



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

55 130 HOUDELAINCOURT

HOUDELAINCOURT

Barrages de l'Ornain



31 août 2016

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

55000 HOUDELAINCOURT

HOUDELAINCOURT

Barrages de l'Ornain

16/05505/NANCY		HOUDELAINCOURT		BAT	MISSION : G2-AVP		
INDICE	DATE	Nb de Pages		ETABLI PAR	VERIFIE PAR	MODIFICATIONS OBSERVATIONS	APPROUVE PAR
		Texte	Annexes				
0	31/08/2016	19	17	D.PETITJEAN 	V.VANLERBERGHE	1 ^{ère} émission	D.PETITJEAN
A	26/09/2016	19	23	D.PETITJEAN 	V.VANLERBERGHE	Analyses en laboratoire	D.PETITJEAN

SOMMAIRE

I - CADRE DE L'INTERVENTION	4 et 5
I.1. INTERVENANTS.....	4
I.2. PROJET, DOCUMENTS REÇUS ET HYPOTHESES	4
I.3. MISSIONS	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
III.1. NATURE ET CARACTERISTIQUES DES SOLS	10
III.2. RISQUES NATURELS ET ANTHROPIQUES	11
IV - ETUDE DES OUVRAGES GEOTECHNIQUES	12
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 DU BARRAGE DE HOUDELAINCOURT PAR RADIER	14
- Principe de fondation – niveaux d'assise	14
- Contrainte limites de calcul (DTU 13-12 mars 1988).....	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 42
Annexe 1 : Plan de situation	21
Annexe 2 : Plan d'implantation	22 et 23
Annexe 3 : Sondages.....	24 à 28
Annexe 4 : Photos des sondages carottés.....	29 à 36
Annexe 5 : Laboratoire	37 à 42

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 HOUDELAINCOURT (55).

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

- le Maître d'œuvre : groupement d'études Ingerop conseil et ingénierie et GEOS Ingénierie Conseil

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	1677-121	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 sur la commune de HOUDELAINCOURT. Une passe à poisson sera mise en place sur la partie Sud-Ouest du barrage. De plus, entre la passe à poisson et le barrage gonflable à l'eau une installation pour manœuvre BGE sera mise en place.

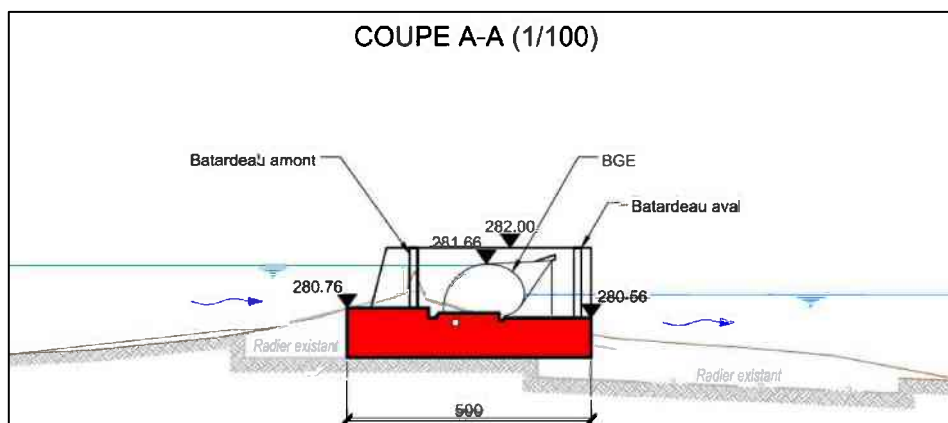


Image 1 Coupe du projet

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 HOUDELAINCOURT (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'Ornain sur la commune de HOUDELAINCOURT (55). Il est actuellement occupé par la rivière et le barrage.

A l'est du barrage, la D966 est présente et longe l'Ornain. Le barrage est visible depuis la route. A l'Ouest du barrage on retrouve des prairies.

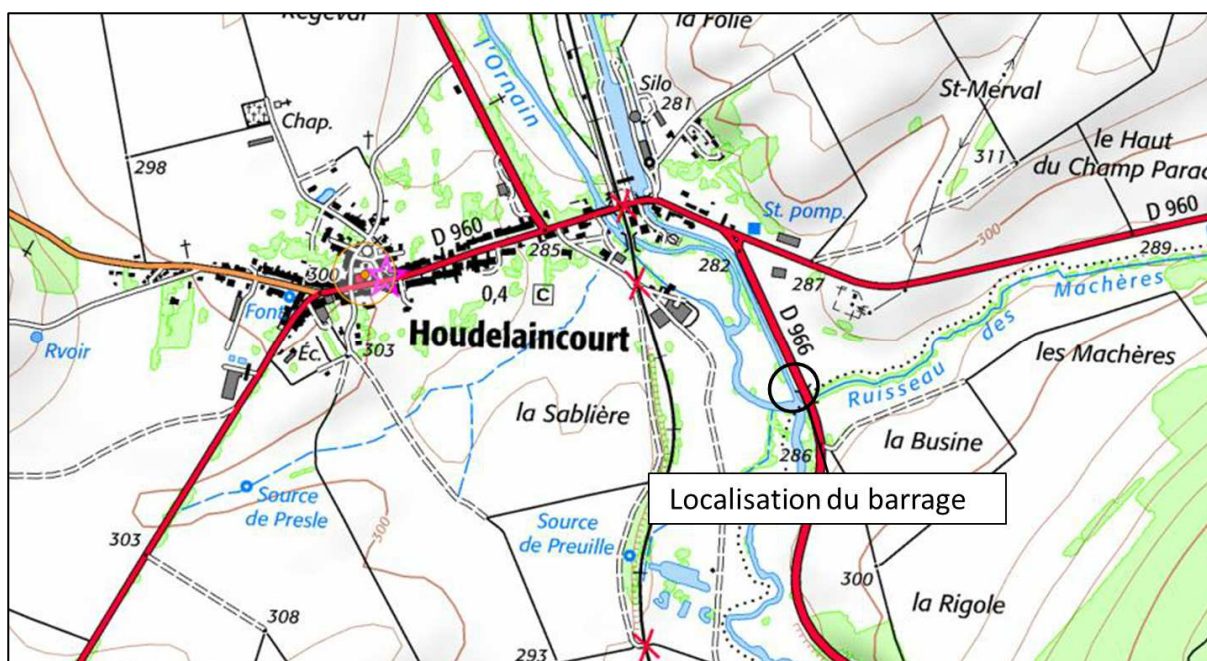


Image 2 Localisation du barrage de HOUDELAINCOURT sur un fond de carte IGN (Géoportail)



Image 3 : Vue globale du barrage de Houdelaincourt : Photo prise sur site le

Le barrage de Houdelaincourt est composé d'un radier général en moellons surmonté d'un ouvrage en béton. Le barrage est déstabilisé sur environ 7 m à l'Est. De plus, sur chaque rive, des arbres ont entraîné un effondrement de la maçonnerie et de la berge.

Le système de fondation du barrage est composé d'un radier en moellon et d'un radier maçonné. Cependant, il manque certains moellons, ce qui provoque des cavités dans le radier et une partie de la maçonnerie a été érodé.

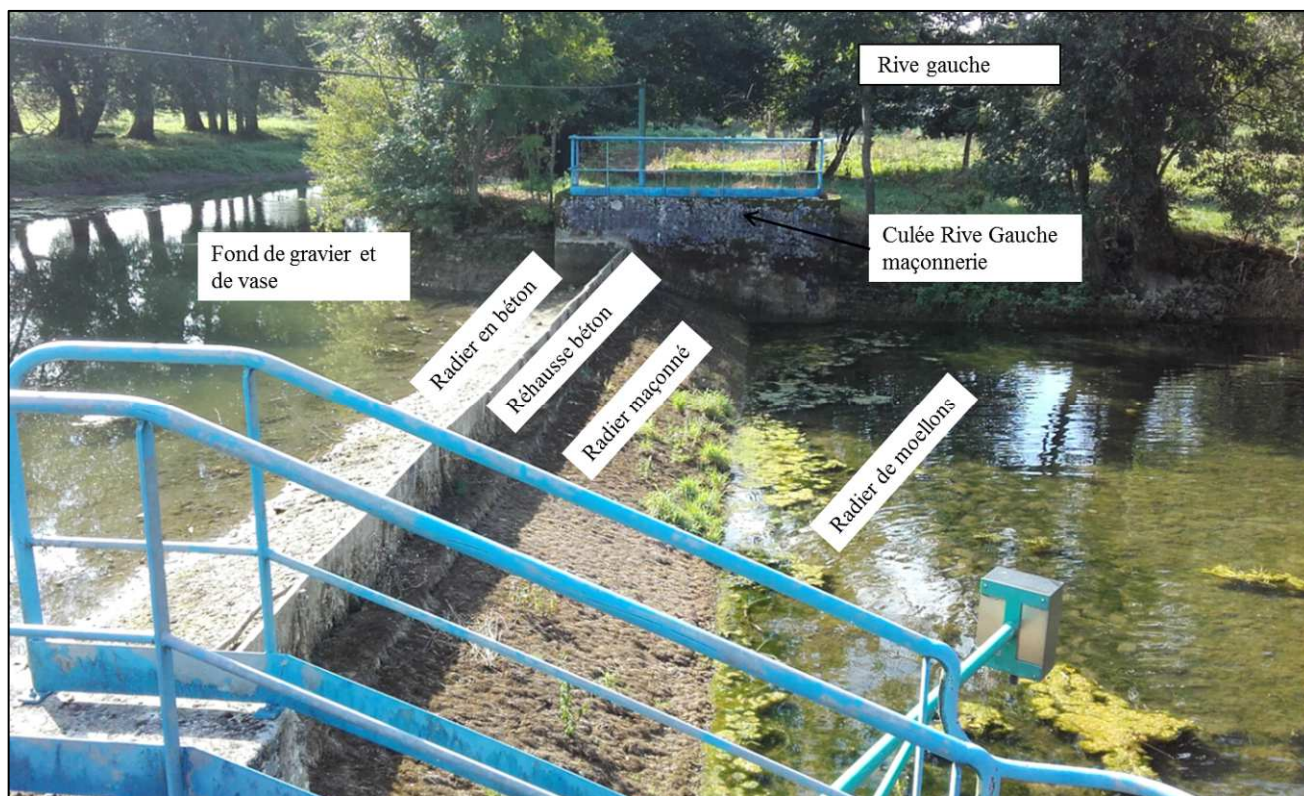


Image 4 : Photo prise sur site du barrage de Houdelaincourt

II.2. CONTENU DE LA RECONNAISSANCE

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

- **2 sondages géologiques profonds** (*SP1 et SP2*) réalisés en roto-percussion diamètre 64 mm en amont et en aval du barrage. Ces sondages ont été arrêté à une profondeur 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.

- **2 sondages carottés** (*SC1 et SC2*) réalisés pour SC1 sur la rive droite du barrage, et en aval des palplanches en bois pour SC2. Des échantillons intacts y ont été prélevés pour analyse au laboratoire. Ils ont respectivement atteint des profondeurs de 10.70 m / TA et de 15.00 m / TA. Les carottes prélevées sont stockées en caisse de 3 x 1 mètre.

- **Des analyses en laboratoire** ont été réalisées sur des échantillons prélevés en sondage. Les résultats de ces analyses sont reportés en annexe du présent rapport.

L'ensemble des résultats des investigations est reportés en annexes ;

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.

Les sondages ont été nivelés à partir des éléments figurant sur le plan topographique fourni.

Les profondeurs sont comptées par rapport au terrain actuel.

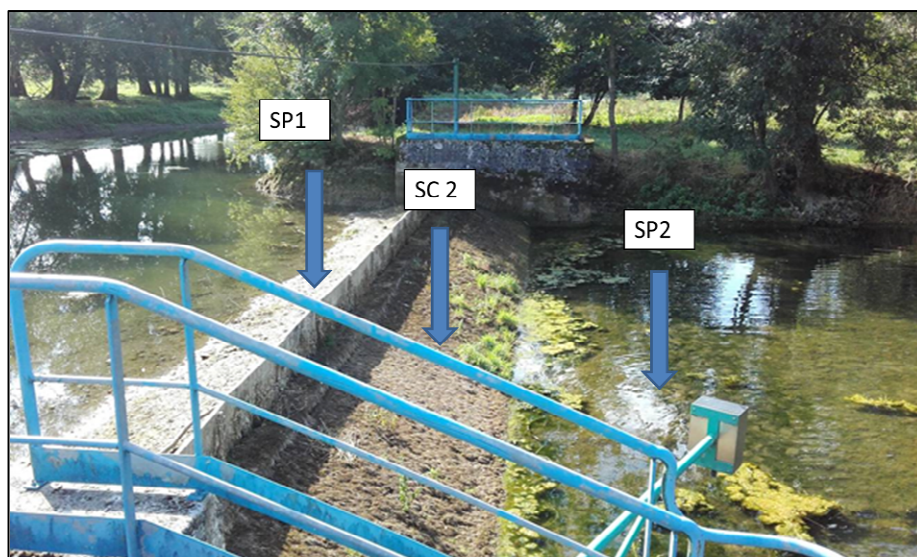


Image 5 : Implantation des sondages SP1, SP2, SC2

III - CADRE GEOLOGIQUE - RESULTATS DE LA RECONNAISSANCE

D'après la carte géologique du secteur 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 Kimméridgien Inférieur.

III.1. NATURE ET CARACTERISTIQUES DES SOLS

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

- **un radier en maçonnerie en béton** a été mis en évidence au droit du sondage SC2 sur une épaisseur d'environ 70 cm. A noter qu'au niveau des sondages pressiométriques SP1 et SP2 réalisés en amont et en aval du seuil, il n'a pas été possible de faire la distinction entre la maçonnerie en moellons de surface et les sables et graviers sous-jacent.
- **des remblais composés d'argile sablo-graveleuse marron à débris de végétaux et d'incinération** identifiés dans le sondage SC1 jusqu'à 0.50 m/TA. Cet horizon est à mettre en relation avec la nature construite du site d'étude.
- **une argile sableuse grise à nombreux débris de coquillages et passages graveleux** identifiés au droit du sondage SC1 jusqu'à 2.70 m / TA de profondeur soit sur une épaisseur de 2.20 m. Cet horizon correspond à la couverture d'altération des anciennes terrasses alluviales de l'Ornain.
- **du sable calcaire à graviers et blocs calcaire beige** identifiés au droit de tous les sondages jusqu'à une profondeur variant entre 2.60 et 3.70 m / TA soit sur une épaisseur variant entre 1.00 et 3.70 m /TA. Cet horizon correspond aussi à la couverture d'altération des anciennes terrasses alluviales de l'Ornain.

Ses caractéristiques mécaniques sont bonnes en tête de sondage à élevées en profondeur :

$$6.25 \leq E_M \leq 55.8 \text{ MPa}$$

$$0.91 \leq p_l^* \leq 2.92 \text{ MPa}$$

Les analyses en laboratoire réalisées sur les échantillons représentatifs de ce faciès ont mis en évidence des terrains classés D2 selon le GTR.

- **une marne calcaire grise** rencontrée au droit de tous les sondages jusqu'à 10.00 m / TA ou 15.00 m / TA, base d'arrêt des sondages. Cet horizon correspond au substratum marno- calcaire local.

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

$$45.0 \leq E_M \leq 147 \text{ MPa}$$

$$42.23 \leq p_l^* \leq 4.84 \text{ MPa}$$

Les analyses en laboratoire réalisées sur les échantillons représentatifs de ce faciès ont mis en évidence des terrains classés A2 selon le GTR.

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 et l'installation pour manœuvre BGE, située dans la partie Ouest du projet. La seconde partie concerne l'étude de la fondation du barrage à proprement parlé.

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 superficielles, filantes et/ou isolées**, descendues dans les sables calcaire, moyennant un encastrement de 40 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 :

$$q_{ELU} \leq 0.3 \text{ MPa}$$

$$q_{ELS} \leq 0.2 \text{ MPa}$$

- 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 de 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 HOUDELAINCOURT PAR RADIER

Le barrage existant possède une fondation de type radier. 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 ;

- 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 :

$$F \gg 3$$

- Tassements

Compte tenu de la configuration du nouveau projet, 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,
- la mise hors d'eau,
- descentes de charges du futur barrage,
- les dimensions du nouveau barrage

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
- Annexe 4 : Carottes
- Annexe 5 : Laboratoire

Annexe 2 : Plan d'implantation

Plan d'implantation des sondages





SP : sondage géologique et essai
pressiométrique

SC : sondage carotté

Annexe 3 : Sondages

[illegible]


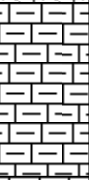
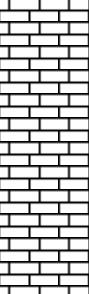
[illegible]

Cote	Prof.	Nature du terrain	Eau	Outil	Prof	Module pressiométrique EM (MPa)	Pression de fluage pf* (MPa)	Pression limite pl* (MPa)	EM/pl*
280.80	0.00					0.1 1 10 100 1000	0.1 1 10	0.1 1 10	
				RTP Ø115 + TUB Ø90	0				
					1	7.30	0.53	1.04	7
					2	32.2	1.64	2.87	11
278.20	2.60				3	49.4	> 2.84	> 2.84	< 17
				RTP Ø64	4	48.9	2.65	5.19	9
					5	125	> 4.83	> 4.83	< 26
					6	59.8	> 4.84	> 4.84	< 12
					7	81.3	4.09	> 4.82	< 17
					8	74.4	> 4.83	> 4.83	< 15
					9	69.8	> 4.84	> 4.84	< 14
270.80	10.00				10				
					11				
					12				
					13				
					14				
					15				
					16				
					17				
					18				
					19				
					20				

Forage sous l'eau

EXGTE 2.30

Observations :

Cote	Prof.	Nature du terrain	Eau	Outil	Prof	Module pressiométrique EM (MPa)	Pression de fluage pf* (MPa)	Pression limite pl* (MPa)	EM/pl*
280.10	0.00					0.1 1 10 100 1000	0.1 1 10	0.1 1 10	
				RTP Ø115 + TUB Ø90	0				
		sable et graviers gris et blocs argileux en fond			1	6.25	0.55	0.91	7
					2	17.7	1.01	1.84	10
					3	Essai non-valide			19
276.40	3.70			RTP Ø64	4	6.84	0.17	0.67	10
		marnocalcaire gris			5	89.7	> 3.79	> 3.79	< 24
274.10	6.00				6	45.0	> 2.23	> 2.23	< 20
		calcaire gris			7	89.5	> 4.77	> 4.77	< 19
					8	136	> 4.80	> 4.80	< 28
270.10	10.00				9	147	> 4.84	> 4.84	< 30
					10				
					11				
					12				
					13				
					14				
					15				
					16				
					17				
					18				
					19				
					20				

Observations :

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 12.0m

SC 1

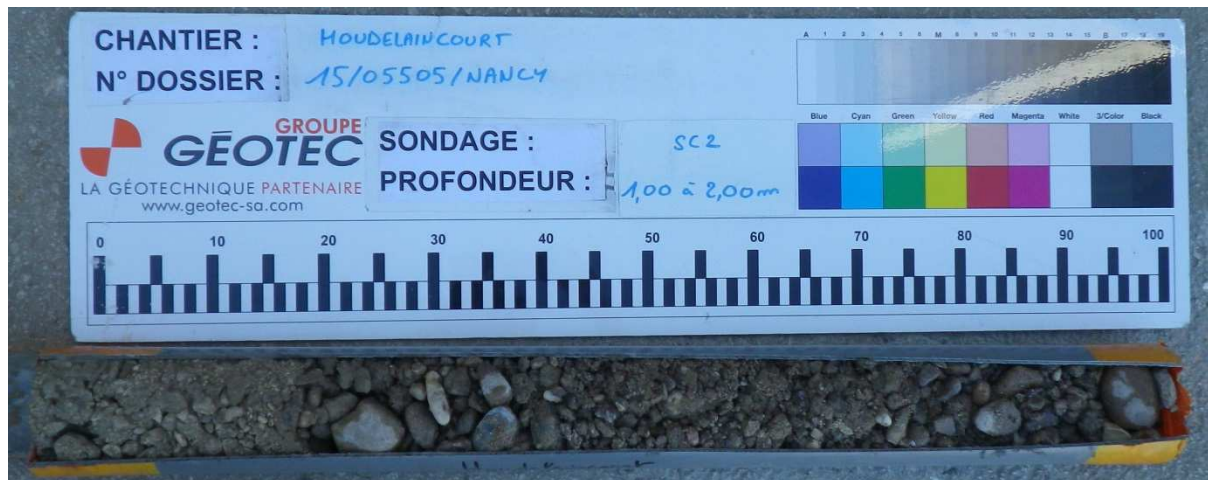


De 12.0 à 15.0m

SC 2

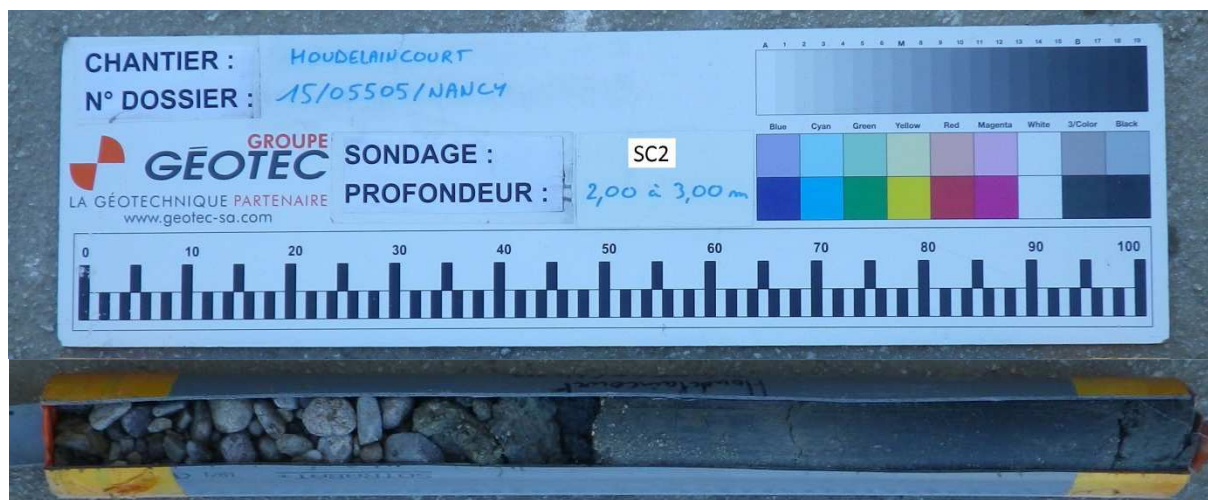


De 0.00 à 4.70 m

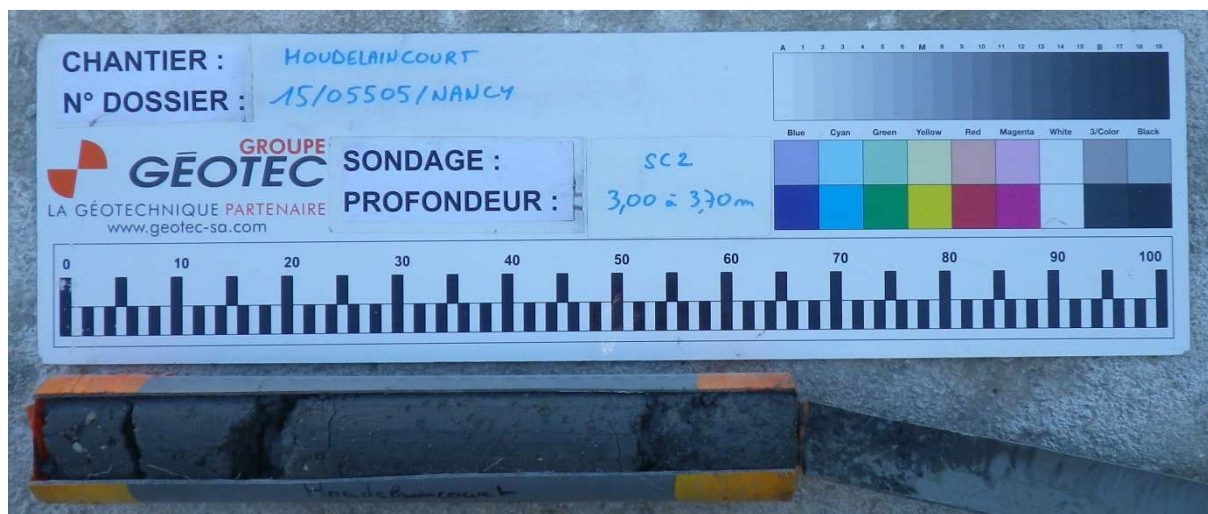


De 1.00 à 2.00 m

SC 2



De 2.00 à 3.00 m



De 3.00 à 3.70 m

SC 2



De 4.70 à 7.70



De 7.70 à 10.70

Annexe 5 : Laboratoire

Tableau Récapitulatif des Résultats d'Essais Laboratoire

AFFAIRE N°: 15/05505/NANCY

Nom : HOUDELAINCOURT

Date : 14-sept

SONDAGE N°	SC2	SC2	SC2	SC2		
Profondeur (m)	1.00 à 2.00 m	2.00 à 2.50 m	2.50 à 3.00 m	3.00 à 3.70 m		
Description du sol	Sable à galets	Cailloux, graviers et cailloutis	Argile marneuse grise à graviers	Argile marneuse grise à graviers		

ESSAIS D'IDENTIFICATION ET DE CLASSIFICATION DES SOLS

Teneur en eau naturelle (0 / D)	W _{nat} (%)	8.0	1.8	15.0	15.1		
Masse volumique sèche	ρ _d (Mg/m ³)						
Indice des vides	e						
Degré de saturation	S _r (%)						

Granulométrie par tamisage - Sédimentométrie

D max	(mm)	48.0	45.0	13.0	19.0		
< 50 mm	(%)	100.0	100.0	100.0	100.0		
< 2 mm	(%)	20.5	2.8	88.6	92.1		
< 80 μm	(%)	3.2	0.1	80.3	87.8		
< 2 μm	(%)						

Valeur au bleu de méthylène

V.B.S	(g/100g)	0.06	0.02	2.58			
-------	----------	------	------	------	--	--	--

Limites d'Atterberg

Limite de liquidité	W _L (%)				40.8		
Limite de plasticité	W _p (%)				21.7		
Indice de plasticité	I _p				19.1		
Indice de consistance	I _c				1.23		

Essai de dessiccation

Limite de retrait effectif	W _{Re} (%)						
Facteur de retrait effectif	R _i						

Analyses chimiques

Teneur en matière organique	MO (%)						
Teneur en carbonates	CaCO ₃ (%)						

CLASSIFICATION (G.T.R 92 et NF P 11-300)	D ₂	D ₂	A ₂	A _{2s}			
--	----------------	----------------	----------------	-----------------	--	--	--

ESSAIS DE COMPACTAGE ET DE PORTANCE

WOPN	(%)						
ρ _d OPN	(Mg/m ³)						
IPI (Wnat)							
I CBR (W nat)							

ESSAIS DE PERMEABILITE - SOLS FINS

Coefficient de perméabilité	k (m/s)						
-----------------------------	---------	--	--	--	--	--	--

ESSAIS DE COMPORTEMENT ET DE MECANIQUE DES SOLS

Essais Triaxiaux

Type	UU	Cohésion	C _{uu} (kPa)					
		Angle de frottement	φ _{uu} (°)					
Type	CU-u	Cohésion	C' (kPa)					
		Angle de frottement	φ' (°)					

Cisaillement rectiligne direct à la boîte

Type	UU	Cohésion	C _{uu} kPa					
		Angle de frottement	φ _{uu} °					
Type	CD	Cohésion	C' kPa					
		Angle de frottement	φ' °					

Compressibilité et Gonflement à l'Oedomètre

Gonflement	nt	Pression de gonflement	σ _g (kPa)					
		Rapport de gonflement	R _g					
Compress.	Oedo CT	Contrainte de préconsolidation	σ' _p (kPa)					
		Indice de compression	C _c					
		Indice de gonflement	C _s					

ESSAIS SUR LES ROCHES ET GRANULATS

Essai Los Angeles	LA						
Essai Micro-Deval	MDE						
Coefficient de dégradabilité	DG						
Coefficient de fragmentabilité	FR						

Technicien : L.BEAUD

OULAB-02-v1

Vérificateur : D. GREMION CHAMPROY

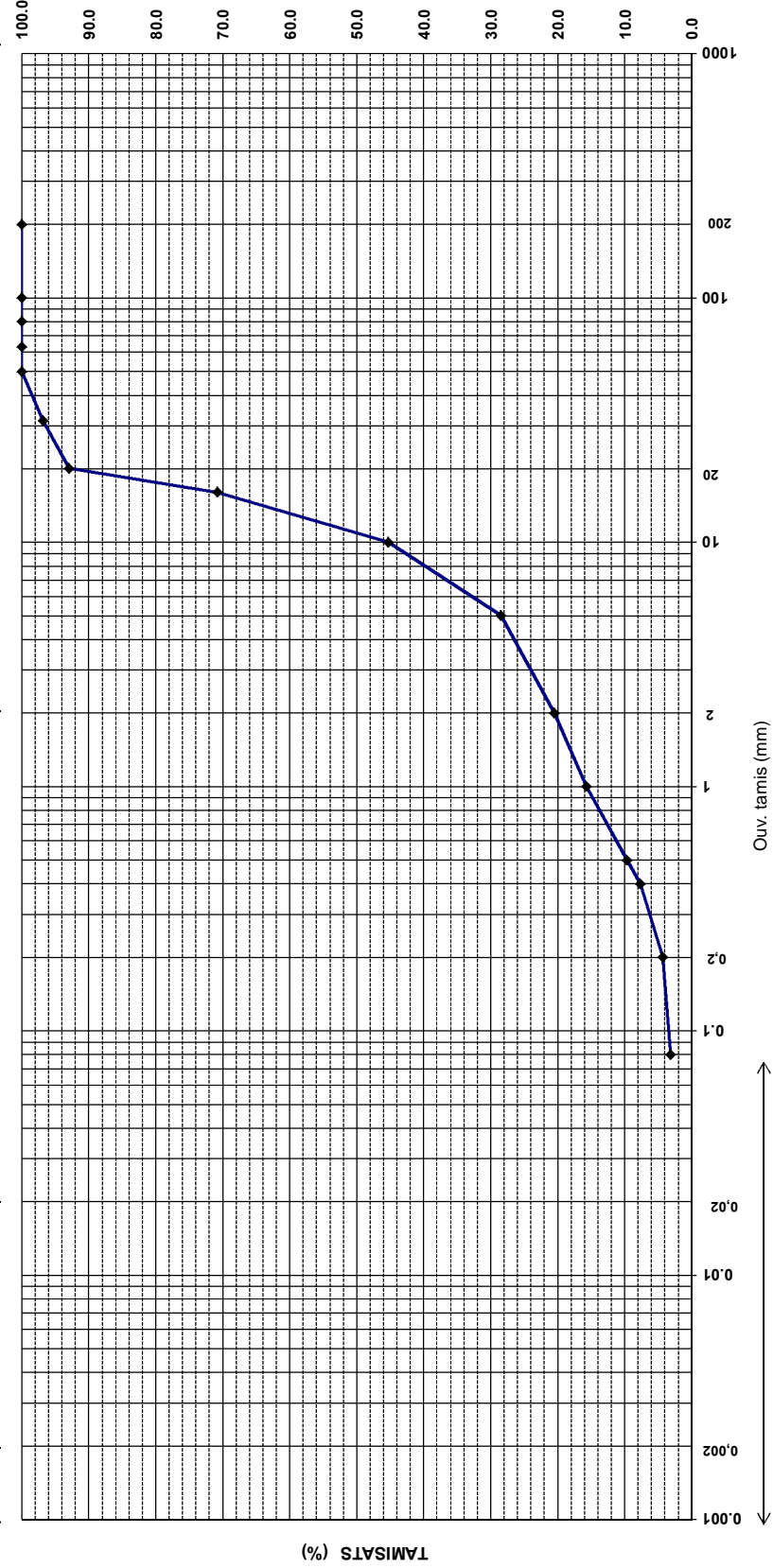


ANALYSE GRANULOMETRIQUE (NF P 94-056) - Valeur au bleu de méthylène du sol (NF P 94-068)

Affaire : **HOUELAINCOURT** N° : 15/05505/NANCY Date réalisation : 13-sept-16

Rédacteur: LB

Légende	Sondage	Profondeur	Nature du terrain	Passant à 50mm:	Passant à 2mm:	Passant à 80µ:	VBS
	SC2	1.00 à 2.00 m	Sable à galets	100.0	20.5	3.2	0.06
				W% sur 0/D 8.0			
ARGILES	LIMONS	SABLE FIN	GROS SABLE	D Max (mm) = 48			
				CAILLOUX			



Observations :

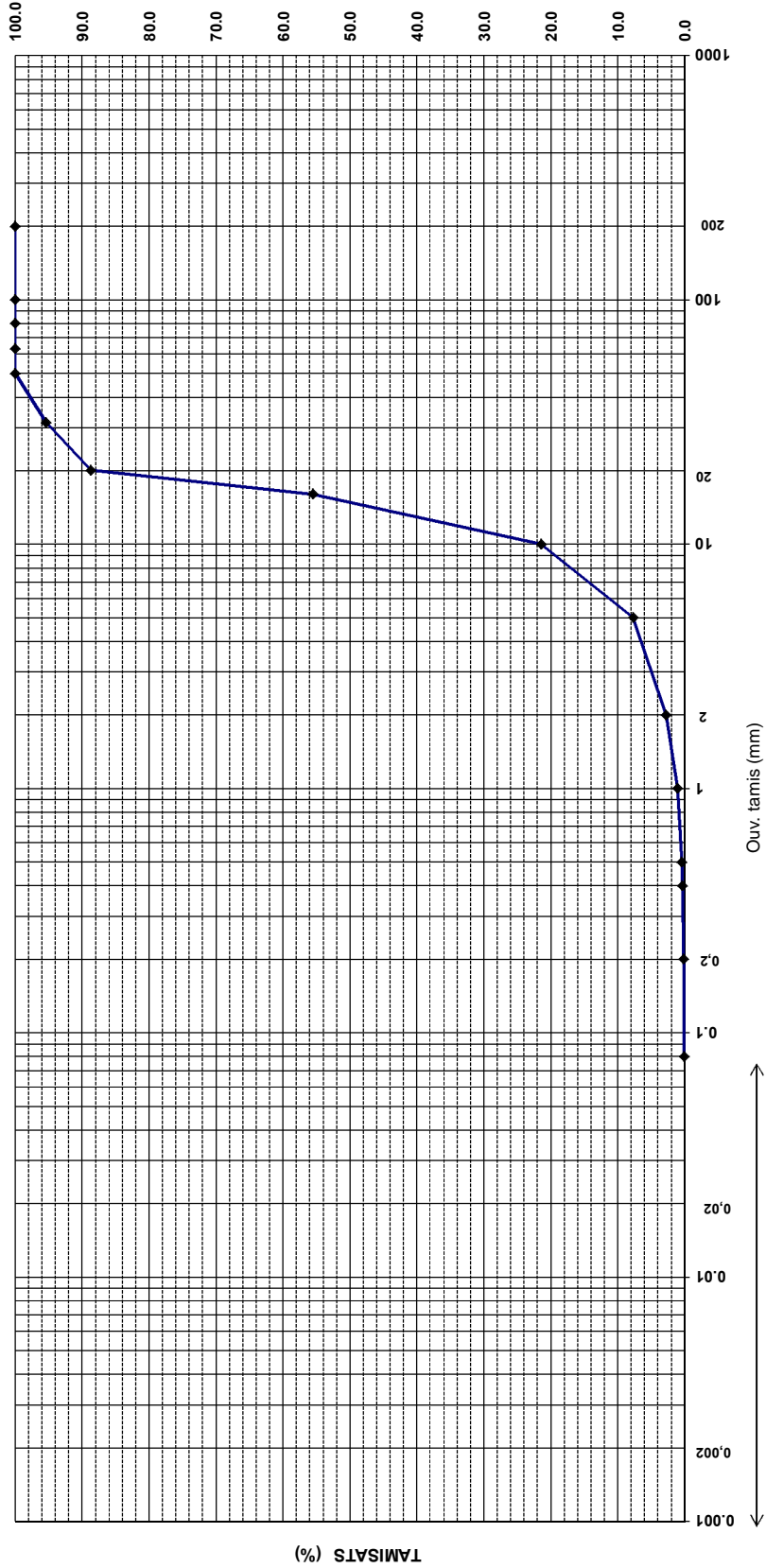
ANALYSE GRANULOMETRIQUE (NF P 94-056) - Valeur au bleu de méthylène du sol (NF P 94-068)
Affaire : **HOUELAINCOURT** N° : 15/05505/NANCY Date réalisation : 13-sept-16

Rédacteur: LB

Légende	Sondage	Profondeur	Nature du terrain	Passant à 50mm:	Passant à 2mm:	Passant à 80µ:	VBS
	SC2	2.00 à 2.50 m	Cailloux, graviers et cailloutis	100.0	2.8	0.1	0.02
ARGILES	LIMONS	SABLE FIN	GROS SABLE	D Max (mm) = 45			
			GRAVIERS	CAILLOUX			
				W% sur 0/D 1.8			
				W% sur 0/20 -			

Tamisé (mm)	Passants (%)
200	100.0
100	100.0
80	100.0
63	100.0
50	100.0
31.5	95.4
20	88.7
16	55.6
10	21.5
5	7.7
2	2.8
1	1.1
0.5	0.5
0.4	0.4
0.2	0.2
0.08	0.1

Observations :



Analyse granulométrique par sédimentation NF94-057

ANALYSE GRANULOMETRIQUE (NF P 94-056) - Valeur au bleu de méthylène du sol (NF P 94-068)

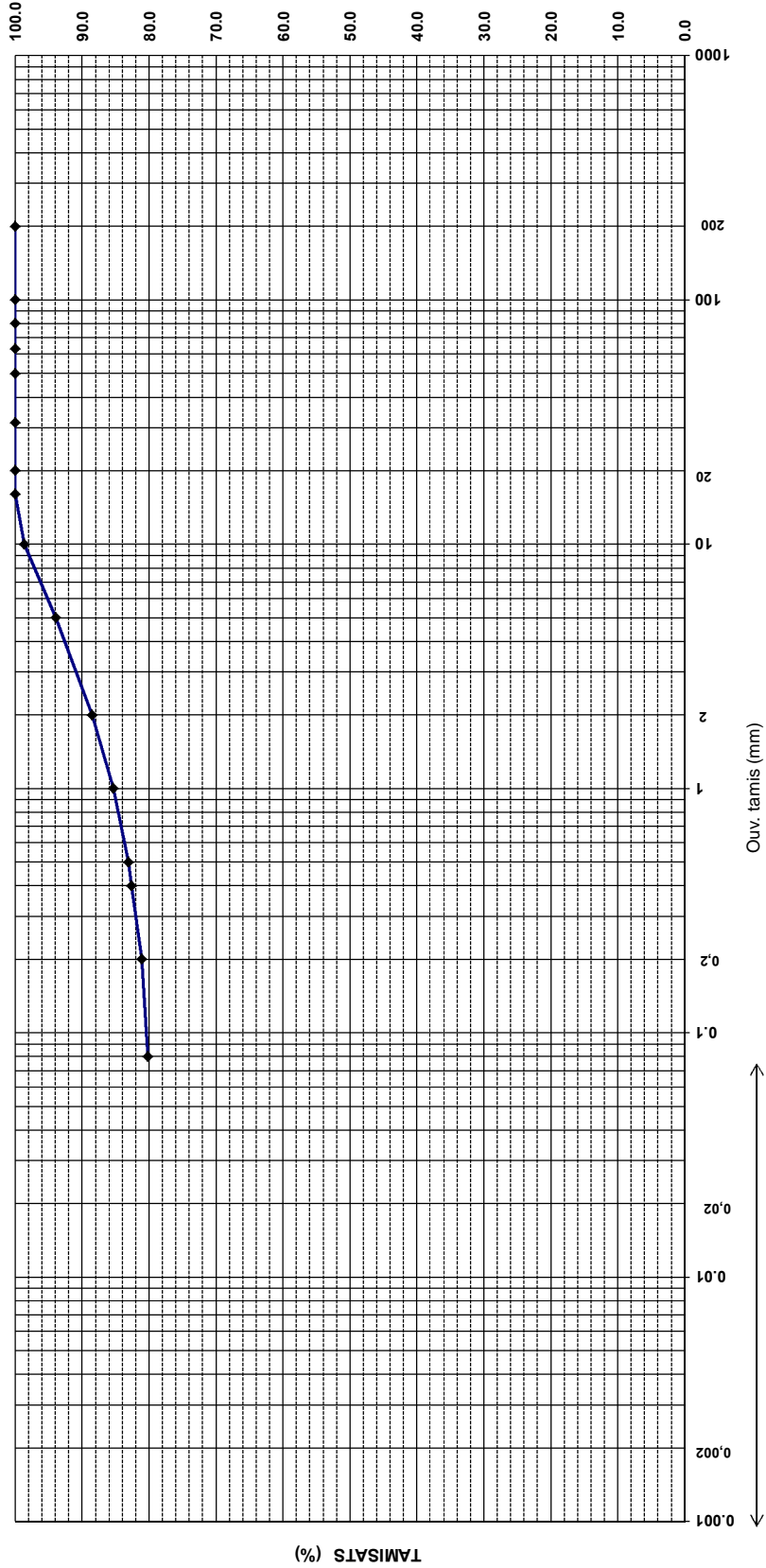
Affaire : HOUDELAINCOURT N°: 15/05505/NANCY Date réalisation: 13-sept-16

Rédacteur: LB

Légende		Sondage	Profondeur	Nature du terrain		Passant à 50mm:	Passant à 2mm:	Passant à 80µ:	VBS	
_____			SC2	2.50 à 3.00 m	Argile marneuse grise à graviers	100.0	88.6	80.3	2.58	
						W% sur 0/D 15.0				
						D Max (mm) = 13				
ARGILES		LIMONS		SABLE FIN	GROS SABLE	GRAVIER				
						CAILLOUX				

Tam	Passants (%)
200	100.0
100	100.0
80	100.0
63	100.0
50	100.0
31.5	100.0
20	100.0
16	100.0
10	98.6
5	93.9
2	88.6
1	85.4
0.5	83.1
0.4	82.7
0.2	81.1
0.08	80.3

Observations :



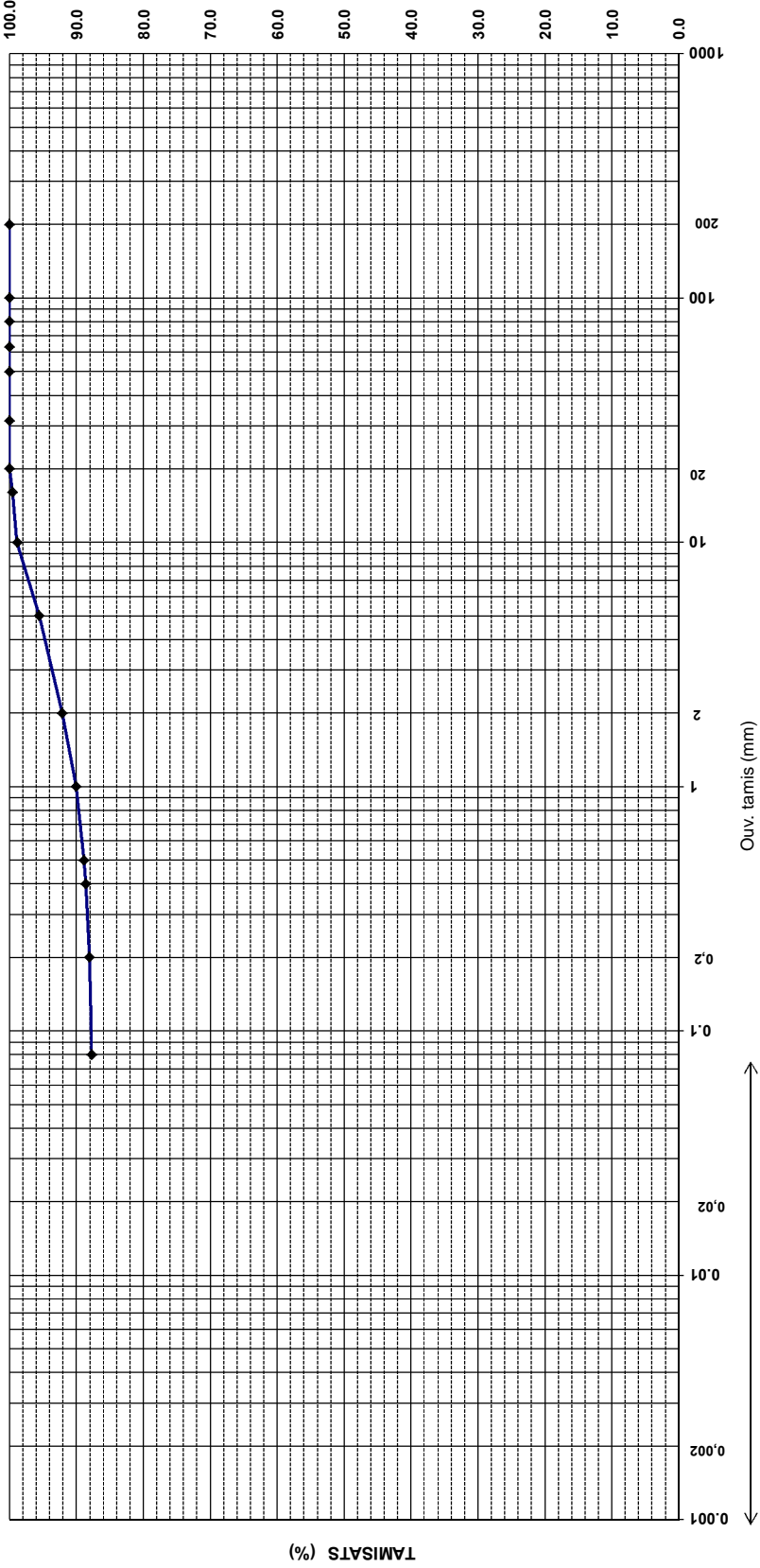
ANALYSE GRANULOMETRIQUE (NF P 94-056) - Valeur au bleu de méthylène du sol (NF P 94-068)
Affaire : **HOUELAINCOURT** N°: 15/05505/NANCY Date réalisation: 13-sept-16

Rédacteur: LB

Légende	Sondage	Profondeur	Nature du terrain	Passant à 50mm:	Passant à 2mm:	Passant à 80µ:	VBS
	SC2	3.00 à 3.70 m	Argile marneuse grise à graviers	100.0	92.1	87.8	-
ARGILES	LIMONS	SABLE FIN	GROS SABLE	GRAVIERS	D Max (mm) = 19		
					CAILLOUX		

Tamis (mm)	Passants (%)
200	100.0
100	100.0
80	100.0
63	100.0
50	100.0
31.5	100.0
20	100.0
16	99.6
10	98.9
5	95.6
2	92.1
1	90.1
0.5	88.9
0.4	88.7
0.2	88.1
0.08	87.8

Observations :



DETERMINATION DES LIMITES D'ATTERBERG

NF P 94-051

N° Affaire: 15/05505/NANCY

Nom: HOUDELAINCOURT

Date de réalisation: 26-sept-16

Opérateur: LB

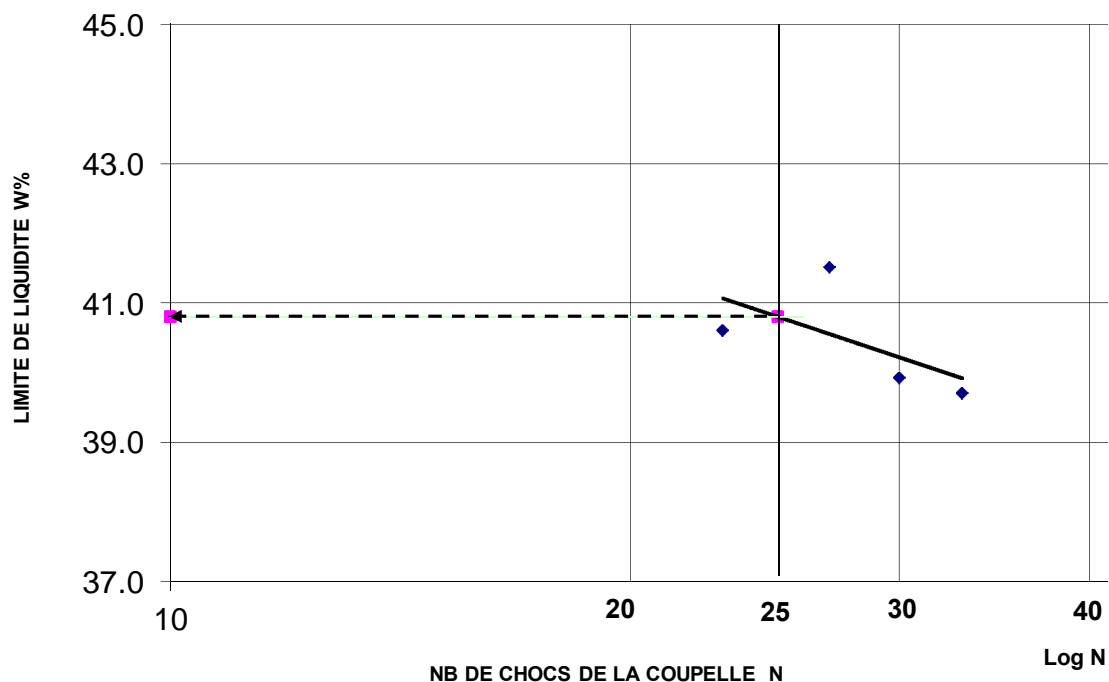
Sondage: SC2

Profondeur: 3.00 à 3.70 m

Nature du terrain: Marne grise à graviers

Essai n°	1	2	3	4
Nombre de coups décroissant →	33	30	27	23
Teneur en eau	39.7	39.9	41.5	40.6

LIMITE D'ATTERBERG NF P 94-051 Limite de liquidité



Teneur en eau de plasticité

W1= 21.4
W2= 21.9

Moyenne: 21.7

TENEUR EN EAU (NF-P 94-050)

W=	17.2
Wl=	40.8
Wp=	21.7
Ip=	19.1
Ic=	1.23

LIMITE DE LIQUIDITE

LIMITE DE PLASTICITE

INDICE DE PLASTICITE

INDICE DE CONSISTANCE