans les classes A à E ou S_1 .			

En l'absence de sondage spécifique, le paramètre de sol est estimé à une valeur $S = 1.8$.



5. SYNTHÈSE DES DONNÉES DE SOL ET ALÉAS GÉOTECHNIQUES – MISSION G5

5.1. SYNTHÈSE DES DONNÉES GÉOTECHNIQUES

Compte tenu des investigations menées, le site est marqué par la succession lithologique et les caractéristiques mécaniques suivantes :

Ouvrage hydraulique n°4 :

Lithologie	Remblais	Limons +/- argileux et sableux	Sables argileux +/- graveleux	Argiles et marnes +/- graveleuses
N° couche	1	2	3.2	4
Cote base couche (mNGF)	254.2	252.7 à 253.2	250.7 à 251.2	248.9* à 250.2*
Compacité	Modeste à élevée	Faible à modeste	Moyenne à élevée	Moyenne à très élevée
Qd retenu (MPa)	/	0.9	4.0	> 5.0
pl* retenu (MPa)	0.4	0.49	0.7	/
pf* retenu (MPa)	0.23	0.32	0.4	/
Em retenu (MPa)	2.3	3.7	5	/

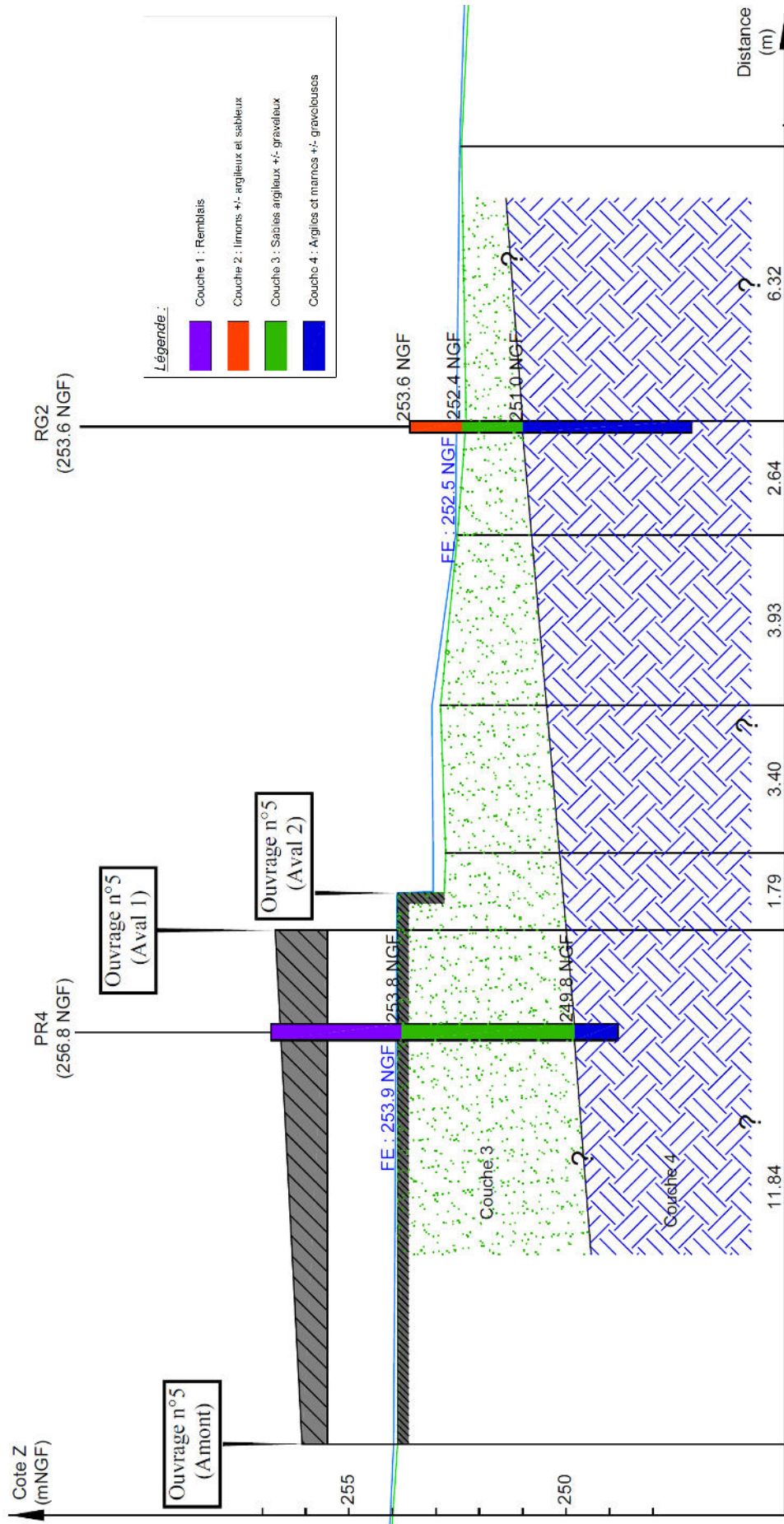
* profondeurs partielles (fin des sondages)

Ouvrage hydraulique n°5 :

Lithologie	Remblais	Limons +/- argileux et sableux	Sables argileux +/- graveleux	Sables argileux +/- graveleux	Argiles et marnes +/- graveleuses
N° couche	1	2	3.1	3.2	4
Cote base couche (mNGF)	253.8	252.4	251.4	259.8 à 251.0	247.1* à 248.9*
Compacité	Modeste à élevée	Faible à modeste	Faible à modeste	Moyenne à élevée	Moyenne à très élevée
Qd retenu (MPa)	/	0.9	0.9	4.0	> 5.0
pl* retenu (MPa)	0.6	/	/	1.3	4.0
pf* retenu (MPa)	0.35	/	/	1.1	2.5
Em retenu (MPa)	6.5	/	/	10	40

* profondeurs partielles (fin des sondages)





5.2. ALÉAS

Les aléas géotechniques sont en relation entre autres, avec :

5.2.1. La géologie

- aléas liés aux variations d'épaisseur des différentes couches, et notamment des remblais superficiels qui peuvent localement être plus épais entre les sondages,
- aléas liés aux variations latérales de faciès, pouvant entraîner l'apparition de lentilles de nature variable au sein des couches 2 et 3. Il est possible que des sols de nature localement différente de celle retrouvée en sondages apparaissent lors des travaux : nos sondages n'ont pas permis de mettre en évidence une différence lithologique entre les couches 3.1 et 3.2, mais cela n'exclut pas des variations locales de lithologie permettant d'expliquer ces différences de compacités,
- aléas liés aux irrégularités importantes du toit des marnes et calcaires très affectés par l'altération.

5.2.2. La nature des matériaux

- présence possible de matériaux de nature hétérogène au sein des remblais (notamment de blocs ou vestiges),
- présence possible de vestiges au sein des remblais non mis en évidence lors de la réalisation des sondages,
- aléas liés à la nature de la couche 3.1 de mauvaise compacité pouvant comprendre des blocs : il sera nécessaire de réaliser des sondages à la pelle mécanique ou des sondages carottés,
- aléas liés à la couche 4 argilo-marneuse, cohérente, pouvant comprendre des blocs ou bancs calcaire.

5.2.3. L'hydrogéologie

- aléas liés à des arrivées d'eau parasites en périodes pluvieuses dans les remblais, et à la formation possible de poches de stagnation,



- aléas liés à la présence de sols pollués pouvant nécessiter une étude spécifique,
- aléas liés aux fluctuations saisonnières du niveau libre de la nappe a priori en relation directe avec le niveau du cours d'eau,
- aléas liés aux fluctuations du niveau du cours d'eau, et à ses crues notamment en cas de fortes pluies.

5.2.4. L'environnement et l'historique du site

- présence des ouvrages hydrauliques et d'un ouvrage de soutènement en bordure du cours d'eau (au Nord) dont la nature et le niveau d'assise des fondations n'ont pas été reconnus au stade actuel et qui vont interférer avec le projet,
- présence de voies de circulation,
- présence de réseaux enterrés situés à proximité.

5.2.5. Les risques naturels

- prise en compte du risque sismique,
- crues du ruisseau.



6. PRINCIPES GÉNÉRAUX DE FONDATION – MISSION G5

Les solutions proposées sont celles qui semblent les meilleures à ce stade en fonction des données en notre possession.

D'autres solutions pourraient cependant être proposées en fonction de critères non pris en compte dans une étude de faisabilité et qui peuvent apparaître en phase conception ou d'exécution (problèmes de délais ou de phasage, variante locale économique, modification de l'environnement, caractéristiques particulières du projet non portées à notre connaissance). Si cela était le cas, nous conseillons à la Maîtrise d'œuvre ou à la Maîtrise d'Ouvrage de nous confier une mission pour valider les modifications apportées.

Pour ce qui concerne les fondations des passes à poisson projetées, compte tenu du contexte géotechnique, nous conseillons la réalisation de fondations par radier, solution développée au chapitre 7.

A ce stade, en l'absence de données sur le projet, de nombreux doutes et incertitudes ne peuvent être levés. Il conviendra, conformément à la norme NF P94-500, de réaliser des investigations complémentaires à l'appui de données du projet (paragraphe 8.).

XXXXXXXXXXXX



7. ÉBAUCHE DIMENSIONNELLE DE LA SOLUTION DE FONDATION SUPERFICIELLE PAR RADIER AU DROIT DES PASSES A POISSONS PROJETÉES - MISSION G5

7.1. PRINCIPE :

Cette solution consisterait à envisager un système de fondation superficielle par radier au droit des futures passe à poissons. Les radiers seraient réalisés sur une substitution ancrée dans les couches 3.2 ou 4 de compacité moyenne à élevée et caractérisées par une résistance dynamique de point supérieure à 4 MPa, en veillant à conserver une assise homogène de la substitution.

La substitution sera constituée à minima de 1.0m de matériaux d'apport de qualité de type concassé calcaire :

- propres : VBS < 0.1,
- passant à 80µm < 5 %,
- chimiquement inertes,
- drainant : D10 > 1mm,
- durs : LOS et MDE < 45,
- bien gradués,
- compactés q3.

La réalisation en phase chantier d'un batardeau étanche sera nécessaire afin de limiter les débits d'épuisement des fouilles et de permettre la mise en œuvre en fond de fouille d'une substitution sous le radier.

Nous suggérons par exemple la réalisation d'un rideau de palplanches fichées dans la couche 4 et permettant l'assèchement du batardeau par pompage.

Notons que la présence de blocs dans la couche 3, et de blocs ou bancs calcaire dans la couche 4, n'est pas exclue et peut nécessiter la réalisation de pré-forages.

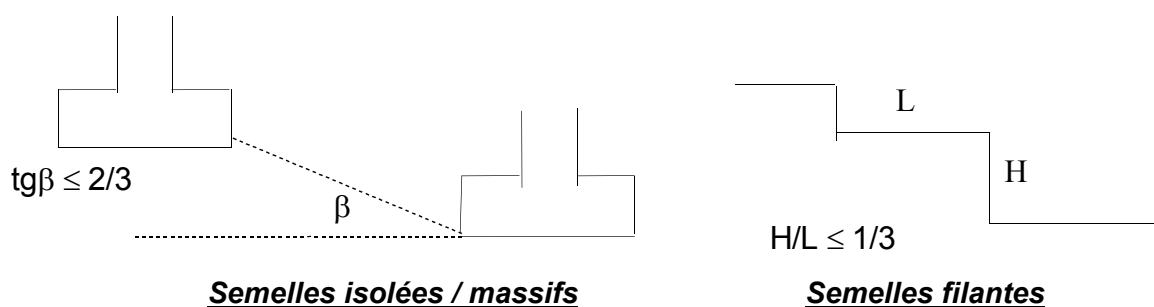
Une fois la géométrie des ouvrages définie, on pourra procéder à des essais pénétrométriques pour vérifier la faisabilité de la mise en fiche.



7.2. NIVEAU D'ASSISE :

On veillera à respecter les critères suivants :

- un niveau d'assise de la substitution calé au sein des couches 3.2 ou 4 de compacité moyenne à élevée caractérisées par des valeurs de Q_d supérieures à 4 MPa,
- mise hors gel des fondations projetées moyennant d'éventuelles bèches périphériques (respect de 0.8m vis-à-vis du terrain périphérique fini),
- mise hors affouillement des ouvrages,
- respect des règles sur les fondations à niveaux décalés notamment à proximité des ouvrages existants conservés, (dont la nature et le niveau d'assise des fondations ne sont pas connus au stade actuel) :



7.3. RÉSISTANCE ULTIME

Suivant l'approche 2 de l'Eurocode 7 et la norme NF-P94-261, on limitera la résistance nette du terrain à la sous-face des radiers aux valeurs suivantes :

$R_{v,d}$: valeur de calcul de la résistance nette du terrain sous la fondation,

$R_{v,k}$: valeur caractéristique de la résistance nette du terrain sous la fondation,

q_{net} : contrainte associée à la résistance nette du terrain sous la fondation.

$$\text{Aux ELS : } R_{v,d} / A' = R_{v,k} / \gamma_{R,v} / A' = 0,10 \text{ MPa}$$

$$\text{A l'ELU durable et transitoire : } R_{v,d} / A' = R_{v,k} / \gamma_{R,v} / A' = 0,16 \text{ MPa}$$

$$\text{A l'ELU combinaison accidentelle : } R_{v,d} / A' = R_{v,k} / \gamma_{R,v} / A' = 0,19 \text{ MPa}$$

$$R_{v,k} / A' = q_{net} / \gamma_{R,d,v} = 0,23 \text{ MPa}$$

$$q_{net} = 0,27 \text{ MPa}$$

Ces taux de travail supposent une descente de charge verticale centrée sur fondation ($i_{\delta} = 1$) et des fondations éloignées de talus ($i_{\beta} = 1$).

7.4. TASSEMENTS :

Les tassements ne peuvent pas être estimés compte tenu de l'absence de données au stade actuel.

Il conviendra :

- de définir les déplacements admissibles par le projet et par les ouvrages à proximité du projet,
- de calculer les tassements apportés par le projet sur la base des descentes de charges du projet à définir au stade PRO, et sur la base de sondages complémentaires.

7.5. SUJÉTIONS D'EXÉCUTION :

Elles sont liées entre autre :

- Pour le batardeau et l'assèchement de la fouille :
 - à la réalisation d'un batardeau (palplanches, pieux sécants, ...) ancré dans les argiles et marnes de la couche 4, pouvant nécessiter des préforages dans le substratum marneux très compact, en cas de rencontre de blocs calcaire. La technique retenue devra être validée à l'appui de sondages complémentaires, notamment pour la faisabilité d'un battage éventuel.
 - au calage altimétrique de la tête des batardeaux avec une revanche vis à vis du niveau des PHE du cours d'eau,



- à la reprise des efforts de poussée sur les parois du batardeau, par butonnage par exemple,
- au dimensionnement du batardeau en phase G2-PRO : à ce stade, on tablera sur les valeurs suivantes (à confirmer aux stades G2-AVP et G2-PRO) :

Couche	Lithologie	γ_h (kN/m ³)	C' (kPa)	Φ' (°)
0.1	Enrobé	Non concerné		
	Terre végétale	18	15	15
1	Remblais	19.5	0	20
2	Limons +/- sableux et argileux	19.5	0	20
3.1	Sables argileux +/- graveleux	20	0	18
3.2	Sables argileux +/- graveleux	21	0	25
4	Argiles et marnes	21	20	30

- à l'étanchéité du batardeau, à la mise en place en phase chantier d'un système de pompage,
- à la sensibilité des sols de la couche 3 à la boullance,
- au travail en période d'étiage du cours d'eau.
- Pour l'assise du radier et de sa substitution :
 - au décapage des couches de surface 0 à 3.1 de mauvaise compacité,
 - au respect d'un niveau d'ancrage au sein des couches 3.2 ou 4, et des critères développés au chapitre 7.2.
 - au respect de l'uniformité du niveau d'ancrage,
 - au contrôle du fond de fouille et par la réalisation de sondages pénétrométriques,
 - aux variations du niveau d'assise de la substitution, en relation avec la fluctuation du toit du niveau d'ancrage et avec la géométrie du projet en profil en long,
 - à l'utilisation éventuelle d'un brise roche hydraulique en cas de rencontre de blocs de grande dimension et de niveaux indurés,
 - au bétonnage à l'avancement des fondations : on privilégiera le travail par beau temps, en période d'étiage du cours d'eau.



- au risque de surconsommation de matériaux liée à des hors profils (vestiges,...),
- à la mise en œuvre de bêtes parafouilles aux extrémités amont et aval de l'ouvrage,
- à la présence d'ouvrages existants dont la géométrie n'a pas été reconnue : il conviendra de limiter les interactions (vibration,...) en phase chantier et en phase définitive,
- à la vérification de la stabilité des ouvrages existants en phase provisoire comme définitive,
- à la prise en compte d'un éventuel débord de fondation des ouvrages existants,
- à la réalisation d'un diagnostic structurel et à la définition des descentes de charges sous les ouvrages existants,
- au calcul du ferrailage des radiers des ouvrages en tenant compte des tassements et des sous-pressions,
- à la reprise des sous-pressions éventuelles sous les ouvrages à réaliser : tirants, lestage avec un gros béton, ...
- à la possibilité de liasonner le radier à l'enceinte faisant office de batardeau, si l'on conçoit celle-ci en ouvrage définitif, ce qui permettra de reprendre mes sous-pressions, de s'affranchir des affouillements et des tassements.



8. POINTS À ÉTUDIER PARTICULIÈREMENT AU STADE G2- PHASE PRO

Au stade de la mission G2-phase AVP, il sera impératif d'étudier les points spécifiques suivants :

- 1) Réalisation d'investigations complémentaires comprenant la réalisation de sondages carottés et pressiométriques plus profonds, et des sondages à la pelle comprenant des reconnaissances de fondation des ouvrages existants, notamment pour les techniques de réalisation des enceintes / batardeaux, et leur dimensionnement, notamment si les ouvrages sont définitifs,
- 2) Réalisation d'un diagnostic structurel des ouvrages existants (comprenant également la réalisation de descentes de charges sous les appuis de l'ouvrage existant),
- 3) à la définition de la technique d'assèchement du fond de batardeau et à la définition du débit de pompage éventuellement associée.

La campagne complémentaire qui pourra être proposée devra être justifiées à l'appui de données projet : coupes, profil en long, vue en plan des ouvrages.

XXXXXXXXXX



Nous restons à la disposition de **la société IRH** et de tous les intervenants pour tous renseignements complémentaires.

Dressé par les Ingénieurs soussignés

Quentin DAN
en charge de l'opération

Jean-Michel CUINET
en charge du contrôle interne



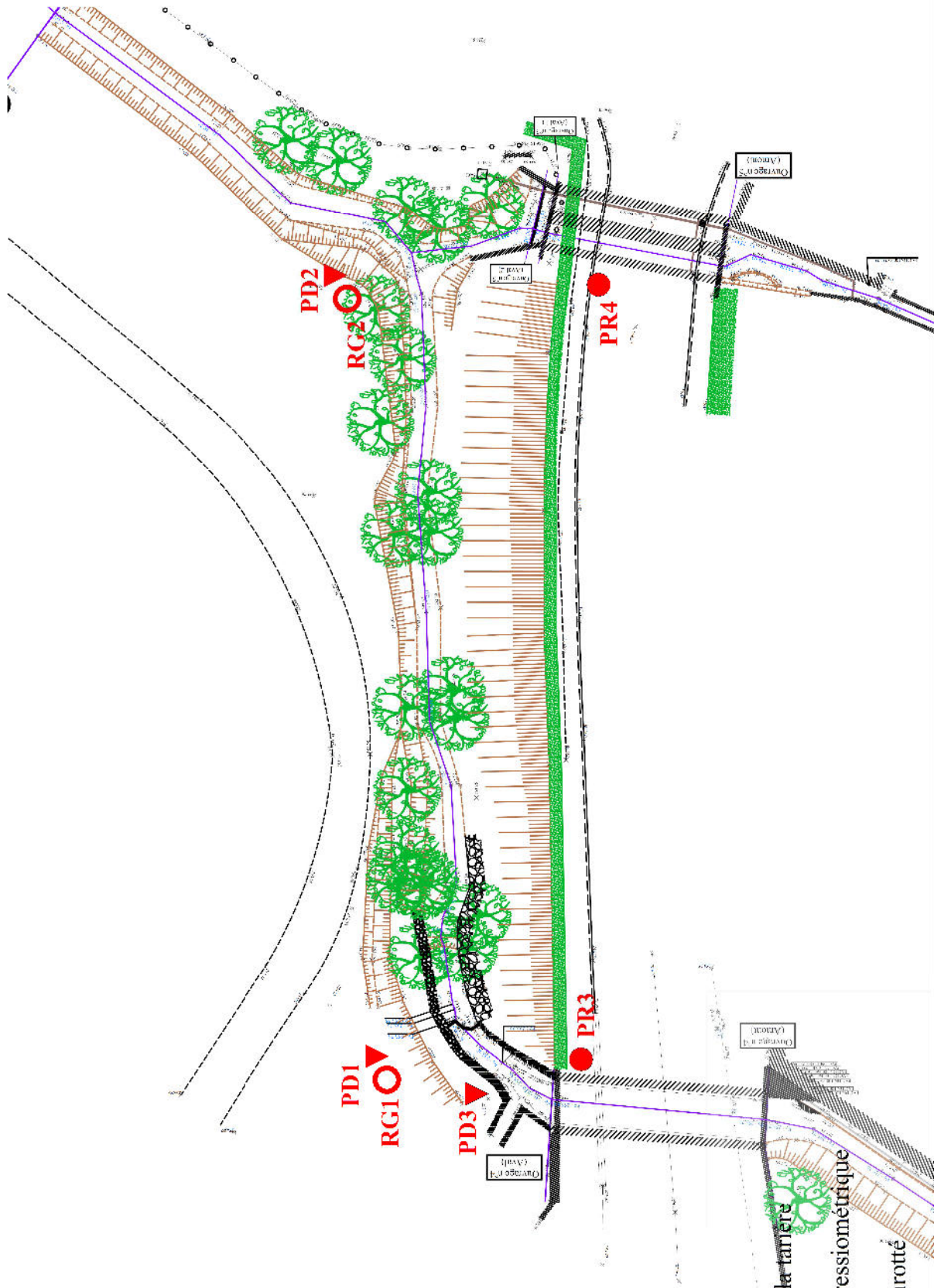
ANNEXES



ANNEXE 1

Plan d'implantation des sondages

Nord



Légende :

-  Sondage à la tarière
-  Sondage pressiométrique
-  Sondage carotté



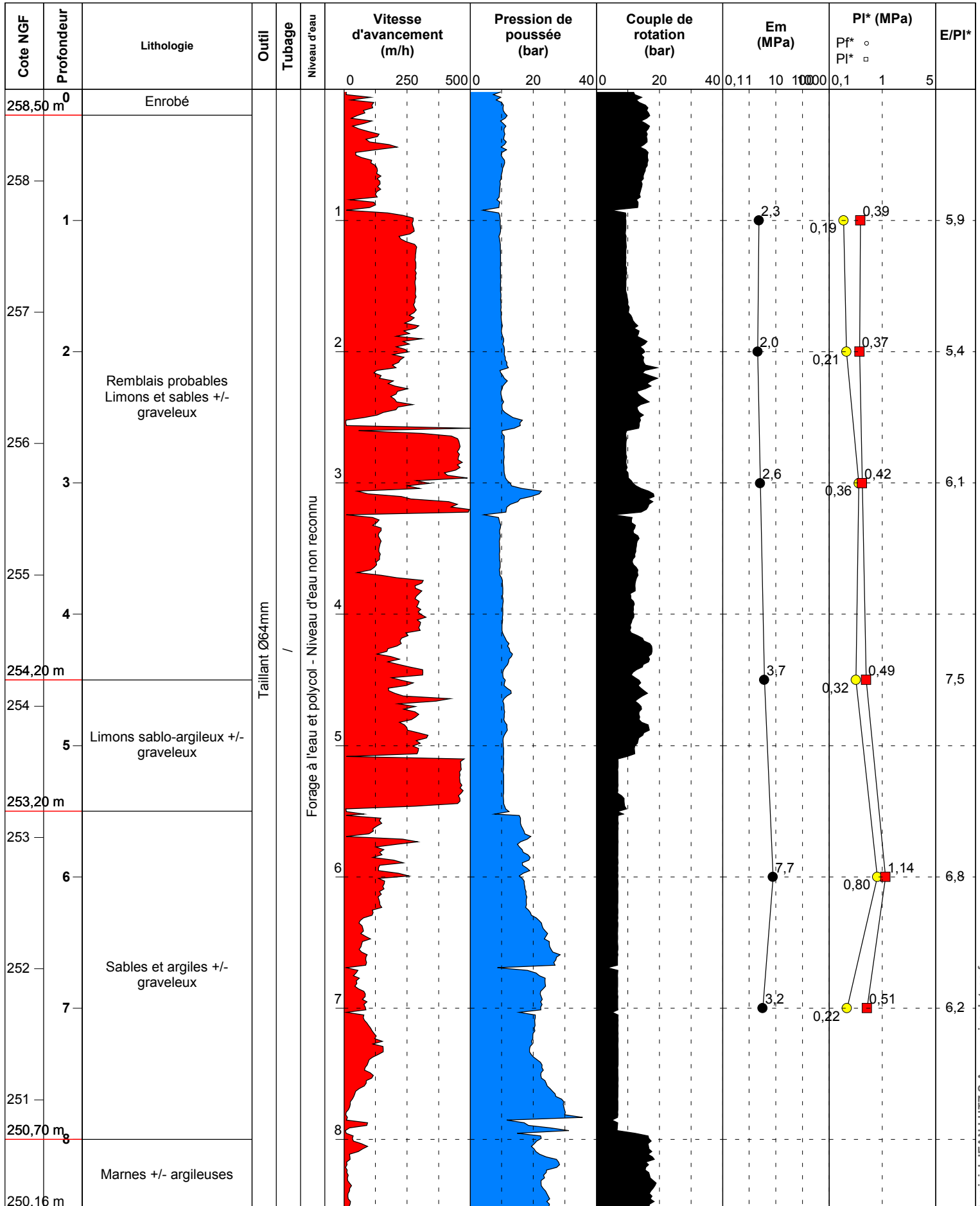
HYDROGÉOTECHNIQUE CENTRE
Ingénierie géotechnique, géologique, hydrogéologique et hydrologique
appliquée aux bâtiments, génie-civil, infrastructures et à l'environnement
Sondages - Essais de sols in situ et en laboratoire

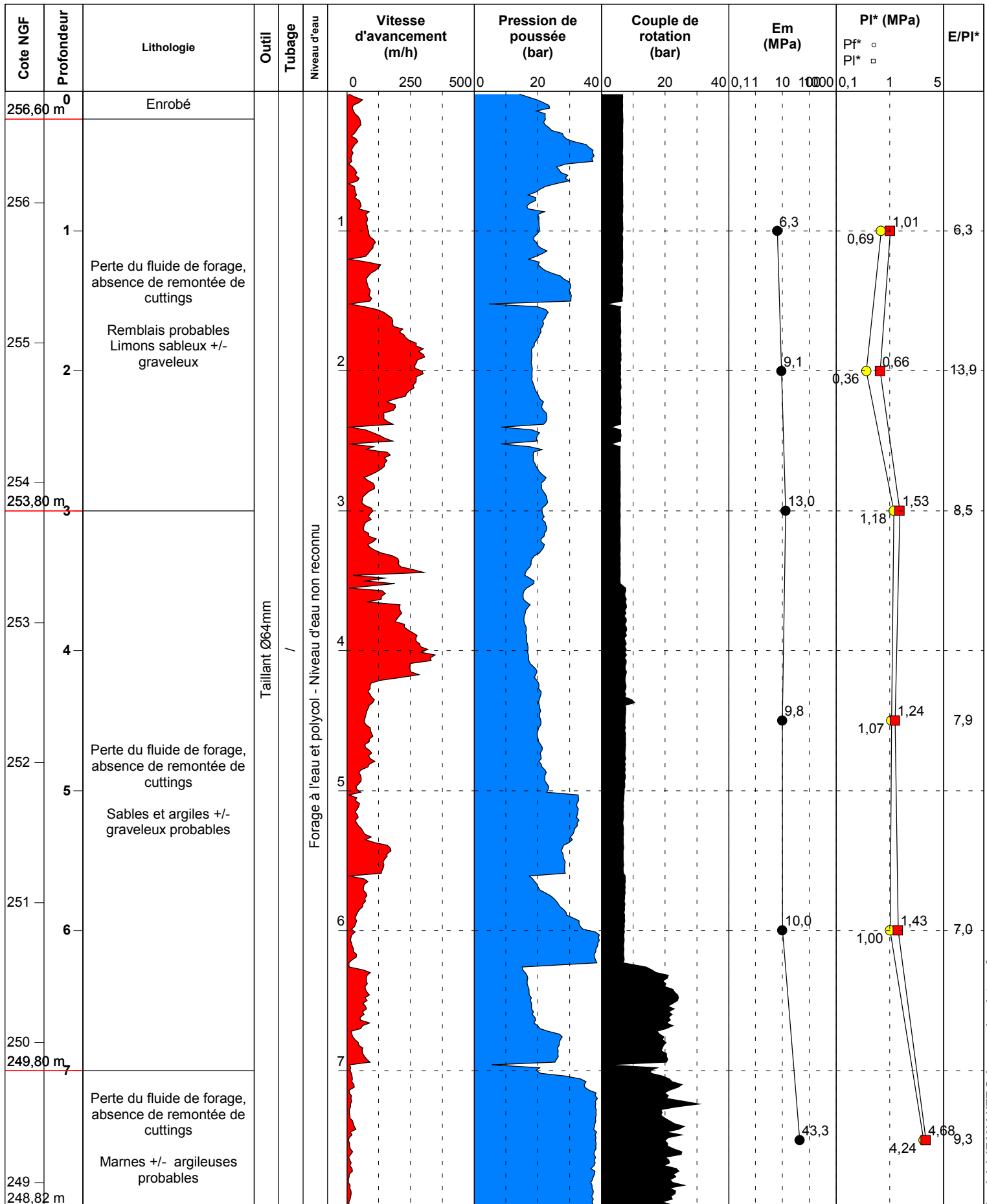
IMPLANTATION DES SONDAGES

Cliant **IRH**
Chantier : **IGE (71)**
Dossier : **C.16.10370**
Date des essais : **20/03/2017**

ANNEXE 2

Coupes des sondages






HYDROGÉOTECHNIQUE CENTRE

 Ingénierie géotechnique, géologique, hydrogéologique et hydrologique
 appliquée aux bâtiments, génie-civil, infrastructures et à l'environnement
 Sondages - Essais de sols in situ et en laboratoire

SONDAGE DE RECONNAISSANCE GEOLOGIQUE

Norme NFP 94.202

Client IRH
Chantier IGE (71)
Dossier C.16.10370
Date 17 mai 2017

Sondage RG1

Cote Z 254,2

Profondeur	Lithologie	Outil	Eau	Observations
0,40	Limon légèrement sableux à quelques cailloutis marron brun et à radicelles			
0,70	Limon argileux marron foncé à quelques cailloutis		▼	
1,50	Argile à cailloutis marron clair			
3,00	Sable grossier et cailloutis argileux beige marron	Tarrière mécanique		Refus à 5,30m. Première rencontre d'eau à 1,5m : Niveau d'eau stabilisé à 0,75m
5,30	Argile grise +/- sableuse et marneuse à passages de cailloutis			

Eau : première rencontre à 1,5 m


HYDROGÉOTECHNIQUE CENTRE

 Ingénierie géotechnique, géologique, hydrogéologique et hydrologique
 appliquée aux bâtiments, génie-civil, infrastructures et à l'environnement
 Sondages - Essais de sols in situ et en laboratoire

SONDAGE DE RECONNAISSANCE GEOLOGIQUE

Norme NFP 94.202

Client IRH
Chantier IGE (71)
Dossier C.16.10370
Date 17 mai 2017

Sondage RG2

Cote Z 253,6

Profondeur	Lithologie	Outil		Observations
			Eau	
0,20	Limon sableux à quelques cailloutis marron et radicelles			
	Limon légèrement argileux marron			
0,60	Limon sableux légèrement argileux marron gris beige			
1,20	Sable grossier à fin limono-argileux marron gris à passages de graviers		▼	
2,60	Argile +/- marneuse à cailloutis gris bleu	Tarrière mécanique		Refus à 6,50m. Première rencontre d'eau à 2,7m : Niveau d'eau stabilisé à 1,30m
6,50				

Eau : première rencontre à 2,7 m



HYDROGÉOTECHNIQUE CENTRE

Ingénierie géotechnique, géologique, hydrogéologique et hydrologique
appliquée aux bâtiments, génie-civil, infrastructures et à l'environnement
Sondages - Essais de sols in situ et en laboratoire

ESSAI AU PENETROMETRE DYNAMIQUE

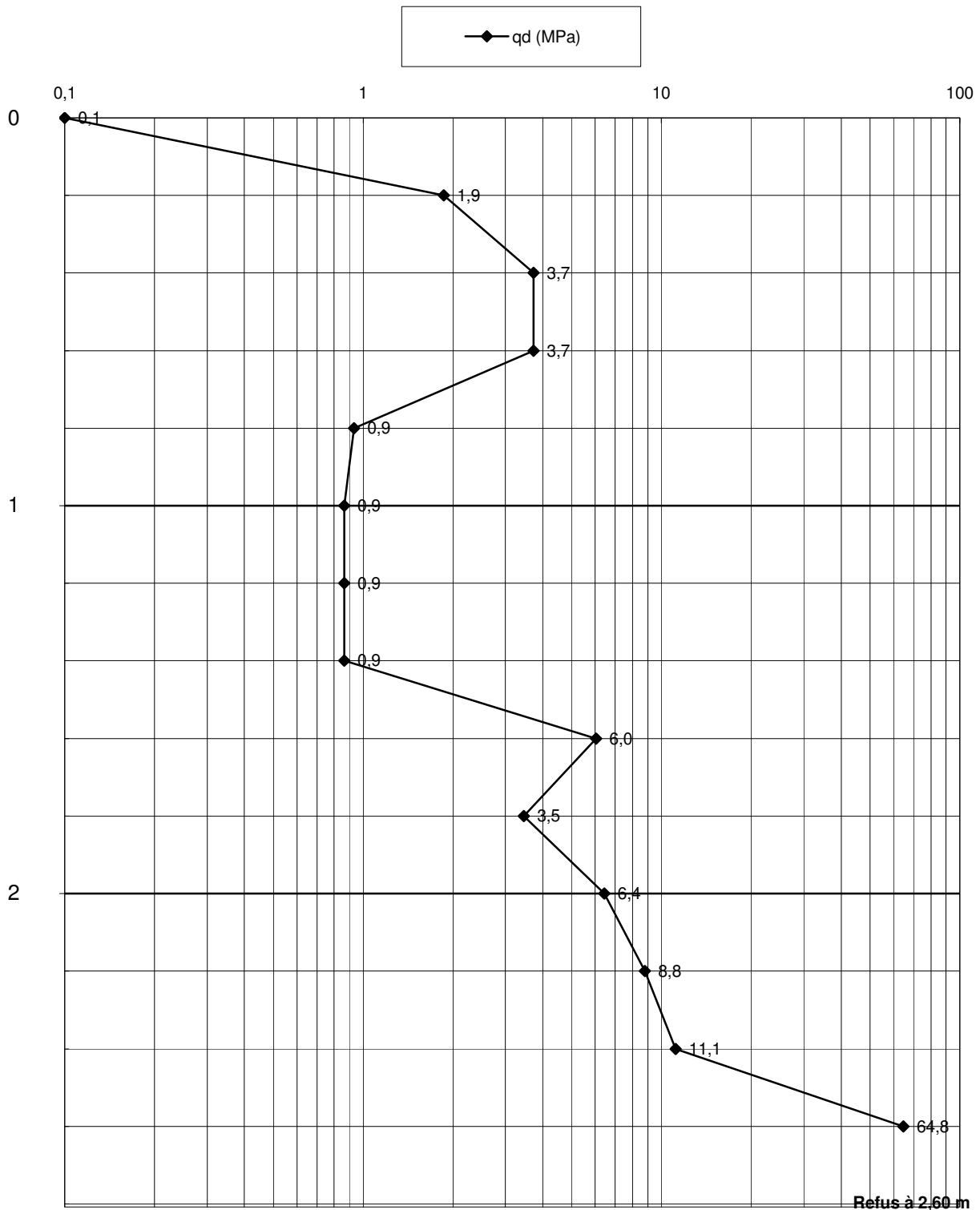
Norme NFP 94.115

Sondage PD1

Client **IRH**
Chantier **IGÉ (71) - Diagnostic OH**
Dossier C.16.10370
Date 9 mai 2017

Cote Z 254,2

qd= résistance de pointe en MPa
Formule de Redtenbacher



Couple N.m

Refus à 2,60 m

Eau : pas notoire lors de la foration



HYDROGÉOTECHNIQUE CENTRE

Ingénierie géotechnique, géologique, hydrogéologique et hydrologique
appliquée aux bâtiments, génie-civil, infrastructures et à l'environnement
Sondages - Essais de sols in situ et en laboratoire

ESSAI AU PENETROMETRE DYNAMIQUE

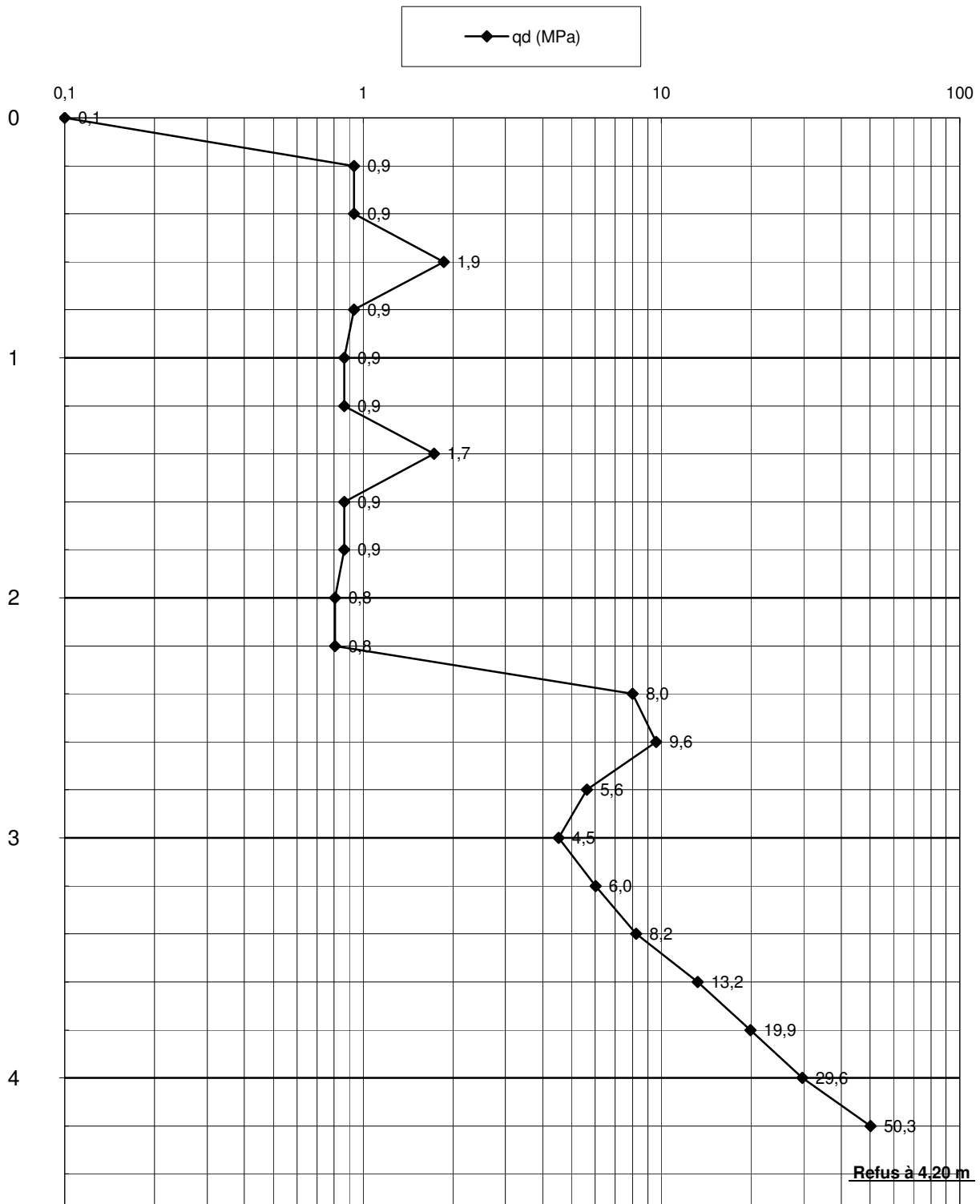
Norme NFP 94.115

Sondage PD2

Client **IRH**
Chantier **IGÉ (71) - Diagnostic OH**
Dossier C.16.10370
Date 9 mai 2017

Cote Z 253,6

qd= résistance de pointe en MPa
Formule de Redtenbacher



Couple N.m

Eau : pas notoire lors de la foration



HYDROGÉOTECHNIQUE CENTRE

Ingénierie géotechnique, géologique, hydrogéologique et hydrologique
appliquée aux bâtiments, génie-civil, infrastructures et à l'environnement
Sondages - Essais de sols in situ et en laboratoire

ESSAI AU PENETROMETRE DYNAMIQUE

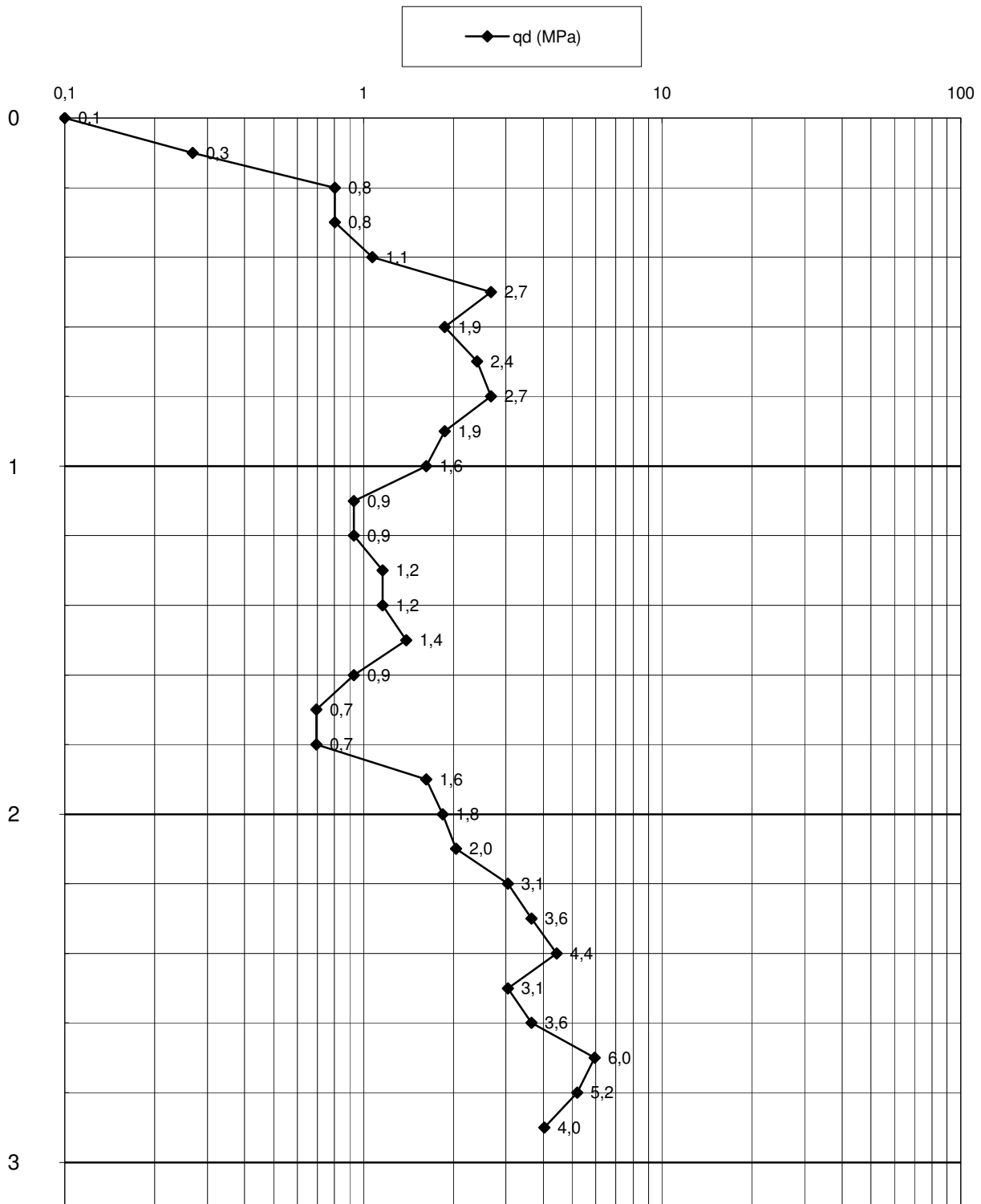
Norme NFP 94.115

Sondage PD3

Client **IRH**
Chantier **IGÉ (71) - Diagnostic OH**
Dossier C.16.10370
Date 9 mai 2017

Cote Z 257,1

qd= résistance de pointe en MPa
Formule de Redtenbacher



Couple N.m

Eau : pas notoire lors de la foration

ANNEXE 3

Missions géotechniques

CLASSIFICATION DES MISSIONS TYPES D'INGENIERIE GEOTECHNIQUE

(extraite de la norme NFP 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 Etude 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'avoisnants 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 avoisnants), 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 avoisnants), 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, participer à la finalisation des pièces techniques des contrats de travaux.

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).

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 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

UNION SYNDICALE GÉOTECHNIQUE
CONDITIONS GÉNÉRALES DES MISSIONS GÉOTECHNIQUES
(version du 27.06.2000, mise à jour Hydrogéotechnique décembre 2006)

1. CADRE DE LA MISSION

Par référence à la CLASSIFICATION DES MISSIONS GEOTECHNIQUES TYPES (Norme NFP 94-500), 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 G1, G2, G3, G4 sont réalisées dans l'ordre successif,
- une mission confiée à notre société peut ne contenir qu'une partie des prestations décrites dans la mission type correspondante,
- une Prestations d'investigations géotechniques engage notre société uniquement sur la conformité des travaux exécutés à ceux contractuellement commandés et l'exactitude des résultats qu'elle fournit,
- une mission type G1 à G5 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 type G1 ou G5 exclut tout engagement de notre société sur les quantités, coûts et délais d'exécution des futurs ouvrages géotechniques,
- une mission type 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) parties(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 en évidence lors de l'exécution, pouvant avoir une influence sur les conclusions du rapport, doivent immédiatement être signalés au géotechnicien chargé du suivi ou de la supervision géotechnique d'exécution (missions G3 et G4) afin qu'il en analyse les conséquences sur les conditions d'exécution, voire la conception de l'ouvrage géotechnique.

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.

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 notre société. 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 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.

XXXXXXXXXXXX



Acteur majeur dans les domaines de l'eau, l'air, les déchets et plus récemment l'énergie, IRH Ingénieur Conseil, société du Groupe IRH Environnement, développe depuis plus de 60 ans son savoir-faire en étude, ingénierie et maîtrise d'œuvre environnementale.

Plus de 300 spécialistes, chimistes, hydrogéologues, hydrauliciens, automaticiens, agronomes, biologistes, génie-civilistes, répartis sur 18 sites en France, sont à la disposition de nos clients industriels et acteurs publics.

L'indépendance et l'engagement qualité d'IRH Ingénieur Conseil vous garantissent une impartialité et une fiabilité totale :



IRH Ingénieur Conseil est également agréé par le Ministère de l'Écologie pour effectuer des prélèvements et analyses à l'émission des substances dans l'atmosphère, et par le Ministère du Travail pour procéder au contrôle de l'aération et de l'assainissement des locaux de travail.

IRH Ingénieur Conseil
 14-30 rue Alexandre Bât. C
 92635 Gennevilliers Cedex
 Tél. : +33 (0)1 46 88 99 00
 Fax : +33 (0)1 46 88 99 11
www.groupeirhenvironnement.com

