



LA GÉOTECHNIQUE PARTENAIRE

Agence de NANCY

273 Rue du ruisseau d'Urpont

DYNAPÔLE LUDRES FLEVILLE

54710 FLEVILLE-DEVANT-NANCY

Tél. : 03 83 51 04 36 – Fax : 03 83 51 04 33



LA GÉOTECHNIQUE PARTENAIRE

Siège Social

9 Boulevard de l'Europe

21800 QUETIGNY LES DIJON

Tél. : 03 80 48 93 20 – Fax : 03 80 48 93 30

**ETUDE GEOTECHNIQUE DE CONCEPTION - PHASE D'AVANT-
PROJET (G2 - AVP)**

16/055055/NANCY

55000 BAR LE DUC

CHANTERAIN

Barrages de l'Ornain

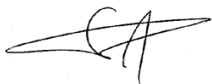
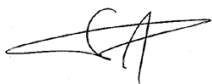
30 août 2016

Etude géotechnique de conception – phase d'avant-projet (G2 - AVP)

55000 BAR LE DUC

CHANTERAINE

Barrages de l'Ornain

16/05505/NANCY		BAR LE DUC		BAT	MISSION : G2-AVP		
INDICE	DATE	Nb de Pages		ETABLI PAR	VERIFIE PAR	MODIFICATIONS OBSERVATIONS	APPROUVE PAR
		Texte	Annexes				
0	30/08/2016	19	18	D.PETITJEAN 	V.VANLERBHERGE	1 ^{ère} émission	D.PETITJEAN
A	26/09/2016	19	18	D.PETITJEAN 	V.VANLERBHERGE		D.PETITJEAN
B							

SOMMAIRE

I - CADRE DE L'INTERVENTION	4 et 5
I.1. INTERVENANTS	4
I.2. PROJET, DOCUMENTS REÇUS ET HYPOTHESES	4
I.3. MISSION	5
II - CONTEXTE DU SITE ET CONTENU DE LA RECONNAISSANCE	6 à 9
II.1 LE SITE.....	6 et 7
II.2 CONTENU DE LA RECONNAISSANCE	8
II.3 IMPLANTATION ET NIVELLEMENT DES SONDAGES	8 et 9
III - CADRE GEOLOGIQUE - RESULTATS DE LA RECONNAISSANCE.....	10 et 11
III.1. NATURE ET CARACTERISTIQUES DES SOLS	10
III.2. RISQUES NATURELS ET ANTHROPIQUES	11
IV - ETUDE DES OUVRAGES GEOTECHNIQUES	12 à 18
IV.1. FONDATION DE LA PASSE A POISSON ET DE L'INSTALLATION POUR MANŒUVRE BGE	12 et 13
- Principe de fondation – niveaux d'assise.....	12
- Contraintes limites de calcul	12
- Tassements	12
- Dispositions constructives générales	12
- Sujétions d'exécution.....	13
IV.2. FONDATION DE LA PASSE A POISSON ET DE L'INSTALLATION POUR MANŒUVRE BGE	14 et
- Principe de fondation – niveaux d'assise.....	14
- Contraintes limites de calcul	14
- Tassements	14
- Dispositions constructives	14
- Sujétions d'exécution.....	14
IV.3. MISE HORS D'EAU	15
V- RECOMMANDATIONS POUR LA MISE AU POINT DU PROJET	16
Conditions d'utilisation du présent document.....	17
Enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique	18
Tableau 2 - classification des missions d'ingénierie géotechnique.....	19
ANNEXES.....	20 à 37
Annexe 1 : Plan de situation.....	21
Annexe 2 : Plan d'implantation.....	22 et 23
Annexe 3 : Sondages	24 à 30
Annexe 4 : Photos des sondages carottés	31 à 37

I - CADRE DE L'INTERVENTION

I.1. INTERVENANTS

A la demande et pour le compte de **VNF (Voies Navigables de France)**, DT Nord-Est/AEGT, Bureau Etude Travaux Neuf, Grands Ouvrages hydraulique, 1 rue de Tomblaine, 54000 NANCY, GEOTEC a réalisé l'étude de sol de mission géotechnique relative à la restauration et la modernisation du barrage de l'Ornain sur la commune de CHANTERAINNE (55).

Les autres intervenants connus au moment de l'étude sont :

- Maître d'œuvre : groupement d'étude INGEROP conseil et ingénierie et GEOS Ingénieurs Conseils.

I.2. PROJET, DOCUMENTS REÇUS ET HYPOTHESES

Les documents suivants ont été mis à la disposition de GEOTEC :

Documents	Emetteur	Date	Réf	Echelle	Cote altimétrique
Plan de l'existant et du projet	GEOS INGENIEURS CONSEILS SA	23/07/2015	1677-103	1/200	Oui (NGF)
Coupe du projet				1/100	Oui (NGF)

Selon les informations qui nous ont été fournies, le projet consiste en la restauration et la modernisation par le principe d'un BGE (Barrage Gonflable à l'Eau) d'un barrage à aiguille de l'Ornain sur la commune de CHATERNAIS. De plus, une passe à poisson sera mise en place sur la partie Sud-Ouest du barrage. Une installation pour manœuvre BGE sera mise en place entre le barrage gonflable à l'eau BGE et la passe à poisson.

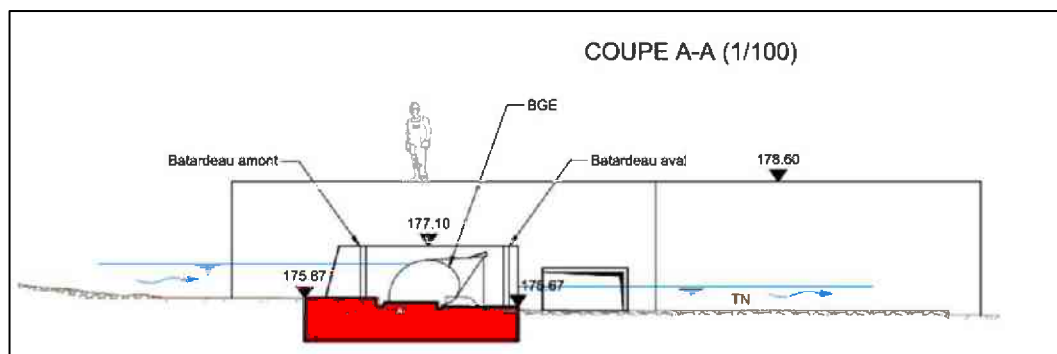


Image 1 Coupe du projet

Nous ne disposons d'aucun élément relatif aux charges apportées par les différents ouvrages.

Remarque : toutes les abréviations utilisées dans ce rapport sont conformes à la norme XP 94-010 hormis les suivantes :

TA : terrain actuel

I.3. MISSIONS

Conformément à son offre Réf. **16/05505/NANCY** du **16 septembre 2015**, GEOTEC a reçu pour mission l'étude de sol préalable à la restauration et la modernisation d'un barrage de l'Ornain sur la commune de BAR LE DUC (55).

Cette étude repose sur des investigations géotechniques réalisées par GEOTEC et correspond donc à la mission :

G2-AVP étude géotechnique de conception phase avant-projet selon les termes de la norme NF P 94-500 révisée en novembre 2013, relative aux missions géotechniques (extraits joints).

Il est rappelé que la mission d'étude géotechnique de conception phase Avant-Projet (G2-AVP) est une mission partielle de la mission G2 (étude géotechnique de conception) et doit être complétée par une mission G2 phase Projet et phase DCE/ACT puis par des missions G3 (étude et suivi géotechniques d'exécution) et G4 (supervision géotechnique d'exécution) afin de limiter les aléas géotechniques qui peuvent apparaître en cours d'exécution ou après réception des ouvrages. GEOTEC reste à disposition des intervenants, et notamment de l'équipe de maîtrise d'œuvre, pour l'exécution des missions complémentaires G2 PRO, G2 DEC/ACT et G4, la mission G3 étant généralement réalisée par les entreprises de travaux.

II - CONTEXTE DU SITE ET CONTENU DE LA RECONNAISSANCE

II.1. LE SITE

Le terrain étudié se trouve sur le site du barrage de l'Chanteraine sur la commune de BAR LE DUC (55). Il est actuellement occupé par la rivière et le barrage.

. A l'Ouest du barrage on retrouve des prairies.

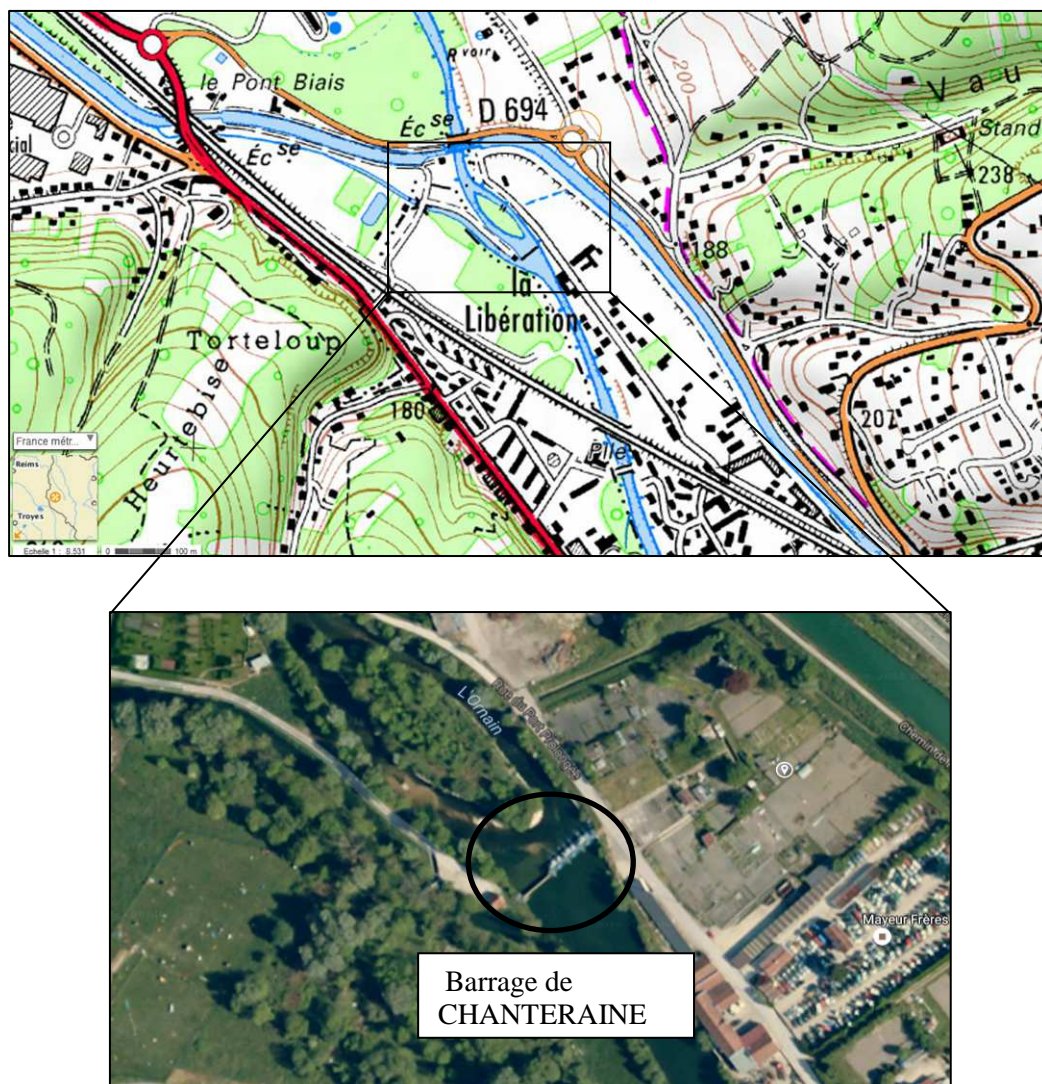


Image 2 : Carte IGN et Vue satellite du barrage de CHANTERAINE (55) (Géoportail et Google maps)



Image 3 : Vue globale du barrage de Chanteraine : Photo prise sur site le 01/09/2015

Le barrage de Chanteraine est composé d'une partie avec des aiguilles en bois dans la partie Sud-ouest du barrage. Des radiers maçonnés (pavage de pierre) sont présents de part et d'autre du barrage. Dans la partie aval, le radier disparaît sous le terrain naturel. Les matériaux sont



Image 4 : Vue globale du barrage de Chanteraine et vue du dessus du barrage : Photo prise sur site le 01/09/2015

II.2. CONTENU DE LA RECONNAISSANCE

Conformément à la consultation, la campagne de reconnaissance a consisté en la réalisation de :

- **3 sondages géologiques profonds** (*SP1 à SP3*) réalisés à la tarière mécanique de diamètre 115 64 mm de part et d'autre du barrage (2 en amont et 1 en aval du barrage). Ces sondages ont atteint une profondeur d'arrêt de 10.0 m / TA. . Ils ont permis de déterminer la nature des sols traversés, de relever d'éventuelles circulations d'eau et de réaliser :

- **des essais pressiométriques**, répartis dans les sondages précédents selon un intervalle de 1.00 m en moyenne, afin de définir les caractéristiques mécaniques des sols en place.

- **3 sondages carottés** (*SC1 à SC3*) réalisés pour SC1 en amont du barrage coté Est, pour SC2 au niveau des aiguilles en bois en amont, et pour SC3 en rive gauche. Des échantillons intacts y ont été prélevés pour analyse au laboratoire. Ils ont atteint une profondeur de 10.00 m pour SC1 et SC2 et de 9.00 m pour SC3. Les carottes prélevées sont stockées en caisse de 3 x 1 mètre

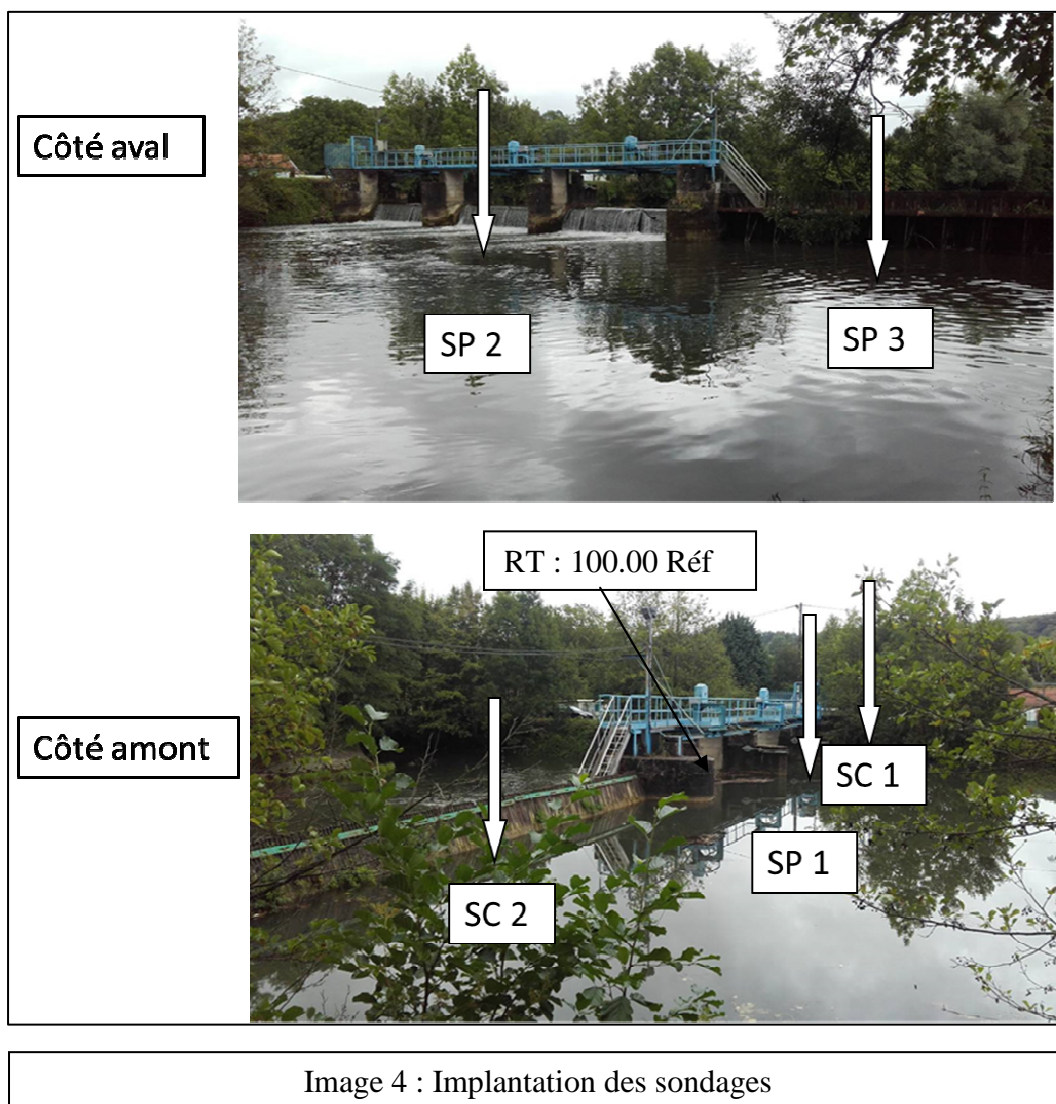
II.3. IMPLANTATION ET NIVELLEMENT DES SONDAGES

La position des sondages et essais figure sur le plan d'implantation en annexe.

L'implantation a été réalisée au mieux des conditions d'accès, de la présence de réseaux et de la précision des plans remis pour la campagne de reconnaissance.

En l'absence de plan topographique, nous avons nivelé les sondages et essais en prenant comme référence arbitraire la cote +100 Réf au droit de l'arête supérieure de l'avant-bec de P1.

Les profondeurs sont comptées par rapport au terrain actuel.



III - CADRE GEOLOGIQUE - RESULTATS DE LA RECONNAISSANCE

D'après la carte géologique de VAUBÉCOURT au 1/ 50 000^{ème} et notre expérience locale, la géologie attendue au droit du site est la suivante :

- des alluvions récentes de l'Ornain,
- une couverture d'altération,
- le substratum marno-calcaire à calcaire local datant du Bononien.

III.1. NATURE ET CARACTERISTIQUES DES SOLS

La campagne de reconnaissance a mis en évidence au niveau les formations suivantes :

- **une maçonnerie en calcaire (moellons de pays maçonnés)** a été mise en évidence au niveau du sondage SC1 (coté amont en rive droite du barrage) sur une épaisseur de 90 cm environ. Cette maçonnerie présente un état assez hétérogène entre les différentes parties.
- **une maçonnerie en béton** a été mise en évidence au droit du sondage SC2 (coté amont rive gauche au niveau du barrage à aiguille) sur une épaisseur de 1.50 m. Cette maçonnerie se décompose en deux parties ; la partie supérieure de 30 cm environ constituée d'un béton à grains fin (peu voire pas de graviers dans le béton), la partie inférieure de 1.20 mètre d'épaisseur est constituée d'un béton à éléments de plus grande granulométrie (petits galets).
- **des remblais composés d'argile sableuse marron à passages sablo-graveleux, des cailloux, graviers et blocs calcaires** identifiés au droit du sondage SC3 jusqu'à 2.00 m/TA. Cet horizon est à mettre en relation avec la nature construite du site d'étude.
- **des cailloux, graviers et blocs calcaires à légère matrice sableuse** identifiés au droit du sondage SC3 jusqu'à 4.00 m / TA de profondeur soit sur une épaisseur de 2.00 m. Cet horizon correspond à la couverture d'altération des anciennes terrasses alluviales de l'Ornain.
- **du sable calcaire beige/orange à graviers et cailloux beige** identifiés au droit du sondage SC3 jusqu'à 4.50 m / TA de profondeur soit sur une épaisseur de 0.50 m. Cet horizon correspond aussi à la couverture d'altération des anciennes terrasses alluviales de l'Ornain.
- **une marne calcaire grise** rencontrée au droit de tous les sondages. Cet horizon correspond au substratum marno- calcaire local.

Ses caractéristiques géomécaniques sont élevées en tête de sondage à très élevées en profondeur:

$$47.4 \leq E_M \leq 500 \text{ MPa}$$

$$4.11 \leq p_l^* \leq 6.64 \text{ MPa}$$

Au droit des sondages SP1, SP2, SP3, SC14, SC2 une maçonnerie est présente sur une épaisseur variant entre 0.30 et 1.50 m. Cette maçonnerie correspond au radier maçonné.

III.2. RISQUES NATURELS ET ANTHROPIQUES

Le terrain se situe en zone à risque 1 (sismicité très faible) selon les dispositions de l'arrêté du 22 octobre 2010 relatif à la réglementation parasismique et à la nouvelle délimitation des zones de sismicité. Pour cette zone, aucune prescription particulière n'est requise.

IV - ETUDE DES OUVRAGES GEOTECHNIQUES

L'étude des ouvrages géotechniques se décompose en deux parties. La première partie concerne l'étude de la fondation de la structure de la passe à poisson, située dans la partie Sud-ouest du projet. La seconde partie concerne l'étude de la fondation du barrage de Chanteraine à proprement parlé. Une installation de manœuvre du BGE est également prévue au niveau de la passe à poisson.

IV.1. FONDATION DE LA PASSE A POISSON ET DE L'INSTALLATION POUR MANŒUVRE BGE

- Principe de fondation – niveaux d'assise

Le principe de fondation consistera à reporter les charges de la structure par l'intermédiaire de semelles **semelles superficielles, filantes et/ou isolées**, descendues dans la marne calcaire, moyennant un encastrement de 50 cm.

On respectera en tout point une profondeur de 0.80 m / sol extérieur fini pour assurer la garde au gel.

- Contraintes limites de calcul

Sous réserve du respect du principe de fondation précité, les contraintes verticales centrées de calcul à prendre en compte pour la justification vis-à-vis des Etats Limites Ultimes et de Services seront limitées à :

$$q_{ELU} \leq 0.75 \text{ MPa}$$

$$q_{ELS} \leq 0.5 \text{ MPa}$$

- Tassements

Moyennant une exécution soignée des fouilles, les tassements théoriques absolus seront inférieurs au centimètre. Par ailleurs, il n'y aura pas lieu de craindre de tassements différentiels sensibles.

Nota : l'attention est attirée sur le fait que ces calculs n'ont de validité qu'au droit des sondages réalisés. Ailleurs, des hétérogénéités naturelles de stratigraphie et de caractéristiques mécaniques des sols peuvent induire des tassements absolus et différentiels supérieurs à ceux ici estimés.

- Dispositions constructives générales

En aucun cas, la largeur des semelles les moins chargées ne sera inférieure à 60 cm pour les semelles isolées et 40 cm pour les semelles filantes, afin d'assurer un bon contact sol / fondation.

- Sujétions d'exécution

On s'assurera que le sol d'assise des fondations est homogène sous l'ensemble de la passe à poissons et pour l'installation pour manœuvre.

Il convient de couler le béton de propreté ou le gros béton dès l'ouverture des fouilles. Le béton des semelles sera ensuite coulé à pleine fouille sur toute la hauteur.

Toute poche de remblai de moindre consistance détectée à l'ouverture des fouilles sera purgée et remplacée par un gros béton coulé pleine fouille

Tout vestige (*souche d'arbre, ancien ouvrage enterré, ...*) sera purgé et remplacé par un gros béton coulé pleine fouille.

Des surprofondeurs de l'horizon d'ancrage ne sont pas à exclure, ce qui nécessitera un gros béton de rattrapage.

Tous les travaux devront être réalisés selon les règles de l'Art.

IV.2. FONDATION DU BARRAGE DE CHANTERAINNE PAR RADIER

Les investigations sur site ont mis en évidence un radier présent sur une épaisseur variant entre 0.30 et 1.50 m. Dans ces conditions et au vue de la géométrie du projet on s'orientera vers une solution de type **radier** reposant le radier existant.

- Principe de fondation – niveaux d'assise

Les fondations de l'ouvrage seront constituées par **un radier porteur rigide**, sollicitant directement **le radier existant**.

Le nouveau radier s'implantera directement dans l'ancien radier. Il sera nécessaire de réaliser préalablement les découpes nécessaires. Le dimensionnement du radier sera directement dépendant des ancrages nécessaires pour les structure du BGE.

- Contrainte limites de calcul (DTU 13-12 mars 1988)

Compte tenu des éléments du projet connus (hypothèses formulées au § I.2), la contrainte moyenne répartie développée par le radier devrait être inférieure à :

$$q_{ELS} = 0.02 \text{ MPa (20 kPa)}$$

Cette contrainte moyenne correspond à un coefficient de sécurité vis-à-vis de la rupture de :

$$F > 3$$

- Tassements

Compte tenu de la configuration du nouveau projet et au vue des charges apportées, les tassements seront quasi-nulles.

- Dispositions constructives

Le radier sera mis en place par découpe du radier existant. Un diagnostic par un BET structure devra déterminer si le radier existant est à même de supporter les nouvelles contraintes liés à l'ouvrage projeté.

- Sujétions d'exécution

Il est vraisemblable que localement des purges ou des reprises du radier existant soient nécessaires.

Les travaux devront être effectués après une mise hors d'eau (batardeau à prévoir).

IV.3. MISE HORS D'EAU

Pour la réalisation des travaux, il sera indispensable de mettre hors d'eau la zone du projet. A cet effet, les moyens à mettre en œuvre dépendront de différentes contraintes :

- Le niveau bas des différents ouvrages,
- Le niveau d'eau dans la rivière et dans le sol en place au moment des travaux.

En fonction des points cités plus haut, il sera possible d'envisager soit des simples barrages en big-bag, soit des batardeaux en palplanches. Dans tous les cas, il conviendra de compléter le dispositif par un système de pompage en fond de fouille.

V- RECOMMANDATIONS POUR LA MISE AU POINT DU PROJET

Le présent rapport constitue le compte rendu et fixe la fin de la mission géotechnique de conception d'avant-projet. Cette mission G2-AVP confiée à GEOTEC a permis de donner les hypothèses géotechniques à prendre en compte en fonction des données fournies et des résultats des investigations et présente certains principes d'adaptation au sol des ouvrages géotechniques.

Les principales incertitudes qui subsistent concernent le contexte géotechnique du site et les caractéristiques du projet :

- surépaisseurs du radier,
- mise hors d'eau,
- descentes de charges du futur barrage,
- les dimensions du nouveau barrage
- l'état de la maçonnerie du barrage existant.

Ces incertitudes peuvent avoir une incidence importante sur le coût final des ouvrages géotechniques : il conviendra d'en tenir compte lors de la mise au point du projet. A cet effet, la mise en œuvre de l'ensemble des missions géotechniques (G2-PRO à G4) devra suivre la présente étude (mission G2-AVP).

Nous restons à l'entière disposition des Responsables du Projet pour tout renseignement complémentaire.

*

* *

CONDITIONS D'UTILISATION DU PRESENT DOCUMENT

1. **GEOTEC** ne peut être en aucun cas tenu à une obligation de résultats car les prestations d'études et de conseil sont réputées incertaines par nature, **GEOTEC** n'est donc tenu qu'à une obligation de moyens.
2. Le présent document et ses annexes constituent un tout indissociable. Les interprétations erronées qui pourront en être faites à partir d'une communication ou reproduction partielle ne saurait engager la Société **GEOTEC**. En particulier, il ne s'applique qu'aux ouvrages décrits et uniquement à ces derniers.
3. Toute modification du projet initial concernant la conception, l'implantation, le niveau ou la taille de l'ouvrage devra être signalée à **GEOTEC**. En effet, ces modifications peuvent être de nature à rendre caducs certains éléments ou la totalité des conclusions de l'étude.
4. Si, en l'absence de plans précis des ouvrages projetés, **GEOTEC** a été amené dans le présent document à faire une ou des hypothèses sur le projet, il appartient au Maître d'Ouvrage ou à son Maître d'Œuvre, de communiquer par écrit ses observations éventuelles à **GEOTEC** sans quoi, il ne pourrait en aucun cas et pour aucune raison être reproché à **GEOTEC** d'avoir établi son étude pour le projet décrit dans le présent document.
5. Les moyens techniques à la disposition de **GEOTEC** pour la présente étude ne permettent d'obtenir qu'une identification ponctuelle des sols, sur les seuls lieux d'implantation des sondages mentionnés ci-avant, lesquels portent sur une profondeur limitée.

En conséquence, des éléments nouveaux mis en évidence lors de reconnaissances complémentaires ou lors de l'exécution des fouilles ou des fondations et n'ayant pu être détectés au cours des opérations de reconnaissance (par exemple : failles, remblais anciens ou récents, caverne de dissolution, hétérogénéité localisée, venue d'eau, pollution, etc.) peuvent rendre caduques les conclusions du présent document en tout ou en partie.

Ces éléments nouveaux ainsi que tout incident important survenant au cours des travaux (éboulements des fouilles, dégâts occasionnés aux constructions existantes, glissement de talus, etc.) doivent être immédiatement signalés à **GEOTEC** pour lui permettre de reconsidérer et d'adapter éventuellement les solutions initialement préconisées et ceci dans le cadre de missions complémentaires.

6. Pour les raisons développées au § 4, et sauf stipulation contraire explicite de la part de **GEOTEC**, l'utilisation de la présente étude pour chiffrer, à forfait ou non, le coût de tout ou partie des ouvrages d'infrastructure ne saurait en aucun cas engager la responsabilité de **GEOTEC**. Une mission G2 d'étude géotechnique de projet minimum est nécessaire pour estimer des quantités, coûts et délais d'ouvrages géotechniques.
7. **GEOTEC** ne pourrait être rendu responsable des modifications apportées à la présente étude sans son consentement écrit.
8. Il est vivement recommandé au Maître d'Ouvrage, au Maître d'Œuvre ou à l'Entreprise de faire procéder, au moment de l'ouverture des fouilles ou de la réalisation des premiers pieux ou puits, à une visite de chantier par un spécialiste. Cette visite est normalement prévue par **GEOTEC** lorsqu'elle est chargée d'une mission G4 de supervision géotechnique d'exécution. Le client est alors prié de prévenir **GEOTEC** en temps utile.

Cette visite a pour objet de vérifier que la nature des sols et la profondeur de l'horizon de fondation sont conformes aux données de l'étude. Elle donne lieu à l'établissement d'un compte-rendu.

9. Les éventuelles altitudes indiquées pour chaque sondage (*qu'il s'agisse de cotes de références rattachées à un repère arbitraire ou de cotes NGF*) ne sont données qu'à titre indicatif. Seules font foi les profondeurs mesurées depuis le sommet des sondages et comptées à partir du niveau du sol au moment de la réalisation des essais. Pour que ces altitudes soient garanties, il convient qu'elles soient relevées par un Géomètre Expert. Il en va de même pour l'implantation des sondages sur le terrain.
10. Hydrogéologie : les relevés des venues d'eau dans les sondages ont un caractère ponctuel et instantané.
11. Le Maître d'Ouvrage devra informer **GEOTEC** de la date de Déclaration Réglementaire d'Ouverture du Chantier (*DROC*) et faire réactualiser le présent document en cas d'ouverture de chantier plus de 2 ans après la date d'établissement du présent document. De même il est tenu d'informer **GEOTEC** du montant global de l'opération et de la date prévisible de réception de l'ouvrage.

Enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique

(Extraits de la norme NF P 94-500 du 30 novembre 2013 – Chapitre 4.2)

Le Maître d'Ouvrage doit associer l'ingénierie géotechnique au même titre que les autres ingénieries à la Maîtrise d'Œuvre et ce, à toutes les étapes successives de conception, puis de réalisation de l'ouvrage. Le Maître d'Ouvrage, ou son mandataire, doit veiller à la synchronisation des missions d'ingénierie géotechnique avec les phases effectives à la Maîtrise d'Œuvre du projet.

L'enchaînement et la définition synthétique des missions d'ingénierie géotechnique sont donnés dans les tableaux 1 et 2. Deux ingénieries géotechniques différentes doivent intervenir : la première pour le compte du Maître d'Ouvrage ou de son mandataire lors des étapes 1 à 3, la seconde pour le compte de l'entreprise lors de l'étape 3.

Enchaînement des missions G1 à G4	Phases de la maîtrise d'œuvre	Mission d'ingénierie géotechnique (GN) et Phase de la mission		Objectifs à atteindre pour les ouvrages géotechniques	Niveau de management des risques géotechniques attendu	Prestations d'investigations géotechniques à réaliser
Étape 1 : Etude géotechnique préalable (G1)		Etude géotechnique préalable (G1) Phase Etude de Site (ES)		Spécificités géotechniques du site	Première identification des risques présentés par le site	Fonction des données existantes et de la complexité géotechnique
	Etude préliminaire, Esquisse, APS	Etudes géotechnique préalable (G1) Phase Principes Généraux de Construction (PGC)		Première adaptation des futurs ouvrages aux spécificités du site	Première identification des risques pour les futurs ouvrages	Fonctions des données existantes et de la complexité géotechnique
Étape 2 : Etude géotechnique de conception (G2)	APD/AVP	Etude géotechnique de conception (G2) Phase Avant-projet (AVP)		Définition et comparaison des solutions envisageables pour le projet	Mesures préventives pour la réduction des risques identifiés, mesures correctives pour les risques résiduels avec détection au plus tôt de leur survenance	Fonction du site et de la complexité du projet (choix constructifs)
	PRO	Etudes géotechniques de conception (G2) Phase Projet (PRO)		Conception et justifications du projet		Fonction du site et de la complexité du projet (choix constructifs)
	DCE/ACT	Etude géotechnique de conception (G2) Phase DCE/ACT		Consultation sur le projet de base/choix de l'entreprise et mise au point du contrat de travaux		
Étape 3 : Etudes géotechniques de réalisation (G3/G4)		A la charge de l'entreprise	A la charge du maître d'ouvrage			
	EXE/VISA	Etude de suivi géotechniques d'exécution (G3) Phase Etude (en interaction avec la phase suivi)	Supervision géotechnique d'exécution (G4) Phase Supervision de l'étude géotechnique d'exécution (en interaction avec la phase supervision du suivi)	Etude d'exécution conforme aux exigences du projet, avec maîtrise de la qualité, du délai et du coût	Identification des risques résiduels, mesures correctives, contrôle du management des risques résiduels (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	Etude et suivi géotechniques d'exécutions (G3) Phase Suivi (en interaction avec la Phase Etude)	Supervision géotechnique d'exécution (G4) Phase Supervision du suivi géotechnique d'exécution (en interaction avec la phase Supervision de l'étude)	Exécution des travaux en toute sécurité et en conformité avec les attentes du maître d'ouvrage		Fonction du contexte géotechnique observé et du comportement de l'ouvrage et des avoisinants en cours de travaux
A toute étape d'un projet ou sur un ouvrage existant	Diagnostic	Diagnostic géotechnique (G5)		Influence d'un élément géotechnique spécifique sur le projet ou sur l'ouvrage existant	Influence de cet élément géotechnique sur les risques géotechniques identifiés	Fonction de l'élément géotechnique étudié

Tableau 2 - Classification des missions d'ingénierie géotechnique

L'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique (étapes 1 à 3) doit suivre les étapes de conception et de réalisation de tout projet pour contribuer à la maîtrise des risques géotechniques. Le maître d'ouvrage ou son mandataire doit faire réaliser successivement chacune de ces missions par une ingénierie géotechnique. Chaque mission s'appuie sur des données géotechniques adaptées issues d'investigations géotechniques appropriées.

ETAPE 1 : ETUDE GEOTECHNIQUE PREALABLE (G1)

Cette mission exclut toute approche des quantités, délais et coûts d'exécution des ouvrages géotechniques qui entre dans le cadre de la mission d'étude géotechnique de conception (étape 2). Elle est à la charge du maître d'ouvrage ou son mandataire. Elle comprend deux phases:

Phase Étude de Site (ES)

Elle est réalisée en amont d'une étude préliminaire, d'esquisse ou d'APS pour une première identification des risques géotechniques d'un site. - Faire une enquête documentaire sur le cadre géotechnique du site et l'existence d'avoisinants avec visite du site et des alentours.

- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Fournir un rapport donnant pour le site étudié un modèle géologique préliminaire, les principales caractéristiques géotechniques et une première identification des risques géotechniques majeurs.

Phase Principes Généraux de Construction (PGC)

Elle est réalisée au stade d'une étude préliminaire, d'esquisse ou d'APS pour réduire les conséquences des risques géotechniques majeurs identifiés. Elle s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées.

- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Fournir un rapport de synthèse des données géotechniques à ce stade d'étude (première approche de la ZIG, horizons porteurs potentiels, ainsi que certains principes généraux de construction envisageables (notamment fondations, terrassements, ouvrages enterrés, améliorations de sols).

ETAPE 2 : ETUDE GEOTECHNIQUE DE CONCEPTION (G2)

Cette mission permet l'élaboration du projet des ouvrages géotechniques et réduit les conséquences des risques géotechniques importants identifiés. Elle est à la charge du maître d'ouvrage ou son mandataire et est réalisée en collaboration avec la maîtrise d'œuvre ou intégrée à cette dernière. Elle comprend trois phases:

Phase Avant-projet (AVP)

Elle est réalisée au stade de l'avant-projet de la maîtrise d'œuvre et s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées.

- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Fournir un rapport donnant les hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade de l'avant-projet, les principes de construction envisageables (terrassements, soutènements, pentes et talus, fondations, assises des dallages et voiries, améliorations de sols, dispositions générales vis-à-vis des nappes et des avoisinants), une ébauche dimensionnelle par type d'ouvrage géotechnique et la pertinence d'application de la méthode observationnelle pour une meilleure maîtrise des risques géotechniques.

Phase Projet (PRO)

Elle est réalisée au stade du projet de la maîtrise d'œuvre et s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées suffisamment représentatives pour le site. - Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.

- Fournir un dossier de synthèse des hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade du projet (valeurs caractéristiques des paramètres géotechniques en particulier), des notes techniques donnant les choix constructifs des ouvrages géotechniques (terrassements, soutènements, pentes et talus, fondations, assises des dallages et voiries, améliorations de sols, dispositions vis-à-vis des nappes et des avoisinants), des notes de calcul de dimensionnement, un avis sur les valeurs seuils et une approche des quantités.

Phase DCE / ACT

Elle est réalisée pour finaliser le Dossier de Consultation des Entreprises et assister le maître d'ouvrage pour l'établissement des Contrats de Travaux avec le ou les entrepreneurs retenus pour les ouvrages géotechniques.

- Établir ou participer à la rédaction des documents techniques nécessaires et suffisants à la consultation des entreprises pour leurs études de réalisation des ouvrages géotechniques (dossier de la phase Projet avec plans, notes techniques, cahier des charges particulières, cadre de bordereau des prix et d'estimatif, planning prévisionnel).
- Assister éventuellement le maître d'ouvrage pour la sélection des entreprises, analyser les offres techniques, participé à la finalisation des pièces techniques des contrats de travaux.

ETAPE 3 : ETUDES GEOTECHNIQUES DE REALISATION (G3 et G 4, distinctes et simultanées) ETUDE ET SUIVI GEOTECHNIQUES D'EXECUTION (G3)

Cette mission permet de réduire les risques géotechniques résiduels par la mise en œuvre à temps de mesures correctives d'adaptation ou d'optimisation. Elle est confiée à l'entrepreneur sauf disposition contractuelle contraire, sur la base de la phase G2 DCE/ACT. Elle comprend deux phases interactives:

Phase Étude

- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Étudier dans le détail les ouvrages géotechniques: notamment établissement d'une note d'hypothèses géotechniques sur la base des données fournies par le contrat de travaux ainsi que des résultats des éventuelles investigations complémentaires, définition et dimensionnement (calculs justificatifs) des ouvrages géotechniques, méthodes et conditions d'exécution (phasages généraux, suivis, auscultations et contrôles à prévoir, valeurs seuils, dispositions constructives complémentaires éventuelles).
- Élaborer le dossier géotechnique d'exécution des ouvrages géotechniques provisoires et définitifs: plans d'exécution, de phasage et de suivi.

Phase Suivi

- Suivre en continu les auscultations et l'exécution des ouvrages géotechniques, appliquer si nécessaire des dispositions constructives prédéfinies en phase Étude.
- Vérifier les données géotechniques par relevés lors des travaux et par un programme d'investigations géotechniques complémentaire si nécessaire (le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats).
- Établir la prestation géotechnique du dossier des ouvrages exécutés (DOE) et fournir les documents nécessaires à l'établissement du dossier d'interventions ultérieures sur l'ouvrage (DIUO)

SUPERVISION GEOTECHNIQUE D'EXECUTION (G4)

Cette mission permet de vérifier la conformité des hypothèses géotechniques prises en compte dans la mission d'étude et suivi géotechniques d'exécution. Elle est à la charge du maître d'ouvrage ou son mandataire et est réalisée en collaboration avec la maîtrise d'œuvre ou intégrée à cette dernière. Elle comprend deux phases interactives:

Phase Supervision de l'étude d'exécution

- Donner un avis sur la pertinence des hypothèses géotechniques de l'étude géotechnique d'exécution, des dimensionnements et méthodes d'exécution, des adaptations ou optimisations des ouvrages géotechniques proposées par l'entrepreneur, du plan de contrôle, du programme d'auscultation et des valeurs seuils.

Phase Supervision du suivi d'exécution

- Par interventions ponctuelles sur le chantier, donner un avis sur la pertinence du contexte géotechnique tel qu'observé par l'entrepreneur (G3), du comportement tel qu'observé par l'entrepreneur de l'ouvrage et des avoisinants concernés (G3), de l'adaptation ou de l'optimisation de l'ouvrage géotechnique proposée par l'entrepreneur (G3).
- Donner un avis sur la prestation géotechnique du DOE et sur les documents fournis pour le DIUO.

DIAGNOSTIC GEOTECHNIQUE (G5)

Pendant le déroulement d'un projet ou au cours de la vie d'un ouvrage, il peut être nécessaire de procéder, de façon strictement limitative, à l'étude d'un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques, dans le cadre d'une mission ponctuelle. Ce diagnostic géotechnique précise l'influence de cet ou ces éléments géotechniques sur les risques géotechniques identifiés ainsi que leurs conséquences possibles pour le projet ou l'ouvrage existant.

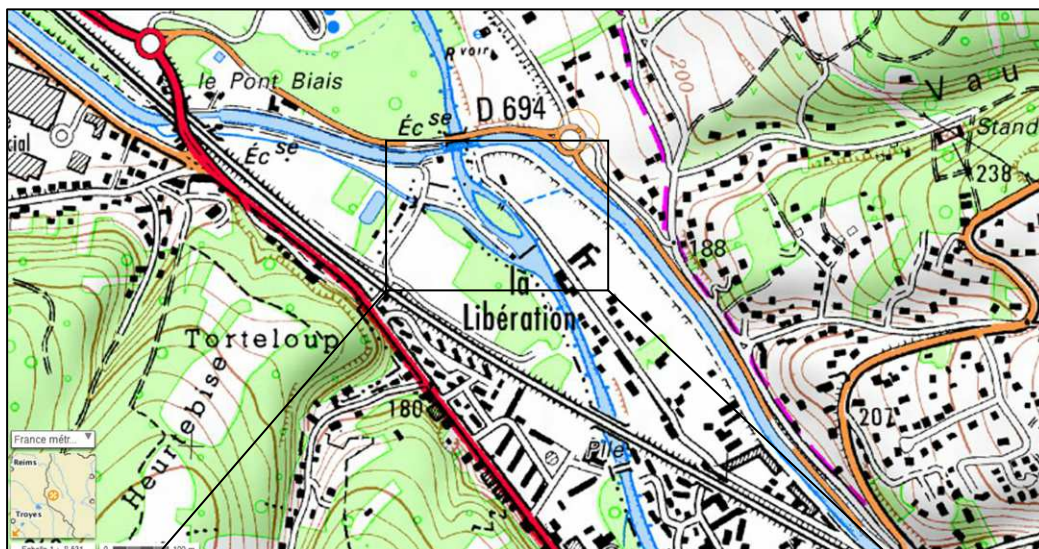
- Définir, après enquête documentaire, un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Étudier un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques (par exemple soutènement, causes géotechniques d'un désordre) dans le cadre de ce diagnostic, mais sans aucune implication dans la globalité du projet ou dans l'étude de l'état général de l'ouvrage existant.
- Si ce diagnostic conduit à modifier une partie du projet ou à réaliser des travaux sur l'ouvrage existant, des études géotechniques de conception et/ou d'exécution ainsi qu'un suivi et une supervision géotechniques seront réalisés ultérieurement, conformément à l'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique (étape 2 et/ou 3).

ANNEXES

Annexe 1 : Plan de situation
Annexe 2 : Plan d'implantation
Annexe 3 : Sondages
Annexes4 : Carottes

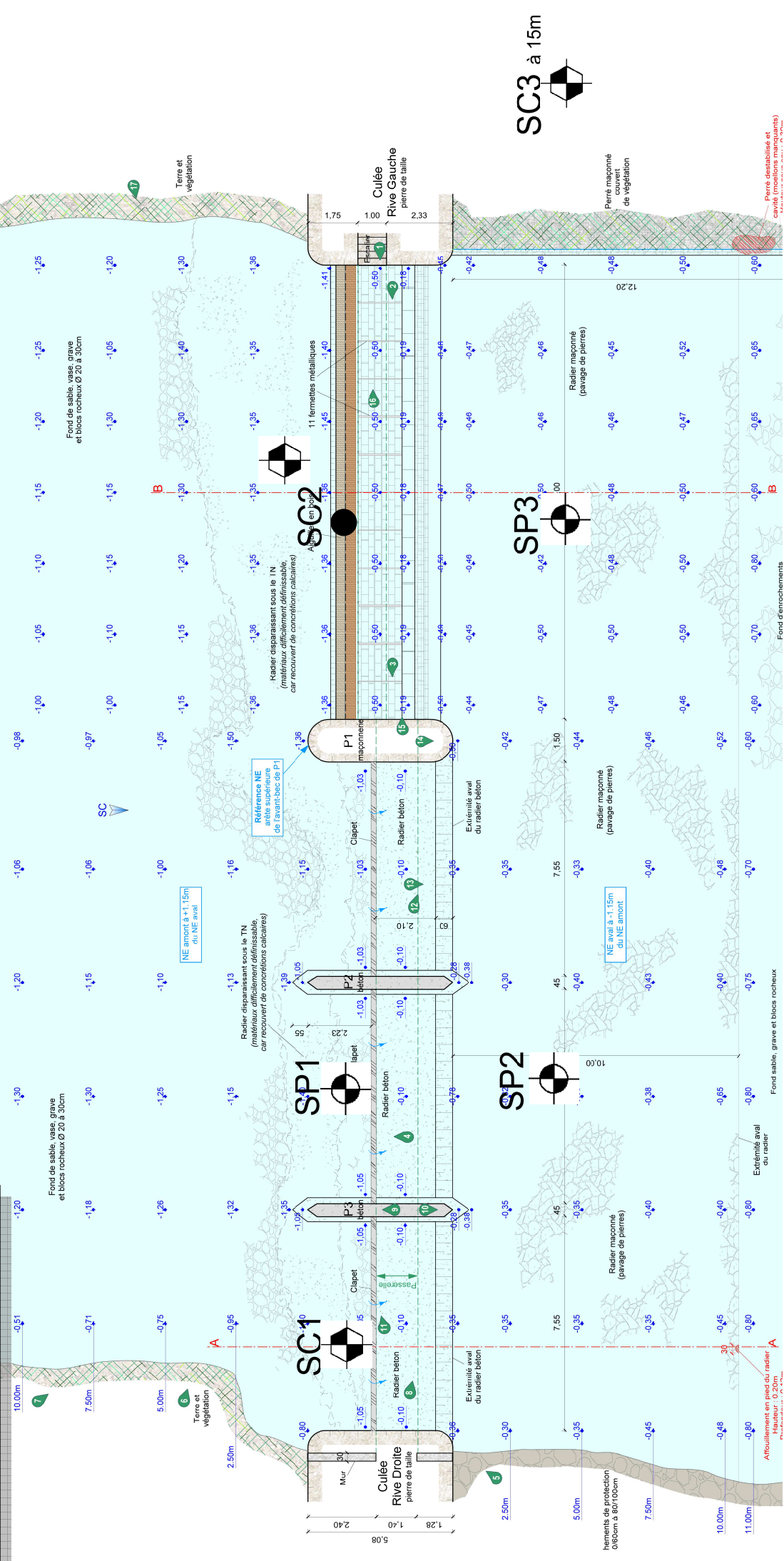
Annexe 1 :

Plan de situation




Annexe 2 : Plan d'implantation

GEOTEC – 15/05505/NANCY
CHANTERAINÉ
Barrages de l'Ornain
Plan d'implantation des sondages



Echelle : $\approx 2.50\text{m}$

 **SP** : sondage géologique et essai
pressiométrique

Annexe 3 : Sondages

[illegible]

[illegible]

[illegible]

Cote	Prof.	Nature du terrain	Eau	Outil	Prof	Module pressiométrique EM (MPa)	Pression de fluage pf* (MPa)	Pression limite pl* (MPa)	EM/pl*
175.80	0.00					0.1 1 10 100 1000	0.1 1 10	0.1 1 10	
174.60	1.20	maçonnerie calcaire		RTP Ø115	0				
				RTP Ø64	1	7.92	0.98	> 1.54	< 5
					2	56.8	3.31	> 4.76	< 12
					3	114	> 4.92	> 4.92	< 23
					4	87.6	> 4.89	> 4.89	< 18
					5	103	> 4.88	> 4.88	< 21
					6	172	> 4.90	> 4.90	< 35
					7	138	> 4.85	> 4.85	< 29
					8	107	> 4.80	> 4.80	< 22
					9	109	> 4.82	> 4.82	< 23
165.80	10.00				10				
					11				
					12				
					13				
					14				
					15				
					16				
					17				
					18				
					19				
					20				

Forage sous l'eau

Cote	Prof.	Nature du terrain	Eau	Outil	Prof	Module pressiométrique EM (MPa)	Pression de fluage pf* (MPa)	Pression limite pl* (MPa)	EM/pl*
175.55	0.00					0.1 1 10 100 1000	0.1 1 10	0.1 1 10	
175.25	0.30	maçonnerie calcaire		RTP Ø115	0				
				RTP Ø60	1	30.9	2.17	> 3.33	< 9
					2	91.7	> 4.78	> 4.78	< 19
					3	47.4	2.54	4.16	11
					4	68.8	2.80	5.36	13
					5	156	> 4.79	> 4.79	< 33
					6	1521	> 4.82	> 4.82	< 316
					7	405	> 4.87	> 4.87	< 83
					8	> 500	> 4.87	> 4.87	< 103
					9	> 500	> 4.86	> 4.86	< 103
165.55	10.00				10				
					11				
					12				
					13				
					14				
					15				
					16				
					17				
					18				
					19				
					20				

Forage sous l'eau

Cote	Prof.	Nature du terrain	Eau	Outil	Prof	Module pressiométrique EM (MPa)	Pression de fluage pf* (MPa)	Pression limite pl* (MPa)	EM/pl*
175.55	0.00					0.1 1 10 100 1000	0.1 1 10	0.1 1 10	
175.25	0.30	maçonnerie calcaire		RTP Ø115	0				
				RTP Ø60	1	29.3	2.06	4.19	7
					2	187	> 4.88	> 4.88	< 38
					3	72.9	2.63	4.70	16
					4	55.3	3.30	6.64	8
					5	426	> 4.84	> 4.84	< 88
					6	473	4.09	> 4.71	< 101
					7	238	3.35	> 4.11	< 58
					8	206	> 4.83	> 4.83	< 43
					9	242	> 4.83	> 4.83	< 50
165.55	10.00				10				
					11				
					12				
					13				
					14				
					15				
					16				
					17				
					18				
					19				
					20				

Forage sous l'eau

Annexe 4 : Photos des sondages carottés

SC 1



De 0.0 à 3.0m

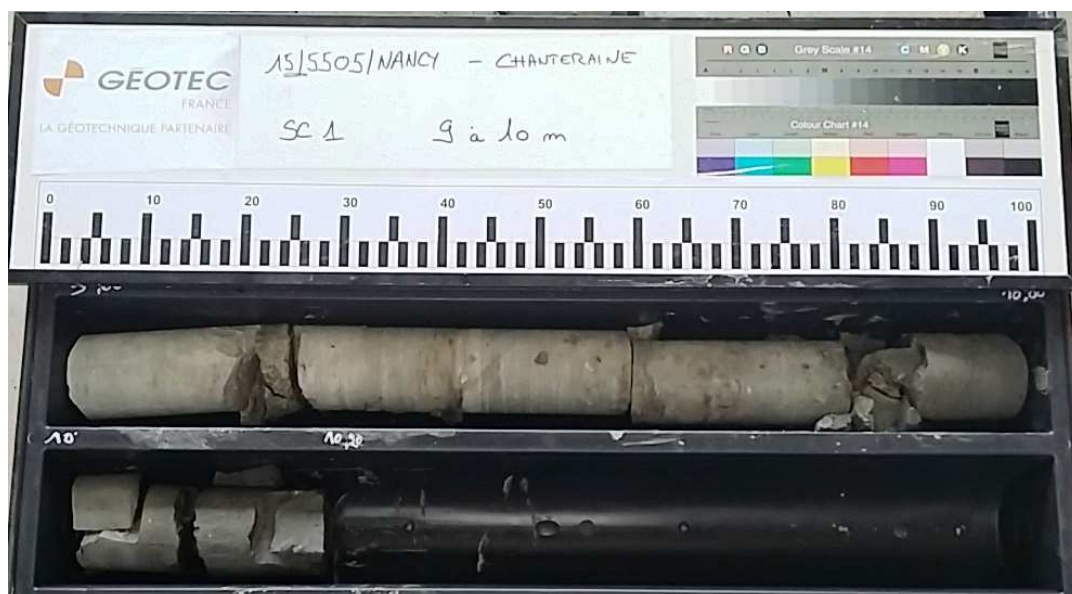


De 3.0 à 6.0m

SC 1



De 6.0 à 9.0m



De 9.0 à 10.0m

SC 2



De 0.0 à 3.0m

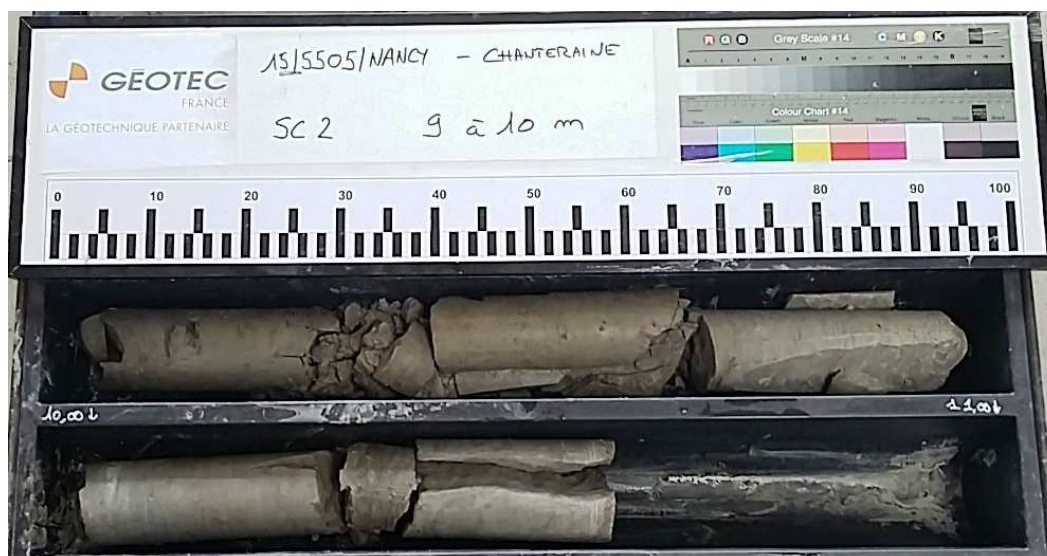


De 3.0 à 6.0m

SC 2

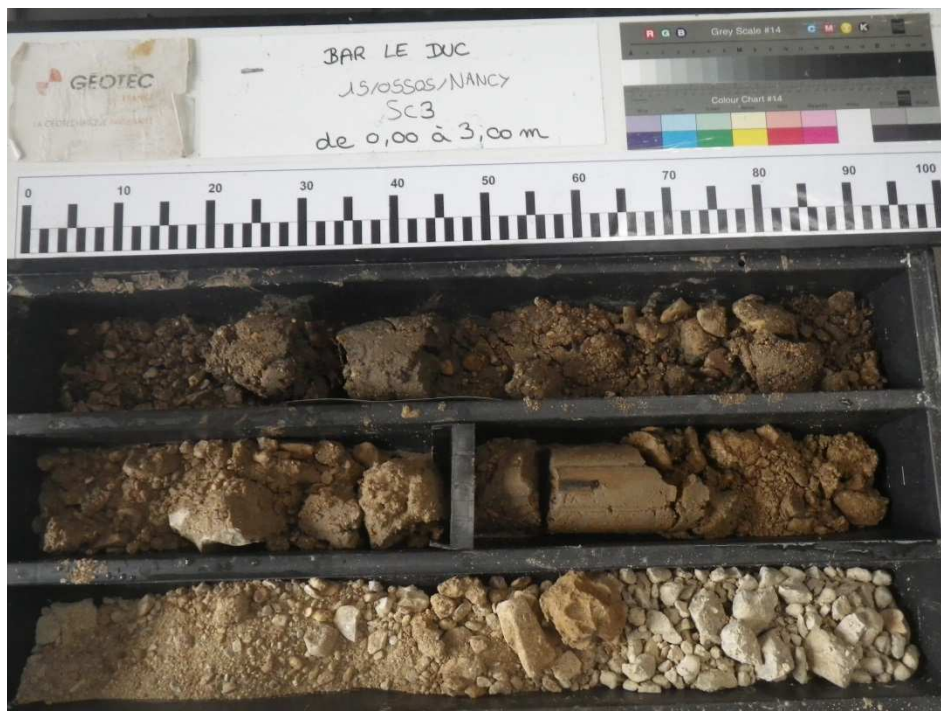


De 6.0 à 9.0m



De 9.0 à 10.0m

SC 3



De 0.0 à 3.0m



De 3.0 à 6.0m

SC 3



De 6.0 à 9.0m