

GRAND CALAIS

Terres & Mers



**Projet de reconstruction et d'extension
de la Station d'épuration
Rue Hélène Boucher – SANGATTE (62)**

Étude géotechnique de conception - Phase Projet (G2 PRO)

Avril 2017



DIRECTION REGIONALE NORD

Agence de BETHUNE
TECHNOPARC FUTURA
Rue de l'Université
62400 BETHUNE

Téléphone : 03.21.56.43.43
Télécopie : 03.21.68.19.99
Email : cebtb.bethune@groupe-cebtb.com





Vue du site avant travaux (GINGER CEBTP le 18/08/2016)

COMMUNAUTE D'AGGLOMERATION DU CALAISIS

PROJET DE RECONSTRUCTION ET D'EXTENSION DE LA STATION D'EPURATION

Rue Hélène Boucher – SANGATTE (62)

ETUDE GEOTECHNIQUE DE CONCEPTION (G2) – Phase PRO

| Dossier : NBE2.H | | Réf. rapport : 17CR1V1BE | | | Contrat : NBE2.H.0270 | | |
|------------------|------------|--------------------------|------|-------------|-----------------------|--------------------|--------------|
| Indice | Date | Chargé d'affaires | Visa | Vérifié par | Visa | Contenu | Observations |
| 1 | 21/04/2017 | M. DEPLAGNE | | R. LETY | | 26 pages + annexes | |

A compter du paiement intégral de la mission, le client devient libre d'utiliser le rapport et de le diffuser à condition de respecter et de faire respecter les limites d'utilisation des résultats qui y figurent et notamment les conditions de validité et d'application du rapport.

Sommaire

| | |
|---|-----------|
| 1. Plans de situation | 5 |
| 1.1. Extrait de carte IGN | 5 |
| 1.2. Image aérienne | 5 |
| 2. Contexte de l'étude..... | 6 |
| 2.1. Données générales | 6 |
| 2.1.1. Généralités | 6 |
| 2.1.2. Documents communiqués | 6 |
| 2.2. Description du site | 6 |
| 2.2.1. Topographie, occupation du site et avoisinants..... | 6 |
| 2.2.2. Contextes géotechnique, hydrogéologique et sismique..... | 7 |
| 2.3. Mission Ginger CEBTP | 9 |
| 3. Caractéristiques du projet | 10 |
| 3.1. Données générales | 10 |
| 3.1.1. Description du projet..... | 10 |
| 3.1.2. Système de fondation | 11 |
| 3.2. Sollicitations appliquées aux fondations..... | 11 |
| 4. Hypothèses géotechniques..... | 12 |
| 4.1. Préambule | 12 |
| 4.2. Modèle géologique général..... | 12 |
| 4.2.1. Synthèse lithologique..... | 12 |
| 4.2.2. Synthèse hydrogéologique | 14 |
| 4.2.3. Caractéristiques physiques des sols | 14 |
| 4.2.4. Sismicité..... | 14 |
| 5. Etude de projet | 16 |
| 5.1. Dispositions retenues | 16 |
| 5.2. Sollicitations appliquées aux fondations..... | 16 |
| 5.3. Phasage du chantier..... | 16 |
| 5.4. Adaptations générales du projet..... | 17 |
| 5.4.1. Réalisation des terrassements | 17 |
| 5.4.2. Traficabilité en phase chantier..... | 17 |
| 5.4.3. Terrassabilité des matériaux | 17 |
| 5.4.4. Drainage en phase chantier..... | 18 |
| 5.4.5. Talutage / Soutènements | 18 |

| | | |
|-------------|---|-----------|
| 5.4.6. | Epuisement de l'eau / Sous-pressure hydrostatique | 19 |
| 5.5. | Fondation par pieux | 20 |
| 5.5.1. | Généralités | 20 |
| 5.5.2. | Calcul de la capacité portante | 21 |
| 5.5.3. | Caractérisation des pieux..... | 21 |
| 5.5.4. | Coefficients de modèle | 22 |
| 5.5.5. | Données de terrain..... | 22 |
| 5.5.6. | Pondérations | 22 |
| 5.5.7. | Résultats en compression / traction | 23 |
| 6. | Observations majeures | 26 |

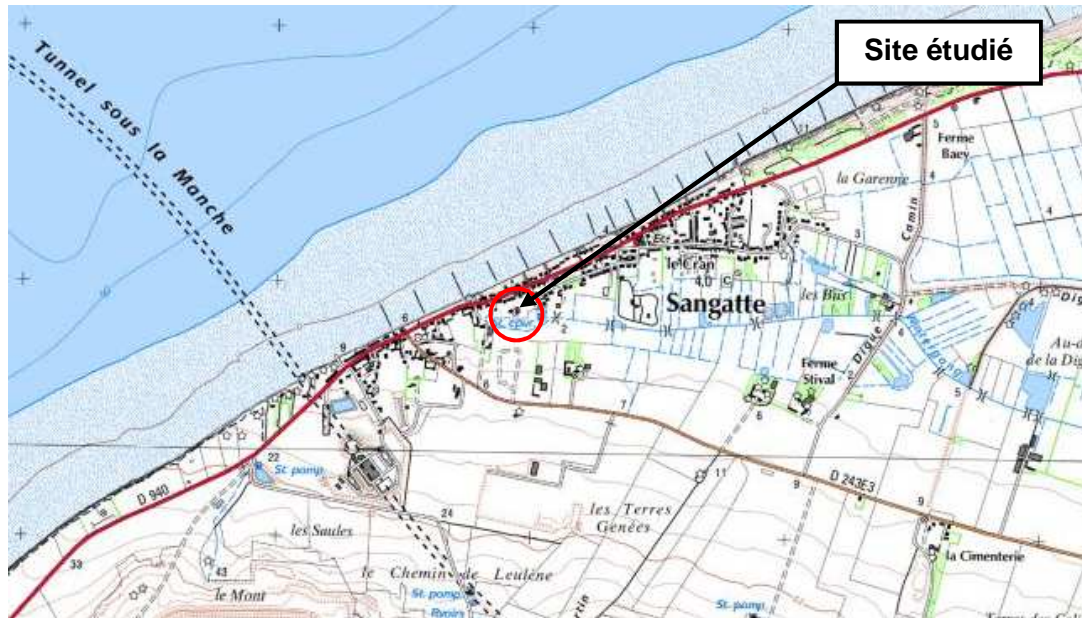
ANNEXES

ANNEXE 1 - NOTES GENERALES SUR LES MISSIONS GEOTECHNIQUES

ANNEXE 2 – RAPPEL DES SONDAGES ISSUS DE L'ETUDE G2AVP

1. Plans de situation

1.1. Extrait de carte IGN



Source : <http://infoterre.brgm.fr>

1.2. Image aérienne



Source : <http://www.geoportail.gouv.fr>

2. Contexte de l'étude

2.1. Données générales

2.1.1. Généralités

Nom de l'opération : Projet de reconstruction et d'extension de la Station d'épuration.

Localisation : Rue Hélène Boucher à SANGATTE (62).

Demandeur de la mission et client : Communauté d'Agglomération du Calaisis.

Maîtrise d'œuvre : AMODIAG Environnement.

La présente étude fait suite à l'étude G2 AVP réalisée par GINGER CEBTP (rapport référencé NBE2.G0166 du 18/08/2016), dont le contenu est supposé connu du lecteur.

2.1.2. Documents communiqués

| N° | Document | Echelle | Origine / référence | Indice | Date |
|----|--|-----------------|-------------------------------|----------------------|------------|
| 1 | Implantation actuelle | 1/200 | AMODIAG Environnement | - | 26.09.2016 |
| 2 | Implantation projetée | 1/200 | | Plan provisoire | 27.09.2016 |
| 3 | Plan : Bassin d'aération | 1/75 à 1/100 | | Plans provisoires | 12.10.2016 |
| 4 | Schéma autocontrôle : filière boues, filier eau | Sans | | - | 05.10.2016 |
| 5 | Informations sur contraintes transmises sous radiers aux ELS QP, et profondeurs d'assise de radier | Sans | | Mail | 20.03.2017 |
| 6 | Mission géotechnique G2AVP | - | GINGER CEBTP NBE2.G0166 | 1 | 18/08/2016 |

Aucun autre élément de descente de charge structurelle détaillée sur les appuis ne nous a été communiqué.

2.2. Description du site

2.2.1. Topographie, occupation du site et avoisinants

La zone d'étude se situe en contexte de plaine alluviale à moins de 200 m du rivage et bordée au sud par le watergang de Sangatte.

Le site concerné par les investigations est relativement plat et présente une altimétrie comprise entre +2.3 et +2.8 mètres NGF.

Il correspond à l'actuelle station d'épuration de Sangatte, située à proximité de la RD940, dont l'accès se fait par la Rue Hélène Boucher. A priori, aucune autre occupation antérieure n'est connue.

Lors de notre intervention, le terrain était en grande partie occupé par les équipements et aménagements de la station d'épuration actuelle :

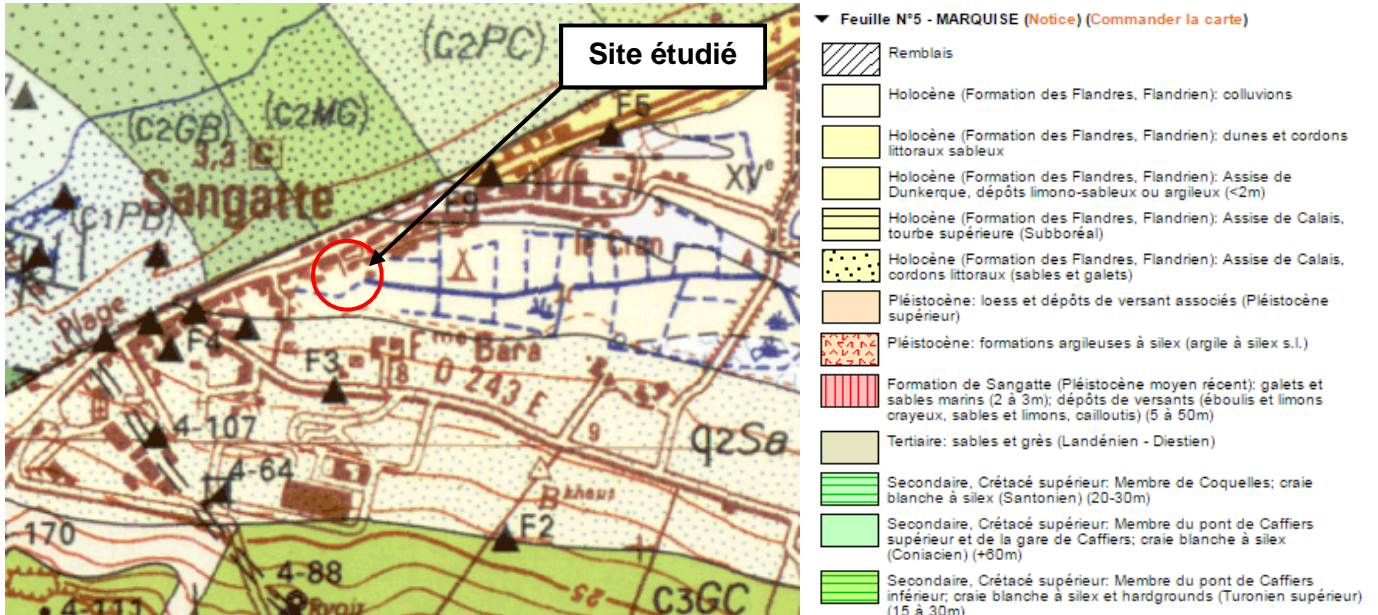
- voiries de desserte,
- un local RDC,
- divers bassins.

L'emprise des ouvrages projetés sont toutefois libres de toute mitoyenneté.

2.2.2. Contextes géotechnique, hydrogéologique et sismique

D'après notre connaissance du secteur et les informations recueillies auprès du Bureau de Recherches Géologiques et Minières (extrait de la carte géologique de MARQUISE ci-après), le site serait constitué des formations suivantes de haut en bas, sous d'inévitables remblais d'aménagement :

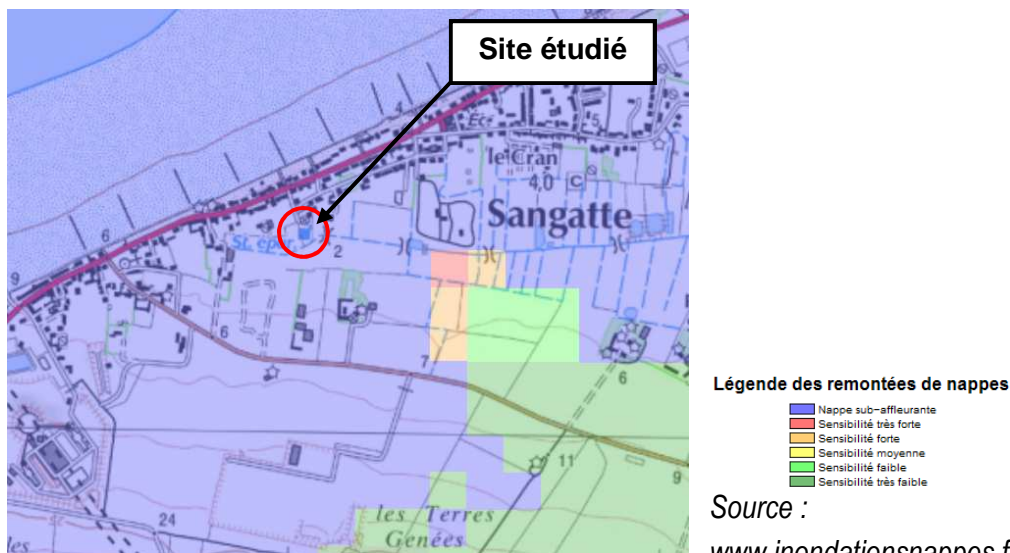
- **Limon sableux ou argileux** de l'Assise de Dunkerque (Holocène) (q_4Mb).
- **Tourbe supérieure et cordons littoraux (sables et galets)** de l'Assise de Calais (Holocène).
- **Craie blanche à silex** du Coniacien (Crétacé supérieur) (c_3GC).



Source : <http://infoterre.brgm.fr>

D'autre part, la carte des aléas (inondation, retrait/gonflement) et/ou les plans de prévention des risques indiquent que :

- Vis-à-vis du risque d'inondation par remontée de nappe ou ruissellement, la carte de l'aléa (cf. BRGM) montre que le site se place en zone de « *nappe sub-affleurante* » en lien avec le niveau de la mer, voire de submersion marine sur l'ensemble du site.



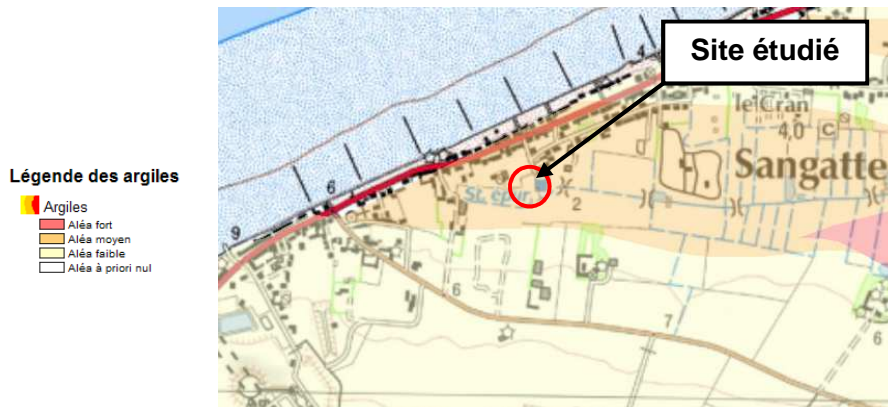
La commune de SANGATTE a fait l'objet de plusieurs arrêtés de reconnaissance de catastrophe naturelle due aux inondations, coulées de boue entre 1991 et 2014.

Arrêtés portant reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle

| Type de catastrophe | Début le | Fin le | Arrêté du | Sur le JO du |
|--|------------|------------|------------|--------------|
| Inondations et coulées de boue | 18/11/1991 | 22/11/1991 | 21/09/1992 | 15/10/1992 |
| Inondations, coulées de boue et mouvements de terrain | 25/12/1999 | 29/12/1999 | 29/12/1999 | 30/12/1999 |
| Inondations par remontées de nappe phréatique | 01/12/2000 | 21/12/2000 | 29/05/2001 | 14/06/2001 |
| Inondations et coulées de boue | 12/08/2006 | 13/08/2006 | 01/12/2006 | 08/12/2006 |
| Inondations et chocs mécaniques liés à l'action des vagues | 06/12/2013 | 06/12/2013 | 27/02/2014 | 01/03/2014 |

Source : <http://macommune.prim.net/>

- Vis-à-vis de l'aléa retrait-gonflement des argiles (cf. BRGM), le site se trouve en zone d'aléa « moyen ».



- D'après le nouveau zonage sismique de la France (décret n°2010-1255 du 22/10/2010 modifié le 15/09/2014) actuellement en vigueur depuis le 1er mai 2011, le site étudié est classé en zone de sismicité 2 « aléa faible ». L'application des règles parasismiques sera alors obligatoire pour tout ouvrage de catégorie d'importance III à IV (à préciser par le maître d'ouvrage) et il faudra alors se reporter à l'Eurocode 8 (Norme NF EN 1998 – Calcul des structures pour leur résistance au séisme).

2.3. Mission Ginger CEBTP

La mission de Ginger CEBTP est conforme au contrat n° NBE2.H.0270.

Il s'agit d'une Etude géotechnique de Conception (G2) selon la norme AFNOR NF P 94-500 de novembre 2013 sur les missions d'ingénierie géotechnique. Plus précisément, compte tenu du niveau d'avancement du projet, notre mission s'intègre dans la phase Projet (G2 PRO), limitée aux ouvrages géotechniques cités et sur la base des éléments connus lors de notre étude (descentes de charge structurales, cotes...) :

- la fourniture d'un dossier de synthèse des hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade projet (valeurs caractéristiques des paramètres géotechniques en particulier), des notes techniques donnant les choix constructifs des ouvrages géotechniques (fondations) accompagnés de notes de calcul sur la base des éléments disponibles à la consultation. Une fois les descentes de charge finalisées, une note de calcul définitive sera à produire par le BET.

Il convient de rappeler que les aspects suivants ne font pas partie de la mission :

- l'étude du Niveau des Plus Hautes Eaux Connues, l'évolution dans le temps de l'hydrogéologie locale, l'étude des coefficients de perméabilité des horizons et donc des dispositions constructives liées au rabattement / drainage de la nappe,
- la prise en compte d'éventuels phénomènes de frottement négatif ou efforts parasites liés à des efforts horizontaux (non précisés), la mise en place de remblai périphérique ou édification d'ouvrages connexes...
- l'étude de soutènement.

3. Caractéristiques du projet

3.1. Données générales

3.1.1. Description du projet

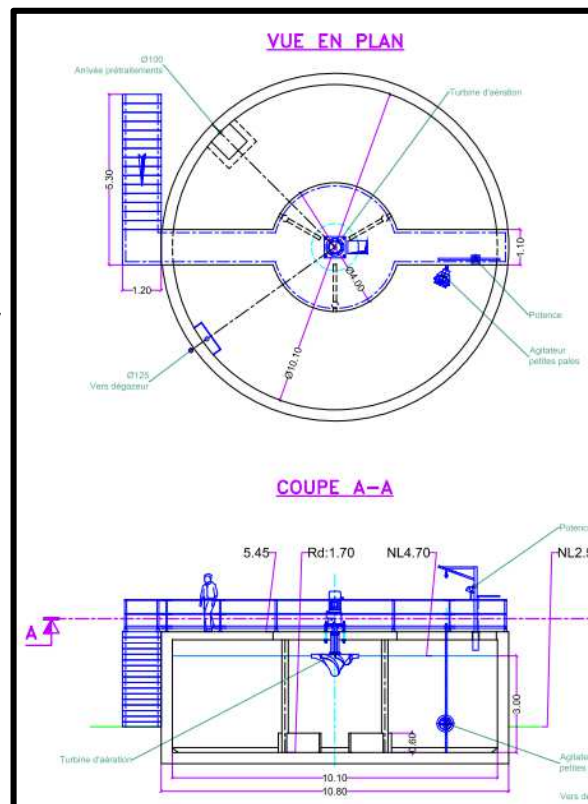
D'après les éléments communiqués, l'ensemble constitutif de la station d'épuration se composera de :

- 1 bassin d'aération de 10.8 m de diamètre pour une hauteur de 3.5 m et une assise enterrée de 1.0 m,
- 1 bâtiment de traitement des boues, d'une emprise au sol de 11.0 x 5.0 m pour une hauteur de 2.5 à 3.8 m et une assise superficielle ou pouvant atteindre 2.0 m de profondeur,
- 1 ensemble « dégrilleur, dessableur, ouvrage de répartition », d'une emprise au sol de 5.5 x 7.5 m pour une hauteur de 3.7 m et une assise superficielle ou pouvant atteindre 2.5m de profondeur pour les fosses enterrées.

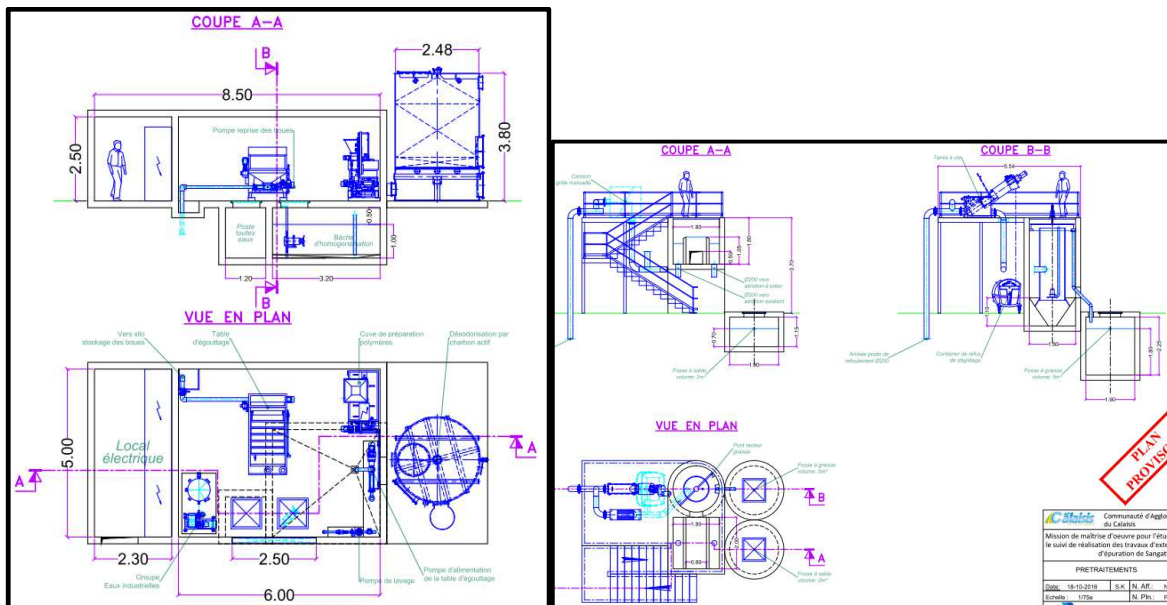
Le projet comprend également d'autres aménagements connexes tels que voiries, aires de manœuvre ainsi que des réseaux divers assurant le fonctionnement de l'ouvrage et de ses équipements.



Plan projeté



Bassin d'aération



Bâtiment de traitement des boues

Ensemble de prétraitement

3.1.2. Systèmes de fondation

Lors de l'étude géotechnique G2AVP et au vu de la faiblesse géomécanique des horizons superficiels, nous avons proposé la réalisation :

- d'un système de fondations superficielles après renforcement de sol par inclusions,
- d'un système de fondations profondes par pieux ou micropieux.

Au stade du projet, la Maîtrise d'Œuvre s'est orientée vers la solution suivante :

- réalisation d'un système de fondations profondes par pieux.

3.2. Sollicitations appliquées aux fondations

Les sollicitations, remises par la Maîtrise d'œuvre, appliquées aux fondations tiennent compte d'appuis structuraux de type radier ou semelles filantes / isolées aux profondeurs d'assise des ouvrages précités :

- Bassin d'aération : 60 kPa aux ELS QP, s'exerçant sous radier à une assise de -1.0 m,
- Bâtiment de traitement des boues : 80 kPa aux ELS QP, s'exerçant sous radiers et semelles filantes pour une assise située au plus profond à -2.0 m de profondeur,
- Ensemble de prétraitement : 100 kPa aux ELS QP, s'exerçant sous semelles isolées pour une assise située vers -1.0 m de profondeur.

Le calcul des efforts pour chaque combinaison n'ayant pu être fourni, ces valeurs devront par conséquent être vérifiées par le BET Structures retenu, et une note de calcul de dimensionnement définitive actualisée sera à produire par le BET une fois ces hypothèses finalisées.

Aucune information sur les tassements admissibles (absolus ou différentiels) ne nous a été indiquée, mais il est prévisible que ceux-ci soient faibles à très faibles au vu de l'exploitation future.

4. Hypothèses géotechniques

4.1. Préambule

Pour plus de précisions à ce sujet, nous reporterons le lecteur au rapport d'étude d'avant-projet G2 AVP qui a été réalisé par GINGER CEBTP et dont les résultats et conclusions sont supposés connus par la suite. La présente étude a été menée sur la base des résultats des investigations réalisées au cours de cette précédente mission en phase avant-projet (rapport référencé NBE2.G0166 du 18/08/16).

4.2. Modèle géologique général

Profondeur des formations donnée par rapport au terrain tel qu'il était lors des reconnaissances en 2016.

4.2.1. Synthèse lithologique

Formation n°0 : Remblais sableux puis limon vasard à potentiellement tourbeux. Epaisseur : 1.2 à 2.4 m.

Caractéristiques géotechniques :

- Résistance statique de pointe (q_c) : 0.0 à 0.5 MPa (pics > 8 MPa dans les remblais).
- Pression limite nette (P_l^*) : 0.11 à 0.22 MPa.
- Module pressiométrique (EM) : 1.1 à 1.8 MPa.

Nous rappelons que de par l'origine anthropique des remblais, l'épaisseur, la nature et les caractéristiques géo-mécaniques de cette formation sont susceptibles de varier brutalement et fortement.

Les terrains alluvionnaires sous-jacents sont des sols fins sensibles et potentiellement tourbeux. Ils sont imprégnés par la nappe phréatique relevée à 0.8 m de profondeur en Juillet 2016 au droit de l'équipement piézométrique. De manière générale, ces remblais et alluvions vasardes sont impropres à toute construction.

Formation n°1 : Alluvions sablo-limoneuses grises à silex et cailloux/galets. Profondeur de base de la formation : 4.6 à 5.8 m/TA.

Caractéristiques géotechniques :

- Résistance statique de pointe (q_c) : 1 à 8 MPa (voire >12 MPa vers 2.5 m/TA en PS6 et PS7).
- Pression limite nette (P_l^*) : 0.33 à 1.46 MPa.
- Module pressiométrique (EM) : 2.2 à 12.4 MPa.

Cette formation présente de nombreuses variations de faciès (sable limoneux de classe GTR B5 à limon sableux de classe GTR A1, argile limoneuse et des passages localement plus riches en matériaux plus grossiers – graviers / galets / silex).

Formation n°2a : Craie légèrement altérée blanche. Profondeur de base : environ 8.5 m/TA.

Caractéristiques géotechniques :

- Résistance statique de pointe (q_c) : 8 à 16 MPa.
- Pression limite nette (Pl^*) : 2.06 à 3.20 MPa.
- Module pressiométrique (EM) : 23.5 à 45.2 MPa.

Cette formation présente des caractéristiques géomécaniques moyennes à élevées.

Formation n°2b : Craie compacte. Profondeur de base de la formation : > 15.0 m/TA.

Caractéristiques géotechniques :

- Résistance statique de pointe (q_c) : refus (> 20 MPa).
- Pression limite nette (Pl^*) : 3.72 à > 5.00 MPa.
- Module pressiométrique (EM) : 84.5 à > 250 MPa.

Cette formation présente des caractéristiques géomécaniques très élevées (refus à l'enfoncement des pointes de pénétromètre statique).

| Formation – nature du sol | Prof. base (m) | Caractéristiques pénétrométriques | Caractéristiques pressiométriques | | |
|---|------------------------------------|--------------------------------------|---|--|----------------------------------|
| | | q_c (MPa) | Pl^* (MPa) | Em (MPa) | Coefficient rhéologique α |
| n°0 – Remblais à limon vasard | 1.2 à 2.4 m Retenue 2.5m | 0 à 0.5 (pics > 8MPa en remblais) | 0.11 à 0.22 | 1.1 à 1.8 | 0.33 à 1.00 |
| n°1 – Alluvions sablo-limoneuses grises, à silex et cailloux / galets | 4.6 à 5.8 Retenue 6.0m | 1 à 8 (pics > 12MPa) | 0.33 à 1.46 Retenue : 0.55(*) | 2.2 à 12.4 Retenu : 4.5 (**) | 1/2 à 1/3 (1/2) |
| n°2a – Craie altérée blanchâtre | 8.5 | 8 à 16 | 2.06 à 3.20 Retenue : 2.45 (**) | 23.5 à 45.2 Retenu : 28 (**) | 1/2 |
| n°2b – Craie compacte | >15.0 | Refus >20MPa | 3.72 à > 5.00 Retenue : 4.5 (*) | 84.5 à > 250.0 Retenu : 120 (**) | 2/3 |

(*) Valeur moyenne géométrique moins deux fois l'écart moyen

(**) Valeur considérée comme représentative ou déduite de moyenne géométrique pour les pressions limites: moyenne géométrique ou moyenne harmonique pour les modules pressiométriques

Remarques :

- Nous rappelons qu'il n'est pas toujours évident de distinguer les variations horizontales et/ou verticales éventuelles, inhérentes aux changements de faciès, compte tenu de la surface investiguée par rapport à celle concernée par le projet. De ce fait, les caractéristiques indiquées précédemment ont un caractère représentatif mais non absolu.
- Au droit des sondages pénétrométriques, les limites de couches et leur géologie ont été uniquement interprétées à partir de l'analyse des diagraphies et par analogie expérimentale, les essais au pénétromètre statique étant aveugles. La nature des terrains correspondant à ces variations de capacité pourra être confirmée au moment de la réalisation des travaux.

4.2.2. Synthèse hydrogéologique

Un relevé du niveau d'eau stabilisé le 18/08/2016 au droit de l'équipement piézométrique (Pz4) a permis de mettre en évidence la présence d'une nappe à 0.80 m de profondeur.

Il est à noter que le régime hydrogéologique peut varier en fonction de la saison, de la pluviométrie, voire du cycle des marées. Ce niveau d'eau doit donc être considéré à un instant donné.

Pour mieux préciser ce niveau, il conviendrait d'effectuer un suivi piézométrique basé sur des mesures périodiques du niveau d'eau dans le piézomètre mis en place sur le site, sur une durée d'au moins un an.

N'ayant pas d'information sur les niveaux prévisibles des P.H.E., seule une mission complémentaire permettra de préciser cette altitude.

4.2.3. Caractéristiques physiques des sols

Les procès-verbaux des essais en laboratoire sont insérés en annexe 8. Les résultats de ces essais sont synthétisés ci-après.

| Formation – Nature du sol | Sondage | Profondeur (m/TA) | W_{nat} (%) | VBS | Tamisat < 80 μ m (%) | Classe G.T.R. |
|---------------------------|---------|----------------------|------------------|-----|--------------------------------|------------------|
| 1 – Sable limoneux | T3 | 1.9 – 3.4 | 28 | 1.0 | 28.3 | B ₅ |
| 1 – Limon sableux | | 3.4 – 5.8 | 30 | 1.5 | 42.3 | A ₁ |
| 1 – Limon sableux | T4 | 2.2 – 3.3 | 50 | 1.2 | 62.8 | A ₁ |
| 1 – Sable limoneux | | 3.3 – 5.3 | 25 | 1.2 | 19.5 | B ₅ |
| 1 – Sable limoneux | T8 | 2.4 – 4.6 | 36 | 1.0 | 27.5 | B ₅ |

Légende :

| | | |
|---------------|---|--|
| W_{nat} | : | Teneur en eau pondérale à l'état naturel |
| VBS | : | Valeur au Bleu du Sol |
| < 80 μ m | : | Pourcentage d'éléments fins passant au tamis de 80 microns |
| Classe G.T.R. | : | Classe de sol selon la norme NF P11-300. |

Les matériaux limoneux de classe A₁ (limon sableux) et B₅ (sable limoneux) sont très sensibles à l'eau et sont sujets à une perte de portance pour de faibles variations de teneur en eau.

4.2.4. Sismicité

Les exigences sur le bâti neuf dépendent de la catégorie d'importance du projet et de la zone de sismicité.





Dans le cas présent, on supposera que les ouvrages projetés appartiennent à la catégorie d'importance I « Bâtiment dans lequel il n'y a aucune activité humaine nécessitant un séjour de longue durée ».





Cette classe de bâtiment devra être confirmée par la Maîtrise d'ouvrage.

D'après le zonage sismique de la France (décret n° 2010-1255 du 22/10/2010 modifié le 15/09/2014) actuellement en vigueur depuis le 1er mai 2011, le site étudié est classé en zone de sismicité 2 « aléa faible ».

| | |
|---|----------------------|
| Zone de sismicité | Zone 2 – Aléa Faible |
| Accélération nominale a_{gr} correspondante (valeur minimale en m/s^2) | 0.7 |
| Catégorie d'importance du bâtiment projeté | Catégorie I |
| Coefficient d'importance correspondant | 0.8 |
| Classe de sol | D |
| Paramètre de sol S correspondant | 1.6 |

L'application des règles parasismiques est donc dispensée selon l'Eurocode 8 (Norme NF EN 1998 – Calcul des structures par leur résistance au séisme).

| Catégorie d'importance | Description |
|------------------------|---|
| I |  <ul style="list-style-type: none"> Bâtiments dans lesquels il n'y a aucune activité humaine nécessitant un séjour de longue durée. |
| II |  <ul style="list-style-type: none"> Habitations individuelles. Établissements recevant du public (ERP) de catégories 4 et 5. Habitations collectives de hauteur inférieure à 28 m. Bureaux ou établissements commerciaux non ERP, h ≤ 28 m, max. 300 pers. Bâtiments industriels pouvant accueillir au plus 300 personnes. Parcs de stationnement ouverts au public. |
| III |  <ul style="list-style-type: none"> ERP de catégories 1, 2 et 3. Habitations collectives et bureaux, h > 28 m. Bâtiments pouvant accueillir plus de 300 personnes. Établissements sanitaires et sociaux. Centres de production collective d'énergie. Établissements scolaires. |
| IV |  <ul style="list-style-type: none"> Bâtiments indispensables à la sécurité civile, la défense nationale et le maintien de l'ordre public. Bâtiments assurant le maintien des communications, la production et le stockage d'eau potable, la distribution publique de l'énergie. Bâtiments assurant le contrôle de la sécurité aérienne. Établissements de santé nécessaires à la gestion de crise. Centres météorologiques. |

| | I | II | III | IV |
|--------|--|---|--|--|
| Zone 1 |  |  |  |  |
| Zone 2 | aucune exigence | | | |
| Zone 3 | | | | Eurocode 8 ³ $a_g=0,7 \text{ m/s}^2$ |
| Zone 4 | | PS-MI ¹ Eurocode 8 ³ $a_g=1,1 \text{ m/s}^2$ | | Eurocode 8 ³ $a_g=1,1 \text{ m/s}^2$ |
| Zone 5 | | PS-MI ¹ Eurocode 8 ³ $a_g=1,6 \text{ m/s}^2$ | | Eurocode 8 ³ $a_g=1,6 \text{ m/s}^2$ |
| | | CP-MI ² Eurocode 8 ³ $a_g=3 \text{ m/s}^2$ | | Eurocode 8 ³ $a_g=3 \text{ m/s}^2$ |

¹ Application possible (en dispense de l'Eurocode 8) des PS-MI sous réserve du respect des conditions de la norme PS-MI
² Application possible du guide CP-MI sous réserve du respect des conditions du guide
³ Application obligatoire des règles Eurocode 8

Le site étant classé en zone de sismicité 2 « aléa faible », l'étude de la liquéfaction n'est pas requise d'après l'Eurocode 8 et le décret n°2010-1255 du 22/10/2010 modifié le 15/09/2014.

5. Etude de projet

5.1. Dispositions retenues

Au vu du contexte géotechnique défavorable superficiellement et des principes constructifs envisagés, la réalisation de fondations superficielles a été exclue (formations superficielles impropres à recevoir un mode de fondation, tassements supérieurs aux tassements admissibles, insuffisance de capacité portante) au profit d'une solution de type pieu.

5.2. Sollicitations appliquées aux fondations

Les sollicitations, remises par la Maîtrise d'œuvre, appliquées aux fondations tiennent compte d'appuis structuraux de type radier ou semelles filantes / isolées aux profondeurs d'assises des ouvrages précités :

- Bassin d'aération : 60 kPa aux ELS QP, s'exerçant sous radier à une assise de -1.0 m,
- Bâtiment de traitement des boues : 80 kPa aux ELS QP, s'exerçant sous radiers et semelles filantes pour une assise située au plus profond à -2.0 m de profondeur,
- Ensemble de prétraitement : 100 kPa aux ELS QP, s'exerçant sous semelles isolées pour une assise située vers -1.0 m de profondeur.

Le calcul des efforts pour chaque combinaison n'ayant pu être fourni, ces valeurs devront par conséquent être vérifiées par le BET Structures retenu, et une note de calcul de dimensionnement définitive actualisée sera à produire par le BET une fois ces hypothèses finalisées.

Aucune information sur les tassements admissibles (absolus ou différentiels) ne nous a été indiquée, mais il est prévisible que ceux-ci soient faibles à très faibles au vu de l'exploitation future.

Il s'agit de charges considérées verticalement uniformément réparties sur l'ensemble du radier / semelle. Aucun effort horizontal ou moment ne nous a été communiqué.

5.3. Phasage du chantier

Compte-tenu des éléments indiqués dans les paragraphes précédents, nous conseillons le phasage du chantier suivant :

- Terrassement, dispositions pour rabattement / drainage de la nappe,
- Constitution d'une plateforme de travail pour assurer la traficabilité des engins (mise en place de matériaux insensibles à l'eau),
- Réalisation des fondations,
- Réalisation du dallage.

5.4. Adaptations générales du projet

Nota : les indications données dans les chapitres suivants qui sont fournies en estimant des conditions normales d'exécution pendant les travaux, seront forcément adaptées aux conditions réelles rencontrées (intempéries, niveau de nappe, matériels utilisés, provenance et qualité des matériaux, phasages, plannings et précautions particulières).

Nous rappelons que les conditions d'exécution sont absolument prépondérantes pour obtenir le résultat attendu et qu'elles ne peuvent être définies précisément à l'heure actuelle. A défaut, seules des orientations seront retenues.

5.4.1. Réalisation des terrassements

Il est envisagé la réalisation de différents ouvrages dont les cotes d'assise des structures sont comprises depuis un niveau tangent au terrain actuel jusqu'à 2.5 m de profondeur pour les fosses enterrées (voire davantage pour certains ouvrages connexes non repris dans la présente étude).

Le niveau du fond de fouille se situera donc dans les formations n°0 de remblais à limons vasards, voire n°1 de nature sablo-limoneuse.

5.4.2. Traficabilité en phase chantier

Les essais d'identification ont permis de classer les sols extraits de nature sablo-limoneuse comme suit selon le GTR :

- Formation n°1 : classe A1 et B5.

Ces matériaux se trouvent dans un état hydrique très humide et même saturé, puisqu'en grande partie situés sous le niveau de la nappe. Compte tenu de cette classification, les formations superficielles principalement concernées par les travaux s'avèrent très sensibles à l'eau et susceptibles de perdre toute portance par imbibition.

Par conséquent, les travaux devront être réalisés dans des conditions météorologiques favorables (périodes sèches notamment), sinon le chantier pourrait rapidement devenir impraticable (terrain très boueux) et nécessiterait alors la mise en place de surépaisseurs en matériaux insensibles à l'eau et de systèmes de drainage adaptés.

Les aménagements du site (voirie en enrobé) permettront toutefois d'assurer la traficabilité jusqu'aux zones de travaux.

5.4.3. Terrassabilité des matériaux

Pour insérer le projet dans le site, des terrassements modérés sont prévus, mais interceptant la nappe.

La réalisation des déblais concernant les remblais, puis les matériaux alluvionnaires vasards et limono-sableux ne présentera pas de difficulté particulière d'extraction. Les terrassements pourront donc se faire à l'aide d'engins classiques de moyenne puissance.

Toutefois, les arrivées d'eau rendront les parois des fouilles sujettes à des éboulements en phase chantier.

De plus, d'éventuels éléments enterrés résiduels, voire des remblais de construction potentiellement plus grossiers, peuvent éventuellement être présents à faible profondeur au droit de ce site déjà aménagé. Les terrassements pourront dans ce cas nécessiter l'emploi d'outils ou d'engins plus puissants (dérocteur, BRH...).

Rappelons aussi que de manière générale, toute zone décomprimée et/ou remblayée fera l'objet d'un traitement spécifique par purge et compactage notamment.

5.4.4. Drainage en phase chantier

La présence de la nappe alluviale à faible profondeur et la qualité médiocre des sols superficiels nécessiteront de procéder à un drainage dès le démarrage du chantier (rabattement, drainage de la nappe). Il est à signaler qu'en fonction de la saison envisagée pour les travaux, le niveau de la nappe pourrait présenter de fortes variations.

De plus, des venues d'eau peuvent apparaître exceptionnellement en cours de terrassement dans ce contexte de matériaux perméables. Elles seront alors collectées en périphérie et évacuées en dehors de la fouille (captage).

Suivant les conditions climatiques et le type de fondation retenu, il sera nécessaire de procéder à l'évacuation des eaux se trouvant en fond de fouille par un moyen approprié (captage, drainage, pompage...). Pour limiter le surcoût, il sera préférable de réaliser les travaux durant les périodes les plus sèches où le niveau de la nappe est au plus bas.

Les dispositions spécifiques prévisibles seront adaptées au cas par cas pour assurer la mise au sec de la plateforme de travail à tout moment.

5.4.5. Talutage / Soutènements

Au vu des contextes géologique, hydrogéologique et environnemental, des différentes hauteurs d'excavation et en raison de l'instabilité des terrains traversés, il s'avérera nécessaire de mettre en place des soutènements en phase travaux : panneaux jointifs, coffrage coulissant, avec liernes et butons etc..., associés à un épuisement de la fouille par rabattement de nappe. Ce blindage devra permettre d'éviter toute décompression des sols.

De plus, nous rappelons que la mise en place d'un soutènement est nécessaire pour permettre le travail des personnes dans une fouille d'une profondeur supérieure à 1.3 m et de largeur inférieure ou égale aux deux tiers de la profondeur.

De façon générale, le stockage du matériel et des matériaux sera éloigné de la fouille, d'une distance au moins égale à sa profondeur, de façon à éviter le risque d'éboulement des parements et des chutes d'objet dans celle-ci.

Un dimensionnement spécifique devra être réalisé impérativement pour vérifier la tenue du dispositif du soutènement, nécessitant entre autres de connaître les valeurs de la cohésion C et de l'angle de frottement interne φ des matériaux traversés. En l'absence d'essai spécifique sur les données de cisaillement ou sur les principes constructifs retenus, ce dimensionnement pourra être calculé dans la phase ultérieure d'exécution par l'entreprise.

La réalisation du projet actuel implique l'exécution de déblais au voisinage immédiat de constructions existantes dont les fondations et la structure sont inconnues. Toutes les précautions devront être prises pour leur éviter tout dommage tant en phase provisoire que définitive. Une analyse de risque devra impérativement être réalisée au stade d'exécution.

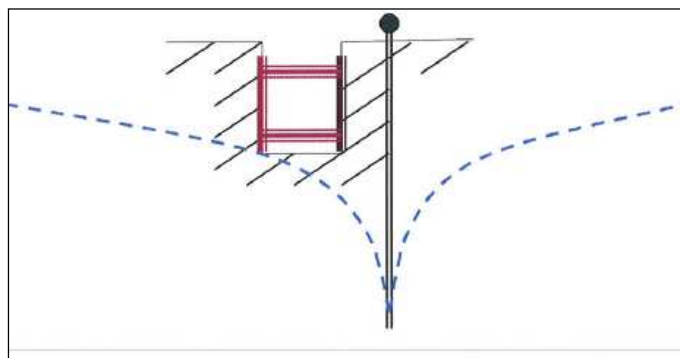
5.4.6. Epuisement de l'eau / Sous-pression hydrostatique

Suite aux observations faites au cours de la campagne d'investigations, le terrain est baigné par une nappe phréatique dont le niveau se situait au moment de nos investigations vers 0.8 à 1.2 m de profondeur par rapport au terrain actuel.

De ce fait, les terrassements recouperont la nappe phréatique et il y aura donc nécessité de prévoir un rabattement de celle-ci pour assurer la mise au sec de la fouille à tout moment.

Un dimensionnement spécifique devra être réalisé impérativement pour vérifier les dispositions concernant le rabattement de la nappe.

La fouille devra être épuisée en phase travaux. Compte tenu de la profondeur de l'excavation, la mise en œuvre, entre autres, d'un rabattement par pointes filtrantes en périphérie peut être envisagée pour rabattre la nappe d'au moins 1.0 m sous le fond de fouille, sachant qu'au-delà de 7.0 m de profondeur, la technique de pointes filtrantes devient inefficace. Toutefois, la mise en place des aiguilles filtrantes pourrait s'avérer délicate compte tenu de la granulométrie des sables et graviers.



Enfin, la réalisation d'un rabattement de nappe pourra entraîner des tassements susceptibles d'impacter les constructions avoisinantes dus à l'entraînement des éléments fins vers les pompages et à l'augmentation des contraintes effectives dans le sol. En effet, le risque de tassement est effectif compte tenu de la présence de matériaux évolutifs de type tourbe qui peuvent présenter des retraits importants lorsqu'ils ne sont plus noyés sous la nappe. De ce fait, il y aura lieu de suivre régulièrement les tassements sous les ouvrages avoisinants au rabattement et d'arrêter immédiatement le pompage en cas de tassements dépassant le seuil d'alerte. La détermination du rayon d'action permettrait également de mieux appréhender ces dispositions aux mitoyennetés.

Les conditions de renard et de boullance devront être vérifiées par l'entreprise selon les dispositifs retenus.

Il a été dit précédemment que la nappe phréatique avait été repérée vers 0.8 m de profondeur. L'ensemble des ouvrages enterrés devra être traité par cuvelage étanche jusqu'à + 0.50 m / NPHE.

Les structures ainsi calculées aux sous-pressions prendront en compte le niveau des plus hautes eaux de la nappe, soit en l'absence d'information à ce sujet, le niveau du terrain actuel. Ainsi, en considérant des assises d'ouvrage comprises entre 1.0 et 2.5 m de profondeur, les ouvrages devront être conçus pour permettre la reprise des poussées hydrostatiques qui peuvent être estimées ainsi entre 10 et 25 kPa.

5.5. Fondation par pieux

5.5.1. Généralités

Il est retenu un mode de fondation profonde par pieux descendus dans la craie compacte (formation n° 2b) dont le toit a été reconnu à partir de 8.5 m de profondeur par rapport au terrain existant au moment de nos interventions, en respectant un ancrage minimal d'au moins 3Ø dans la formation ou 1.5 m pour des pieux de diamètre supérieur à 0.5 m, soit une fiche minimale de pieux de 10.0 m/TA.

Il est proposé à titre indicatif et d'exemple de mettre en œuvre des pieux forés à la boue, notés FB ci-après, jusqu'au niveau d'ancrage prévu.

La longueur de chaque pieu sera à adapter en fonction de la charge effective en tête lorsque le plan de fondation intégrant cette solution sera réalisé.

La capacité portante de chaque pieu prendra en compte la résistance de pointe dans la formation crayeuse compacte n°2b. Le frottement latéral pourra être pris en compte dans les formations n°1 et 2a, mais neutralisé au niveau de la formation n°0 de remblais et limons vasards à tourbeux reconnue jusqu'à 2.5 m de profondeur.

NOTA : Il pourra être proposé par l'entreprise d'autres techniques de pieux équivalentes prenant en compte les contraintes d'exécution exposées ci-avant.

5.5.2. Calcul de la capacité portante

Au vu du contexte géotechnique exposé ci-avant, il est proposé de mettre en œuvre des pieux forés à la boue (provisoirement tubés en tête dans les remblais), notés FB ci-après (pieux de classe 1 / catégorie 2 suivant la norme NF P 94-262), jusqu'au niveau d'ancrage prévu.

Nota : il appartiendra à l'Entrepreneur de s'assurer de l'adéquation de cette technologie de mise en œuvre et de son matériel avec les sols en présence révélés par les investigations géotechniques.

L'approche retenue est celle du « modèle de terrain ». Selon les données transmises, les pieux sont ici considérés avec un comportement isolé, ce qui implique :

- une distance entre pieux supérieure à 2 fois leur diamètre (de nu à nu),
- l'absence d'effet de groupe.

5.5.3. Caractérisation des pieux

Il s'agira de pieux forés à la boue, de classe 1 et catégorie 2 selon la Norme NF P94-262. Concernant les bétons, on retiendra :

$$f_{ck}^* = \inf (f_{ck}(t) ; C_{max} ; f_{ck}) \times \frac{1}{k_1 k_2}$$

avec : $k_1=1.3$ pour des pieux forés à la boue et $k_2= 1.00$ pour des pieux forés $C_{max}=30.0$ MPa.

La contrainte maximale dans le béton à ne pas dépasser aux ELS sera de $0.3.k_3.f_{ck}^*$

Avec $k_3 = 1.0$ en l'absence de contrôle renforcé et $k_3 = 1.2$ dans le cas contraire.

$\alpha_{cc} = 0.8$ pour des pieux non armés

Dans le cadre du présent dimensionnement, nous avons fait l'hypothèse d'un béton C30/37 et d'un contrôle renforcé des pieux.

Les résultats obtenus sont synthétisés dans les tableaux ci-dessous :

| | |
|--|-------|
| Contrainte moyenne aux ELS Caractéristique (MPa) | 8.00 |
| Contrainte maximale aux ELU(Fond)(MPa) | 14.22 |
| Contrainte maximale aux ELU (acc)(MPa) | 17.77 |

5.5.4. Coefficients de modèle

S'agissant d'une procédure « modèle de terrain », on retiendra :

| Procédure Modèle de terrain | | |
|-----------------------------|-------------|----------|
| | Compression | Traction |
| $\gamma_{R,d1}$ | 1.40 | 1.70 |
| $\gamma_{R,d2}$ | 1.10 | 1.10 |

5.5.5. Données de terrain

Les épaisseurs des sols retenues sur lesquelles est basé le présent dimensionnement, sont résumées dans le tableau ci-dessous.

| N° | Couche | Profondeur base (m)/TA | Coefficient $\alpha_{\text{pieu-sol}}$ | Pression limite PI^* (MPa) | Pieux forés à la boue FB (cl.1/cat.2) | |
|----|--|------------------------|--|------------------------------|---------------------------------------|-------------|
| | | | | | $k_{p\text{Max}}^*$ | qs (kPa) |
| 0 | Remblais / Formations limono-vasardes à tourbeuses | 2.5 | - | < 0.20 | - | <u>0</u> |
| 1 | Alluvions sablo-limoneuses grises, molles à mi-consistantes | 6.0 | 1.25 | 0.55 | - | 44.47 (Q1) |
| 2a | Craie altérée blanchâtre | 8.5 | 1.80 | 2.45 | - | 150.38 (Q3) |
| 2b | Argile à marne sableuse grise avec bancs calcaires, très consistante | > 15.0 | 1.80 | 4.50 | 1.45 | 182.17 (Q3) |

Légende : k_p : facteur de portance q_s : frottement latéral unitaire limite

* $k_{p\text{max}}$ correspond à la valeur maximale du facteur de portance pour un encastrement relatif $D_{\text{ef}}/B > 5$. Toutefois, en fonction du diamètre nominal du pieu, si $D_{\text{ef}}/B < 5$ alors il conviendra de minorer la valeur du facteur de portance telle que $k_p = 1 + (k_{p\text{max}} - 1)(D_{\text{ef}}/B)/5$ conformément à l'annexe F.4.2 de la norme NF P 94-262.

Nota : Le frottement positif sera neutralisé sur toute l'épaisseur de l'horizon n°0 de remblais / limons vasards à tourbeux, y compris jusqu'à 1 m sous le niveau de purge / comblement le cas échéant, afin de tenir compte de la déconsolidation des sols en tête.

5.5.6. Pondérations

Aux Etats Limites Ultimes :

| Facteur partiels de résistance | γ_b | γ_s | γ_t | $\gamma_{s;t}$ |
|-------------------------------------|------------|------------|------------|----------------|
| Situations durables et transitoires | 1.10 | 1.10 | 1.10 | 1.15 |
| Situations accidentelles | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.05 |

Aux Etats Limites de Service :

| Facteur partiels de résistance | Résistance | Symboles | Valeurs |
|--------------------------------|--------------------|-----------------|---------|
| ELS Caractéristiques | Fût en compression | γ_{cr} | 0.9 |
| | Fût en traction | $\gamma_{s;cr}$ | 1.1 |
| ELS quasi-permanents | Fût en compression | γ_{cr} | 1.1 |
| | Fût en traction | $\gamma_{s;cr}$ | 1.5 |

5.5.7. Résultats en compression / traction

La capacité portante de chaque pieu prendra en compte la résistance de pointe dans la formation d'ancrage de la craie compacte n°2b. Le frottement latéral pourra être pris en compte dans les formations n°1, 2a à 2b, mais sera neutralisé sur toute l'épaisseur de l'horizon superficiel n°0 de remblais et d'alluvions vasardes à potentiellement tourbeuses sur une hauteur minimale de 2.5 m.

L'ébauche de dimensionnement donnée dans le tableau ci-après donne les charges admissibles en compression aux ELS (quasi-permanents / caractéristiques) et ELU (durable et transitoire / sismique) calculées à partir des hypothèses précédentes dans le cas de pieux forés à la boue, pour des diamètres de pieux de 420 à 820 mm et pour des fiches variant de 10.0 à 14.0m/TA :

Résultats en compression :

| Prof. (m) | Diamètre du pieu (m) | Kp | $\gamma_{R,d1}$ | $\gamma_{R,d2}$ | Rc,d ELU Fond. (T) | Rc,d ELU Acc. (T) | Rc,cr,d ELS Carac. (T) | Rc,cr,d ELS QP. (T) | qELS QP (MPa) |
|-----------|----------------------|------|-----------------|-----------------|--------------------|-------------------|------------------------|---------------------|---------------|
| 10.0 | 0.42 | 1.45 | 1.40 | 1.10 | 116.0 | 127.66 | 86.25 | 70.57 | 5.1 * |
| | 0.62 | 1.42 | | | 206.34 | 226.97 | 147.72 | 121.68 | 4.0 |
| | 0.82 | 1.32 | | | 307.11 | 337.82 | 217.60 | 178.03 | 3.4 |
| 12.0 | 0.42 | 1.45 | 1.40 | 1.10 | 144.43 | 158.88 | 110.53 | 90.43 | 6.5 * |
| | 0.62 | 1.45 | | | 250.73 | 275.80 | 186.08 | 152.25 | 5.0 |
| | 0.82 | 1.43 | | | 377.85 | 415.63 | 274.37 | 224.48 | 4.2 |
| 14.0 | 0.42 | 1.45 | 1.40 | 1.10 | 159.47 | 175.42 | 126.65 | 103.63 | 7.5 * |
| | 0.62 | | | | 263.55 | 289.90 | 204.16 | 167.04 | 5.5 * |
| | 0.82 | | | | 385.77 | 424.35 | 292.76 | 239.53 | 4.5 |

Avec : Rc ;d : valeur de calcul de la portance pour la combinaison correspondante (ELU fondamental ou accidentel),

Rc ;cr ;d : valeur de calcul de la charge de compression pour la combinaison correspondante (ELS caractéristique ou quasi-permanent).

Nota : * on veillera à ne pas dépasser la contrainte admissible dans le béton pour chaque situation.
Les profondeurs indiquées sont données par rapport au TN actuel.

Résultats en traction :

| Prof. (m) | Diamètre du pieu (m) | Rc,d ELU Fond. (T) | Rc,d ELU Acc. (T) | Rc,cr,d ELS Carac. (T) | Rc,cr,d ELS QP. (T) |
|--------------|----------------------------|--------------------------|-------------------------|------------------------------|---------------------------|
| 10.0 | 0.42 | 49.38 | 54.09 | 36.14 | 26.50 |
| | 0.62 | 72.90 | 79.84 | 53.35 | 39.12 |
| | 0.82 | 96.41 | 105.60 | 70.56 | 51.74 |
| 12.0 | 0.42 | 71.74 | 78.57 | 52.50 | 38.50 |
| | 0.62 | 105.90 | 115.98 | 77.50 | 56.83 |
| | 0.82 | 140.06 | 153.40 | 102.50 | 75.16 |
| 14.0 | 0.42 | 94.09 | 103.05 | 68.86 | 50.50 |
| | 0.62 | 138.90 | 152.13 | 101.65 | 74.54 |
| | 0.82 | 183.70 | 201.20 | 134.44 | 98.59 |

Remarques :

- selon la fiche finalement retenue pour les pieux, la réalisation de sondages complémentaires plus profonds sera nécessaire de manière à pouvoir justifier la portance des sols jusqu'à au moins 7 diamètres ou 5 m sous la base prévisible des pieux.
- la contrainte dans le béton vis-à-vis des ELS Caractéristiques a été limitée à 5.0 MPa dans le cas des pieux forés à la boue. Elle pourra être éventuellement redéfinie en fonction de la qualité du béton et des règlements en vigueur (notamment en cas de contrôle renforcé).
- la clause n°11 de l'article 1 de la norme NF P 94-262 précise qu'en l'absence de valeur de coefficients partiels relatifs à la portance des fondations profondes pour les combinaisons à l'ELU sismique dans les normes NF EN 1998-1 et NF EN 1998-5, il convient de considérer un facteur partiel $\gamma_t=1.1$ pour les ELU relatifs à la portance, ce qui place donc l'ELU sismique en situation durable et transitoire.
- Sur la base des éléments communiqués pour l'étude, **aucun frottement négatif ni effort parasite** (soulèvements, moments, efforts horizontaux) n'a été pris en compte dans le dimensionnement proposé. Dans le cas de remblaiements ou aménagements induisant ce type d'efforts, ces points devront être précisés dans le cadre d'une mission complémentaire ou au stade de l'exécution par l'Entreprise de fondations profondes.
- aucun effet de groupe n'a été pris en compte dans le dimensionnement proposé ; dans ce cas, l'entraxe entre les pieux ne devra pas être inférieur à $3\varnothing$, ou bien il conviendra d'appliquer un coefficient minorateur sur le terme de frottement latéral.

Dispositions constructives :

Les choix constructifs ne peuvent être faits que par le BET Structures, mais les points suivants sont à signaler :

- cf. dispositions données liées au contexte géotechnique et in-situ,
- au respect des conditions d'ancrage,
- au curage soigné du fond des forages,
- on apportera un soin particulier au positionnement des pieux de manière à éviter tout excentrement non initialement prévu des charges,
- d'armer impérativement les pieux s'ils sont soumis à des efforts de traction.
- l'entrepreneur vérifiera que le type de pieux et la puissance du matériel qu'il propose, permettront de réaliser les ancrages demandés pour assurer les capacités portantes retenues vis-à-vis du contexte géotechnique exposé précédemment.

L'entreprise sera en outre tenue de réaliser en parallèle un autocontrôle afin de vérifier l'intégrité et la bonne exécution de ses pieux (enregistrement des paramètres de forage, réalisation d'essais d'impédance en cas de défaut d'enregistrement, etc.).

Par défaut, pour un ouvrage de catégorie géotechnique 2 et une classe de conséquence CC2 pour le projet (risque moyen, à confirmer), et afin de confirmer les paramètres de dimensionnement considérés précédemment, la réalisation d'un essai de conformité ou d'un essai de contrôle au sens de la norme NF P 94-262 sera rendue obligatoire pour les pieux sollicités en traction (1 pour 50) dans le cas où la valeur de calcul de la charge correspondant à la combinaison à l'ELS-QP sera supérieure à 15% de la résistance limite de traction.

6. Observations majeures

On s'assurera que la stabilité des ouvrages et des sols avoisinant le projet est assurée pendant et après la réalisation de ce dernier.

Les conclusions du présent rapport ne sont valables que sous réserve des conditions générales des missions géotechniques de l'Union Syndicale Géotechnique fournies en annexe 1 (norme NF P94-500 de novembre 2013).

Nous rappelons que cette étude a été menée dans le cadre d'une étude géotechnique de conception en phase Projet (G2-PRO) limitée aux seuls éléments et descentes de charge verticales (charge uniformément répartie sur le radier / semelle) qui nous ont été communiqués et pris comme hypothèse dans le présent rapport.

Après réalisation de la mission G2-PRO, conformément à la norme NF P94-500 de novembre 2013, l'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique pourrait contribuer à la maîtrise des risques géologiques.

Ainsi une étude et un suivi géotechnique d'exécution pourraient être réalisés par l'entreprise adjudicataire des travaux. Elle permettrait d'adapter la présente note de calcul à ses moyens et méthodologies et de réduire les risques résiduels par la mise en œuvre à temps de mesure d'adaptation ou d'optimisation (mission G3, suivant la norme NFP 94-500).

Une supervision géotechnique d'exécution (mission G4 suivant la norme NFP 94-500), à la charge du maître d'ouvrage, permettrait de vérifier la conformité de l'étude et du suivi géotechniques d'exécution, conformément aux objectifs du projet.

ANNEXE 1 - NOTES GENERALES SUR LES MISSIONS GEOTECHNIQUES

- Classification des missions types d'ingénierie géotechnique,
- Schéma d'enchaînement des missions types d'ingénierie géotechnique.

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

CLASSIFICATION DES MISSIONS TYPES D'INGENIERIE GEOTECHNIQUE

Extrait de la norme AFNOR sur les MISSIONS D'INGENIERIE GEOTECHNIQUE (NF P 94-500 - version de Novembre 2013)

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

ÉTAPE 1 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE PRÉALABLE (G1)

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

Phase Étude de Site (ES)

Elle est réalisée en amont d'une étude préliminaire, d'esquisse ou d'APS pour une première identification des risques géotechniques d'un site.

- Faire une enquête documentaire sur le cadre géotechnique du site et l'existence d'avoisinants avec visite du site et des alentours.
- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Fournir un rapport donnant pour le site étudié un modèle géologique préliminaire, les principales caractéristiques géotechniques et une première identification des risques géotechniques majeurs.

Phase Principes Généraux de Construction (PGC)

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

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

ÉTAPE 2 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE DE CONCEPTION (G2)

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

Phase Avant-projet (AVP)

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

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

Phase Projet (PRO)

Elle est réalisée au stade du projet de la maîtrise d'œuvre et s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées suffisamment représentatives pour le site.

- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Fournir un dossier de synthèse des hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade du projet (valeurs caractéristiques des paramètres géotechniques en particulier), des notes techniques donnant les choix constructifs des ouvrages géotechniques (terrassements, soutènements, pentes et talus, fondations, assises des dallages et voiries, améliorations de sols, dispositions vis-à-vis des nappes et des avoisinants), des notes de calcul de dimensionnement, un avis sur les valeurs seuils et une approche des quantités.

Phase DCE / ACT

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

- Établir ou participer à la rédaction des documents techniques nécessaires et suffisants à la consultation des entreprises pour leurs études de réalisation des ouvrages géotechniques (dossier de la phase Projet avec plans, notices techniques, cahier des charges particulières, cadre de bordereau des prix et 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

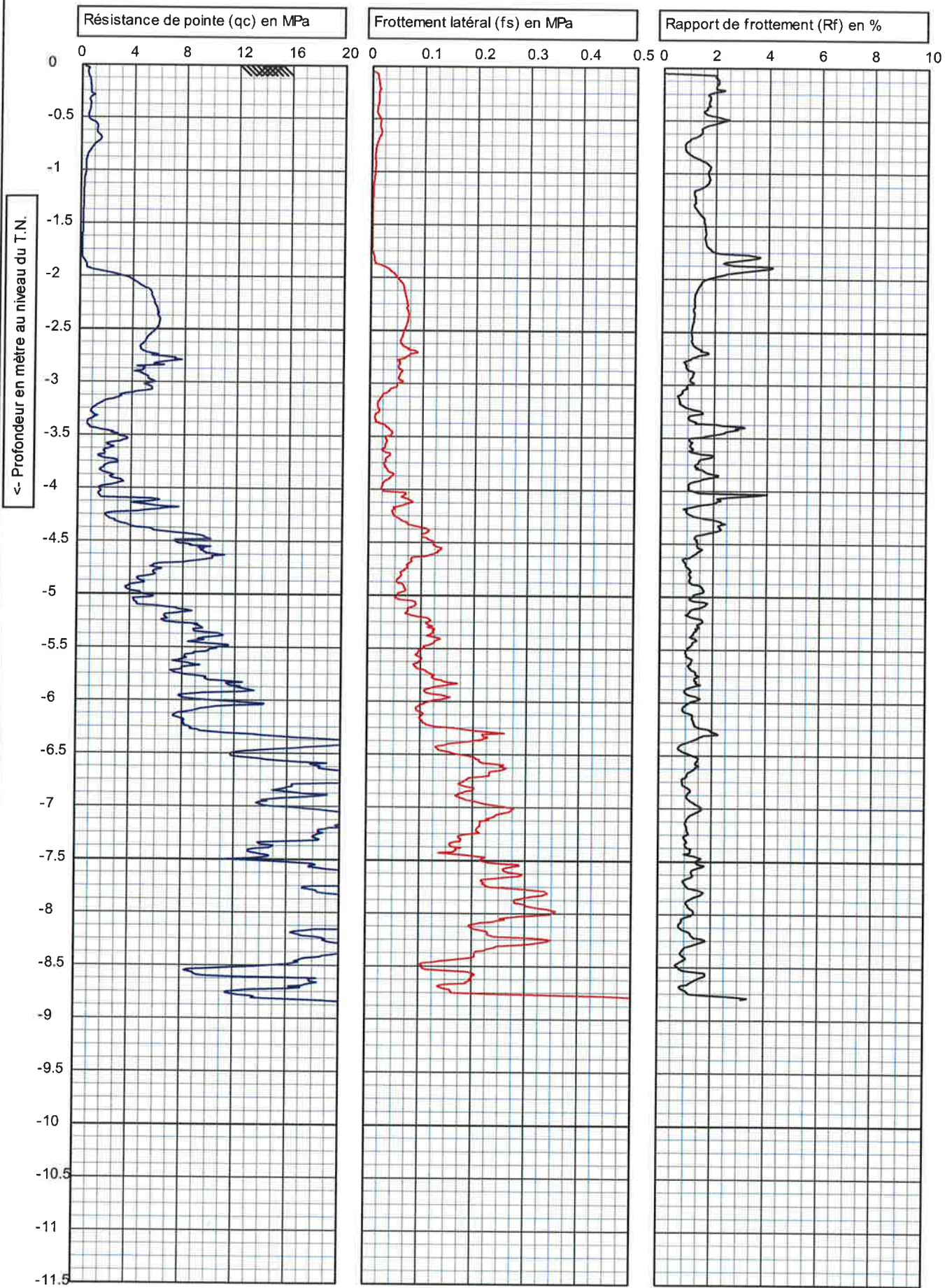
- Par interventions ponctuelles sur le chantier, donner un avis sur la pertinence du contexte géotechnique tel qu'observé par l'entrepreneur (G3), du comportement tel qu'observé par l'entrepreneur de l'ouvrage et des avoisinants concernés (G3), de l'adaptation ou de l'optimisation de l'ouvrage géotechnique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

ANNEXE 2 – RAPPEL DES SONDAGES ISSUS DE L'ETUDE G2AVP



SONDAGE PRESSIOMETRIQUE PRS2

Chantier: **Rue Hélène Boucher - SANGATTE (62)**

Dossier : **NBE2.G0166**

Client : **AQUATEST / CDA DU CALAISIS**

Echelle : **1/85**

Machine : **SOCOMAFOR 50C**

Date début de forage : **04/07/2016**

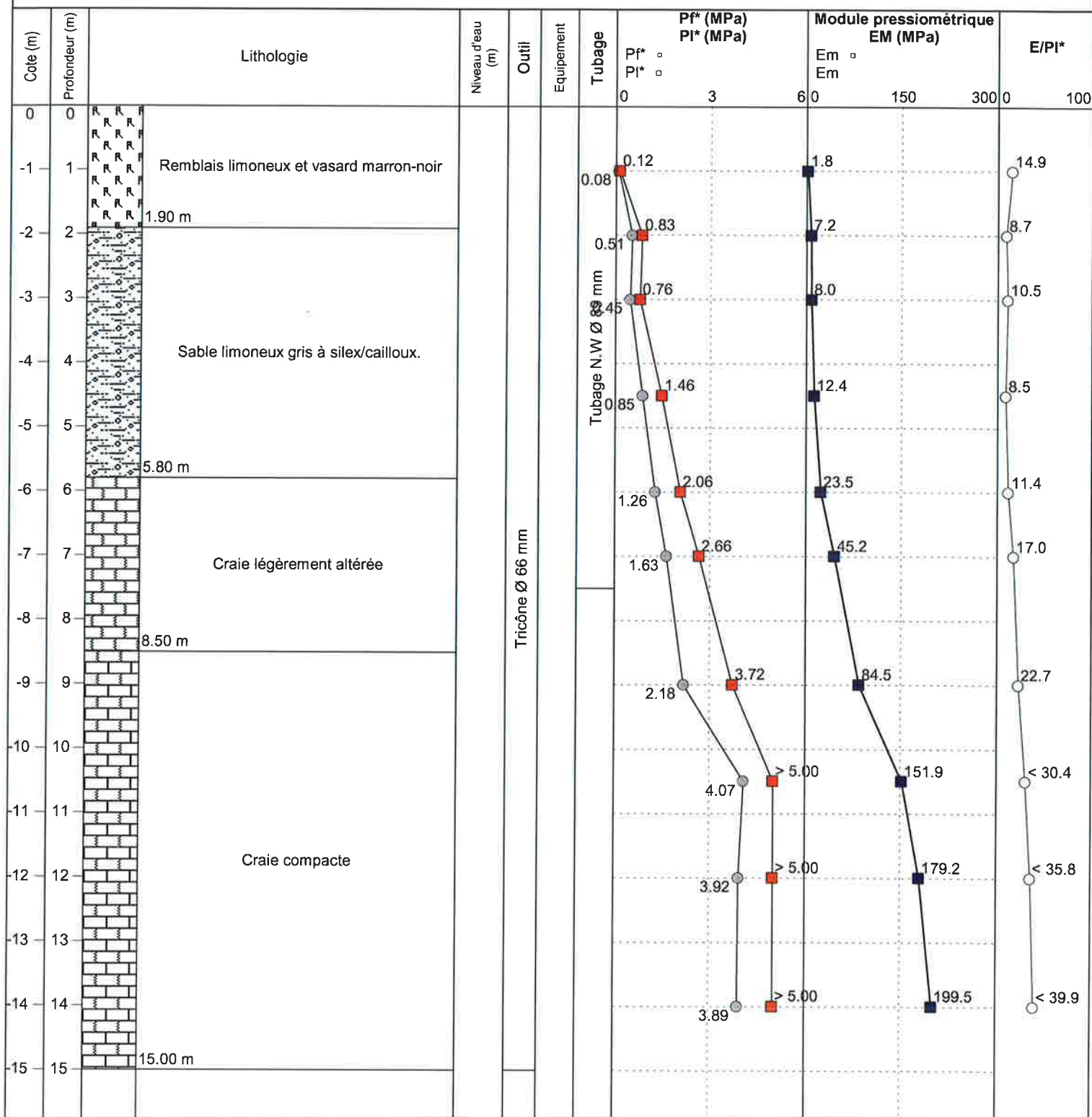
Date fin de forage : **04/07/2016**

Profondeur de fin : **15.00m**

X :

Y :

Z :



Observation :

SONDAGE à la TARIERE T3

Chantier: **Rue Hélène Boucher - SANGATTE (62)**

Dossier : **NBE2.G0166**

Client : **AQUATEST / CDA DU CALAISIS**

Echelle : **1/85**

Machine : **SOCOMAFOR 50C**

X :

Y :

Z :

Date début de forage : **01/07/2016**

Date fin de forage : **01/07/2016**

Profondeur de fin : **10.00m**

| Cote (m) | Profondeur (m) | Outil | Tubage | Lithologie | Niveau d'eau (m) | Equipement | Echantillons | Résultats des essais en laboratoire |
|----------|----------------|-------|--------|---|------------------|------------|--------------|-------------------------------------|
| 0 | 0 | | | Remblais limono-sableux à vasard | | | | |
| -1 | 1 | | | 1.20 m | | | | |
| -2 | 2 | | | Limon vasard | | | | |
| -3 | 3 | | | 1.90 m | | | | |
| -4 | 4 | | | Sable limoneux gris à silex (GTR : B5) | | | | |
| -5 | 5 | | | 3.40 m | | | | |
| -6 | 6 | | | Limon sableux gris-beige, présence de silex/cailloux (GTR : A1) | | | | |
| -7 | 7 | | | 5.80 m | | | | |
| -8 | 8 | | | Craie | | | | |
| -9 | 9 | | | | | | | |
| -10 | 10 | | | 10.00 m | | | | |
| -11 | 11 | | | | | | | |
| -12 | 12 | | | | | | | |
| -13 | 13 | | | | | | | |
| -14 | 14 | | | | | | | |
| -15 | 15 | | | | | | | |

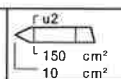
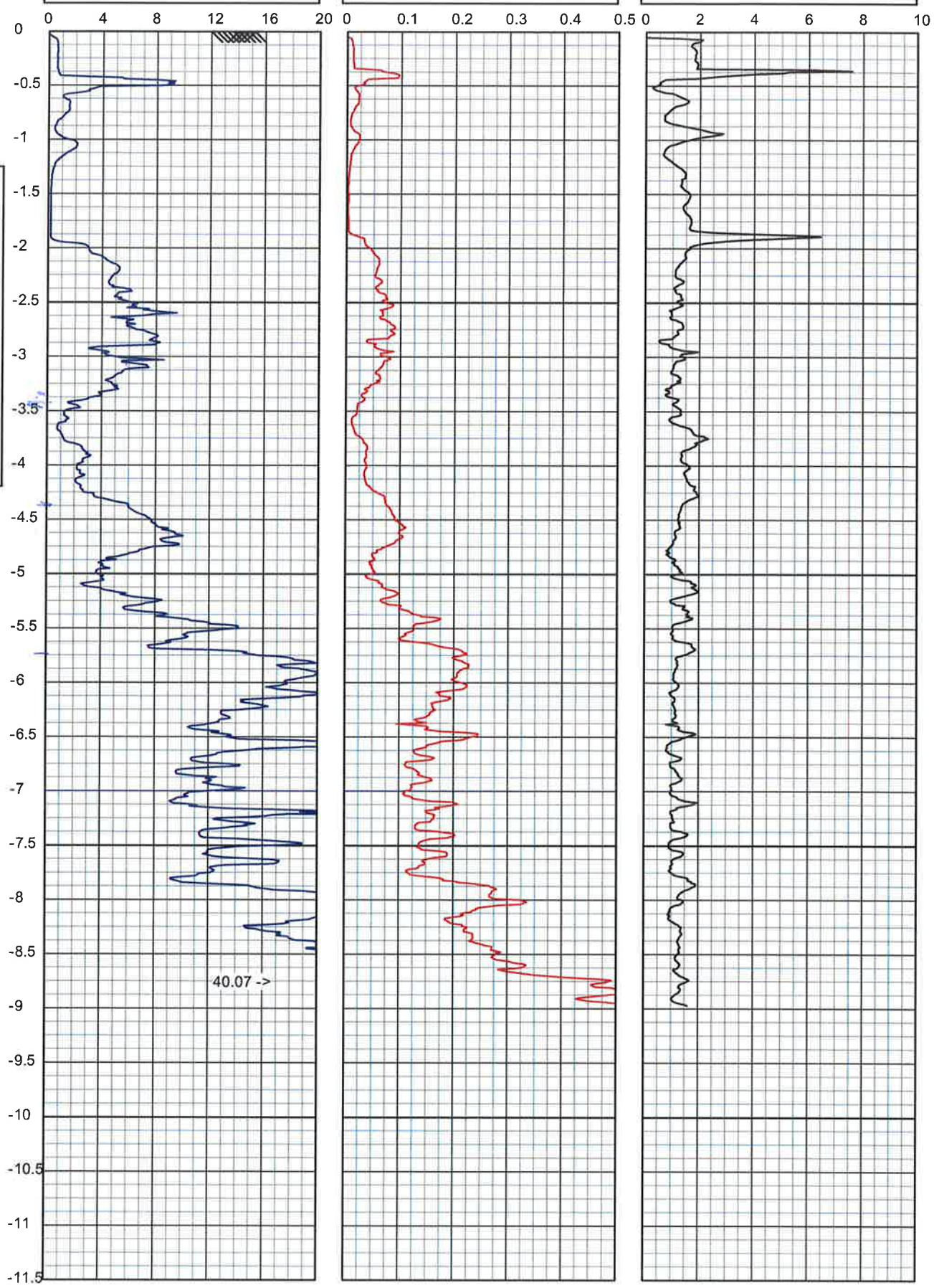
Observation :

<- Profondeur en mètre au niveau du T.N.

Résistance de pointe (qc) en MPa

Frottement latéral (fs) en MPa

Rapport de frottement (Rf) en %



NF EN ISO 22476-1

T.N.: 0.00 m

Niv. e±0.00 m

Projet: **Extension de la STEP**
Site: **SANGATTE (62)**
Position: **0, 0**

Avant trou: **0.00 m**

Date: **24/06/2016**

N° pointe: **C10CRIP.C14478**

N° projet: **NBE2.G0166**

N° essai: **PS3**

SONDAGE à la TARIERE T4

Chantier: **Rue Hélène Boucher - SANGATTE (62)**

Dossier : **NBE2.G0166**

Client : **AQUATEST / CDA DU CALAISIS**

Echelle : **1/85**

Machine : **SOCOMAFOR 50C**

X :

Y :

Z :

Date début de forage : **30/06/2016**

Date fin de forage : **30/06/2016**

Profondeur de fin : **10.00m**

| Cote (m) | Profondeur (m) | Outil | Tubage | Lithologie | Niveau d'eau (m) | Equipement | Echantillons | Résultats des essais en laboratoire |
|----------|----------------|-------|--------|--|------------------|------------|--------------|-------------------------------------|
| 0 | 0 | | | Remblais sableux + cailloux 0.80 m | | | | |
| -1 | 1 | | | Limon vasard 2.20 m | | | | |
| -2 | 2 | | | Sable limoneux gris (GTR : A1) 3.30 m | | | | |
| -3 | 3 | | | Sable limono-argileux + galets/cailloux (GTR : B5) 5.30 m | | | | |
| -4 | 4 | | | Craie blanche 10.00 m | | | | |
| -5 | 5 | | | | | | | |
| -6 | 6 | | | | | | | |
| -7 | 7 | | | | | | | |
| -8 | 8 | | | | | | | |
| -9 | 9 | | | | | | | |
| -10 | 10 | | | | | | | |
| -11 | 11 | | | | | | | |
| -12 | 12 | | | | | | | |
| -13 | 13 | | | | | | | |
| -14 | 14 | | | | | | | |
| -15 | 15 | | | | | | | |

Observation :

Ech.Prof: 1/50°

date travaux: 30/06/16

| Prof. (m) | Outils | Tubage | Etages | COUPE Prof NGF | Description des sols | Piezomètre | Echant. | équipement Piezo et observations |
|--------------|--------|--------|--------|-------------------|---|------------|---------|---|
| 1 | | | | 0.80 | Remblais sableux + cailloux | | | capot métallique en tête du Piézo sur massif de scellement. gravillons drainants autour du tube début crépine à 1 m. |
| 2 | | | | 2.20 | Limon vasard | | | |
| 3 | | | | 3.30 | Sable limoneux gris | | | |
| 4 | | | | 5.30 | Sable limono-argileux + galets/cailloux | | | |
| 5 | | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | | |
| 7 | | | | | | | | |
| 8 | | | | | Craie blanche | | | |
| 9 | | | | | | | | |
| 10 | | | | 10.00 | [Arrêt du sondage] | | | tube piezo PVC diamètre Int. 52 mm longueur 10 m. bouchon à la base |

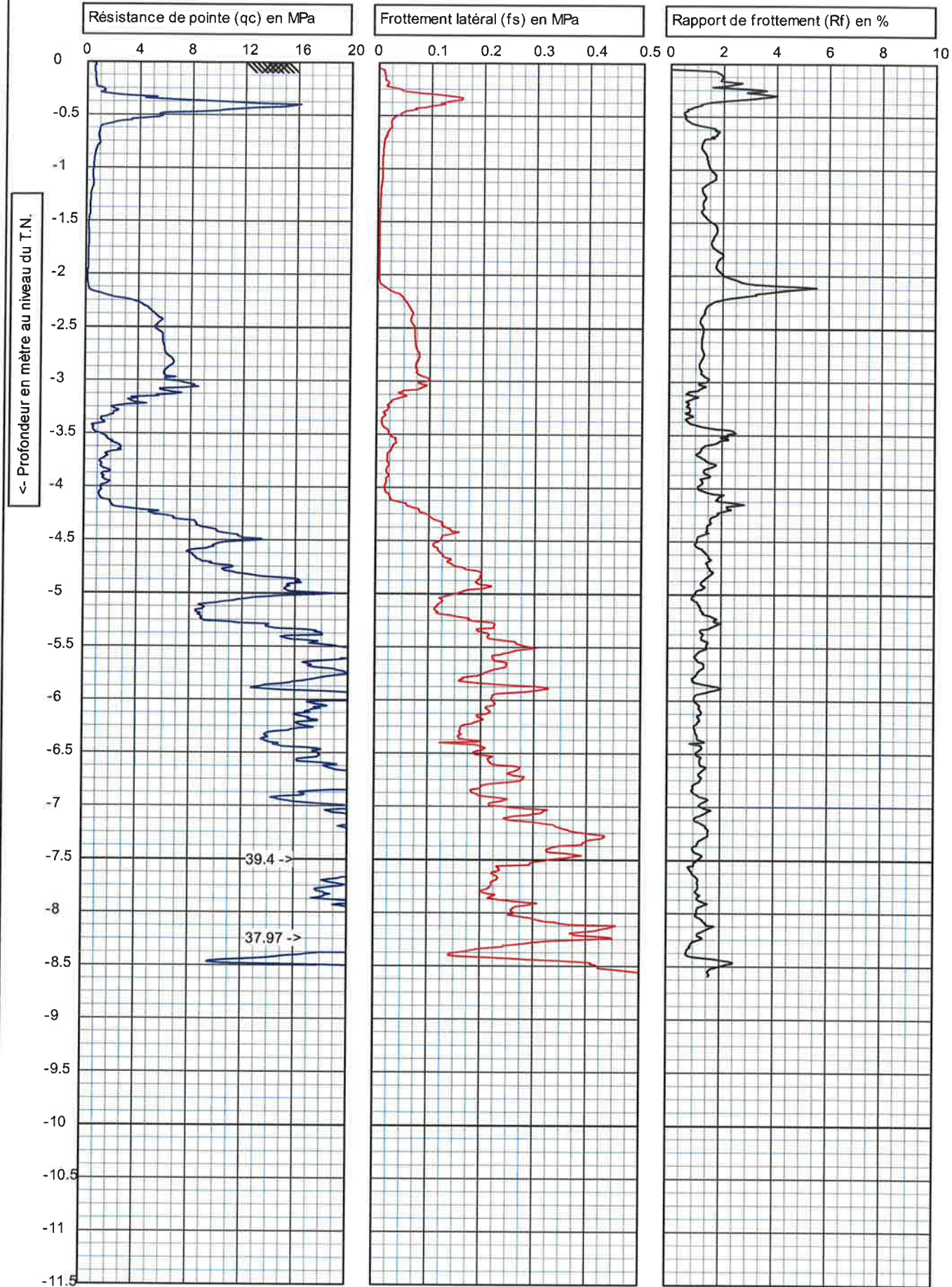
Logiciel SONDAGE32 - Version 3.62 du 03-12-2015 -- [D.O.E137 - V.1 du 17/05/2011]

Sondeuse: SOCOMAFOR 50C

Observations : /

Niveau d'eau à 0.8 m.
niveau relevé le 18/08/16

Edité le 18/08/2016



SONDAGE PRESSIOMETRIQUE PRS5

Chantier: **Rue Hélène Boucher - SANGATTE (62)**

Dossier : **NBE2.G0166**

Client : **AQUATEST / CDA DU CALAISIS**

Echelle : **1/85**

Machine : **SOCOMAFOR 50C**

Date début de forage : **30/06/2016**

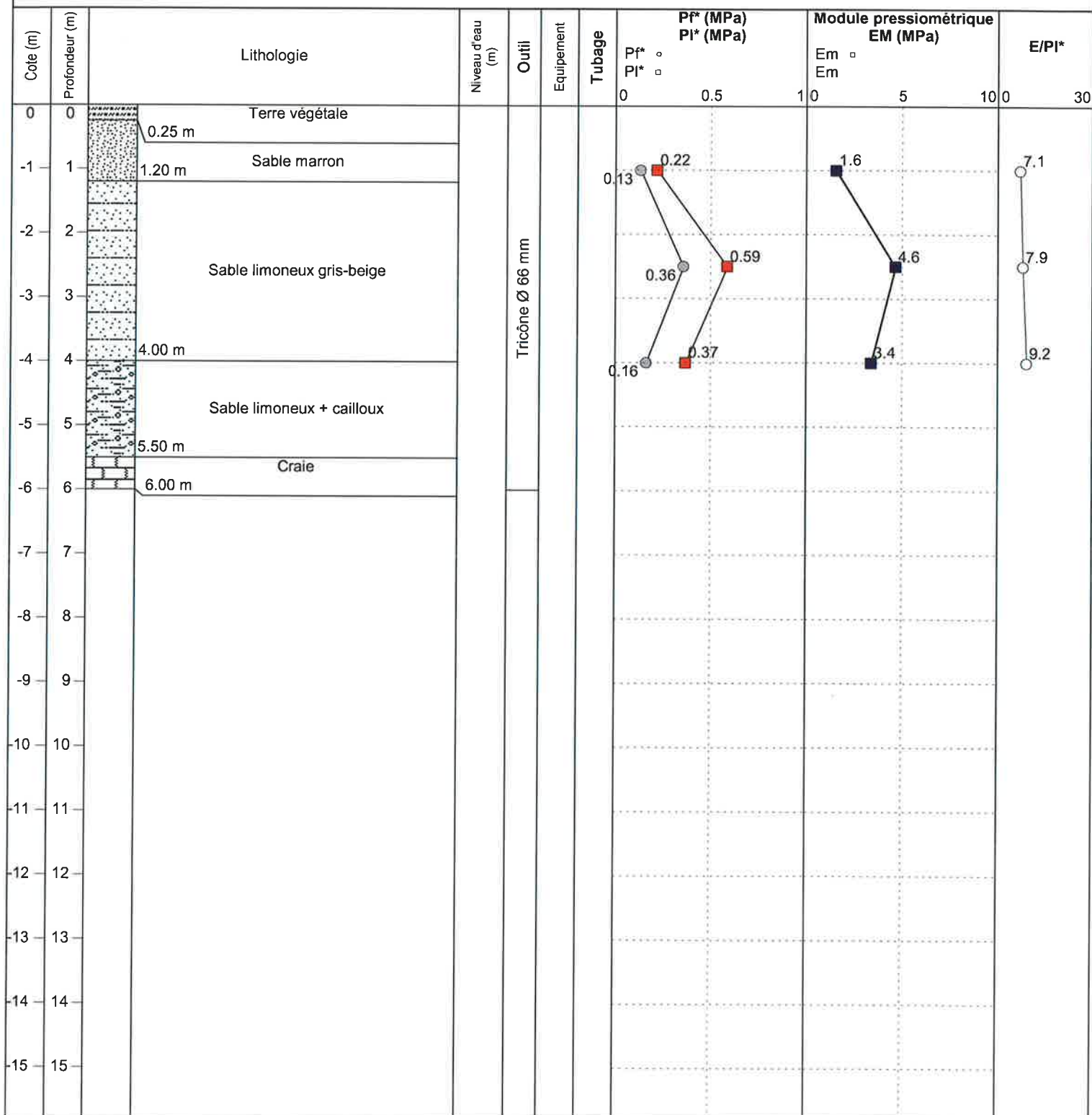
Date fin de forage : **30/06/2016**

Profondeur de fin : **6.00m**

X :

Y :

Z :



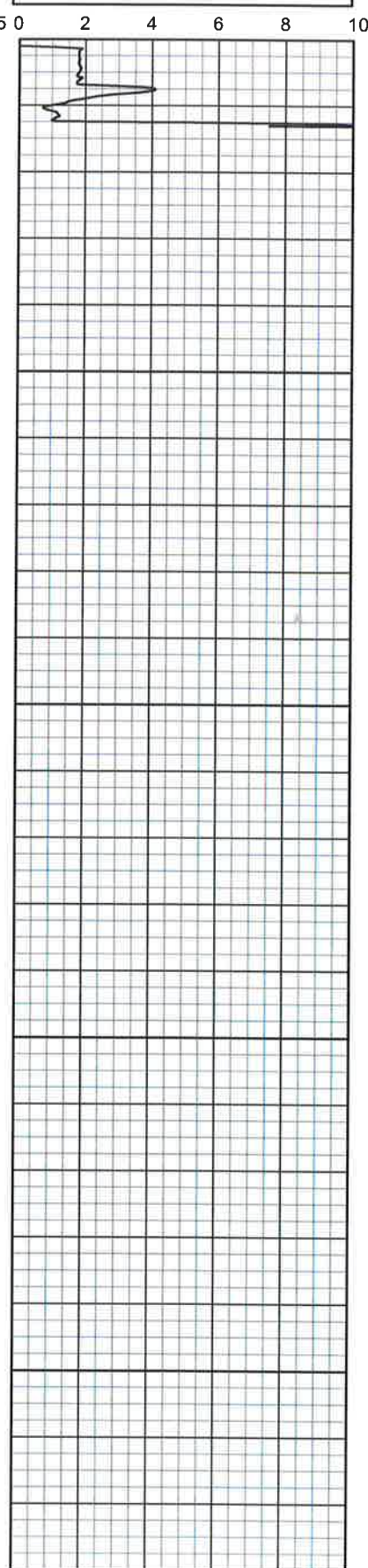
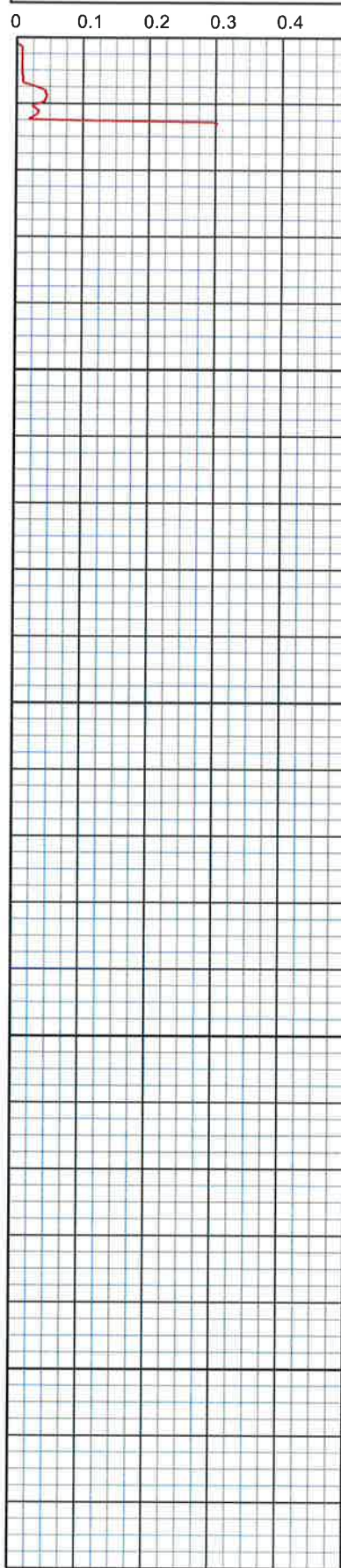
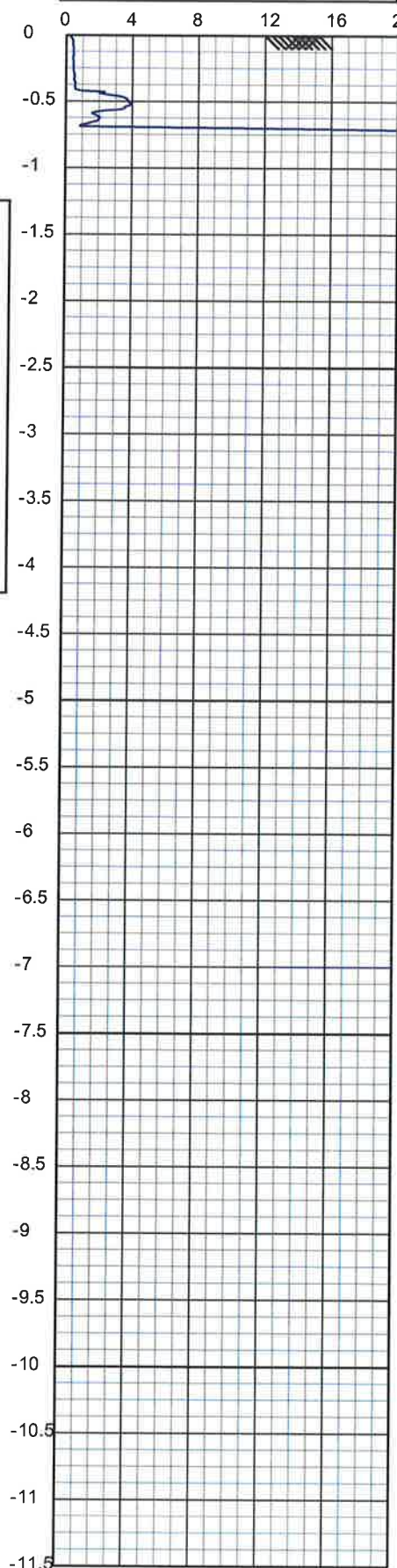
Observation :

← Profondeur en mètre au niveau du T.N.

Résistance de pointe (qc) en MPa

Frottement latéral (fs) en MPa

Rapport de frottement (Rf) en %

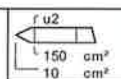
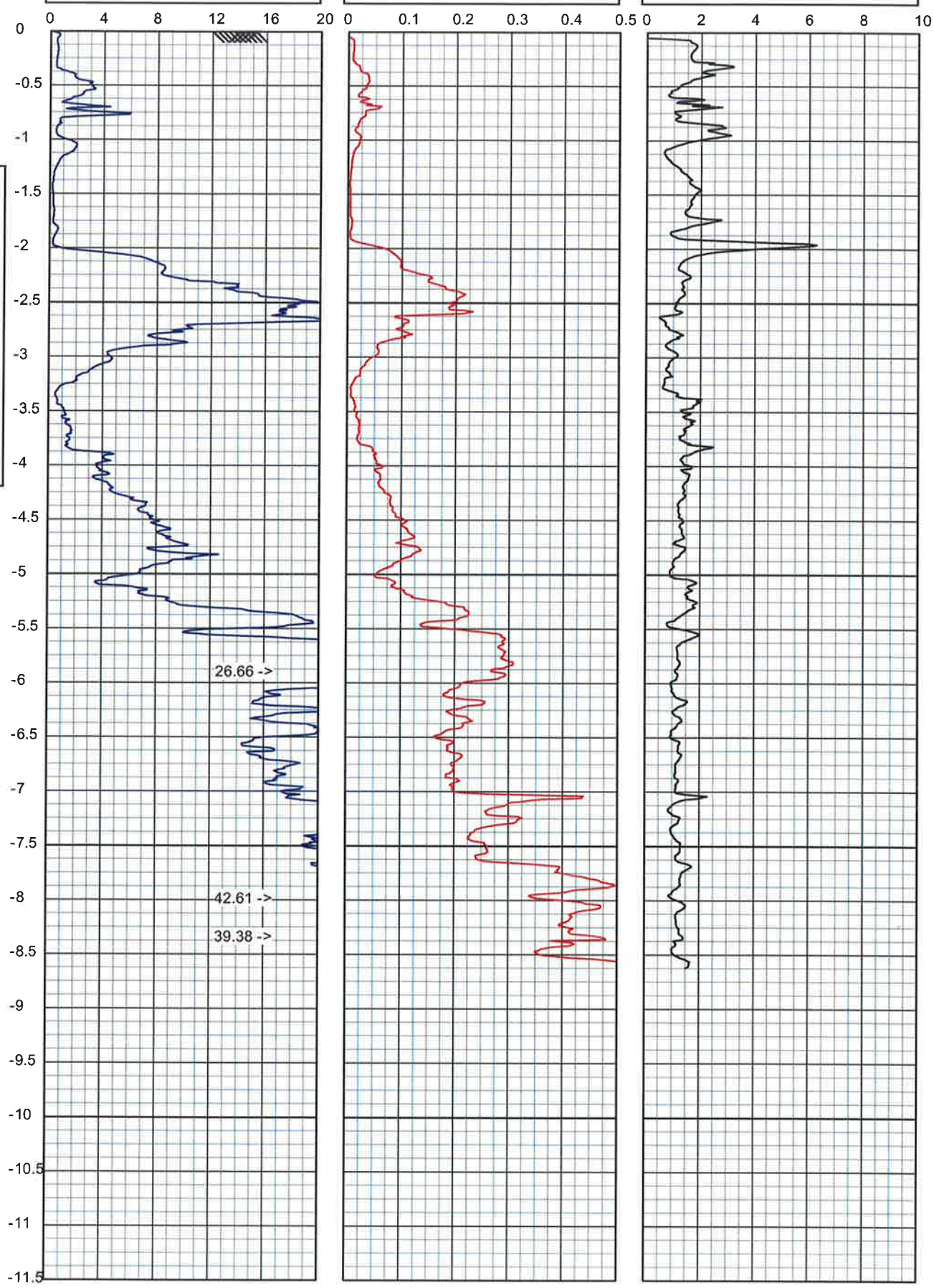


← Profondeur en mètre au niveau du T.N.

Résistance de pointe (qc) en MPa

Frottement latéral (fs) en MPa

Rapport de frottement (Rf) en %



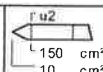
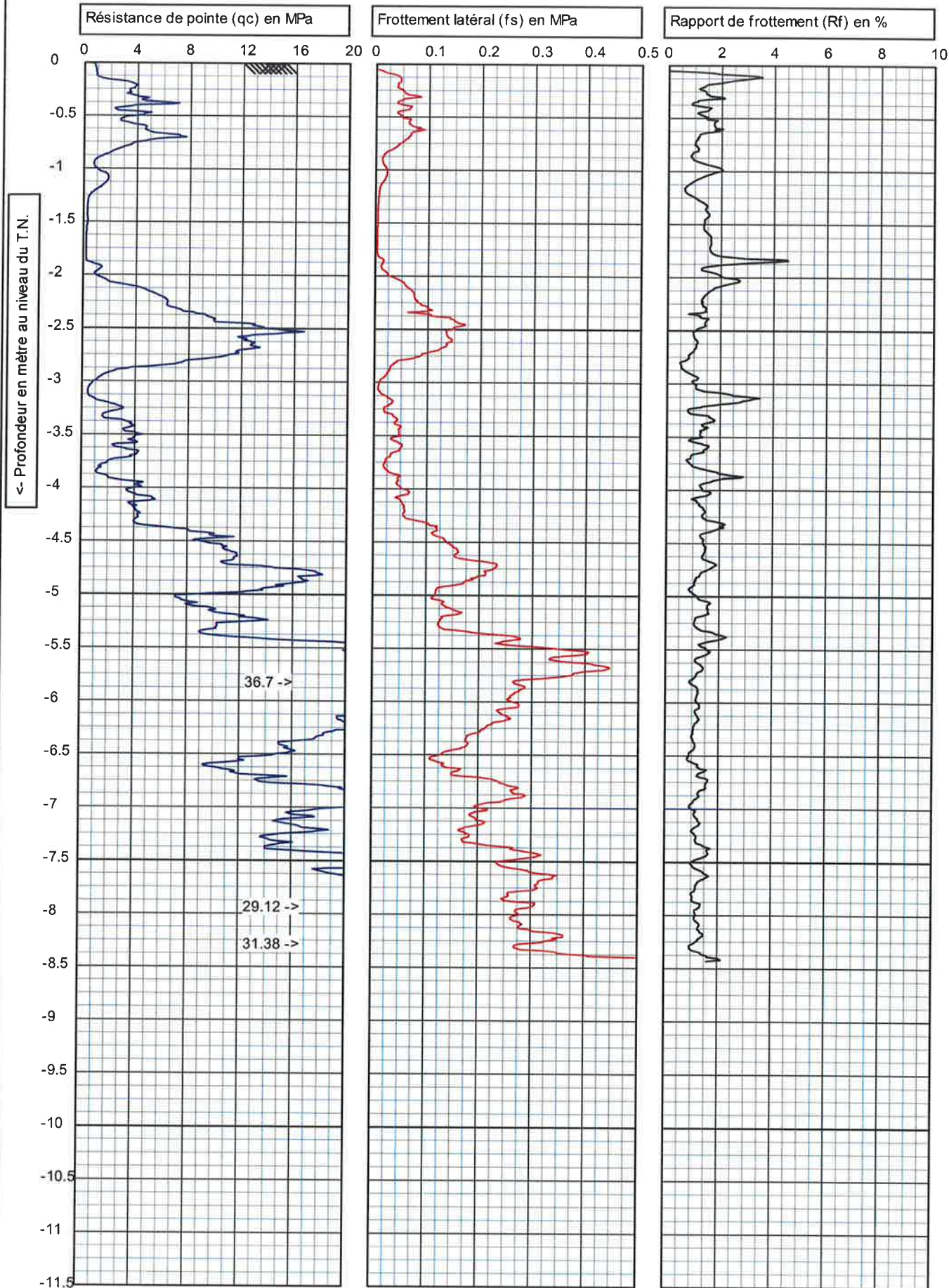
NF EN ISO 22476-1

T.N.: 0.00 m

Niv. ez0.00 m

Projet: **Extension de la STEP**
Site: **SANGATTE (62)**
Position: **0, 0**

| | |
|-------------|----------------|
| Avant trou: | 0.00 m |
| Date: | 24/06/2016 |
| N° pointe: | C10CFIP.C14478 |
| N° projet: | NBE2.G0166 |
| N° essai: | PS6 BIS |



NF EN ISO 22476-1

T.N.: 0.00 m

Niv. \approx 0.00 m

Avant trou: 0.00 m

Date: 24/06/2016

Projet: **Extension de la STEP**

N° pointe: **C10CFIIP.C14478**

Site: **SANGATTE (62)**

N° projet: **NBE2.G0166**

Position: **0, 0**

N° essai: **PS7**

1/1

SONDAGE à la TARIERE T8

Chantier: **Rue Hélène Boucher - SANGATTE (62)**

Dossier : **NBE2.G0166**

Client : **AQUATEST / CDA DU CALAISIS**

Echelle : **1/85**

Machine : **SOCOMAFOR 50C**

X :

Y :

Z :

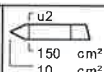
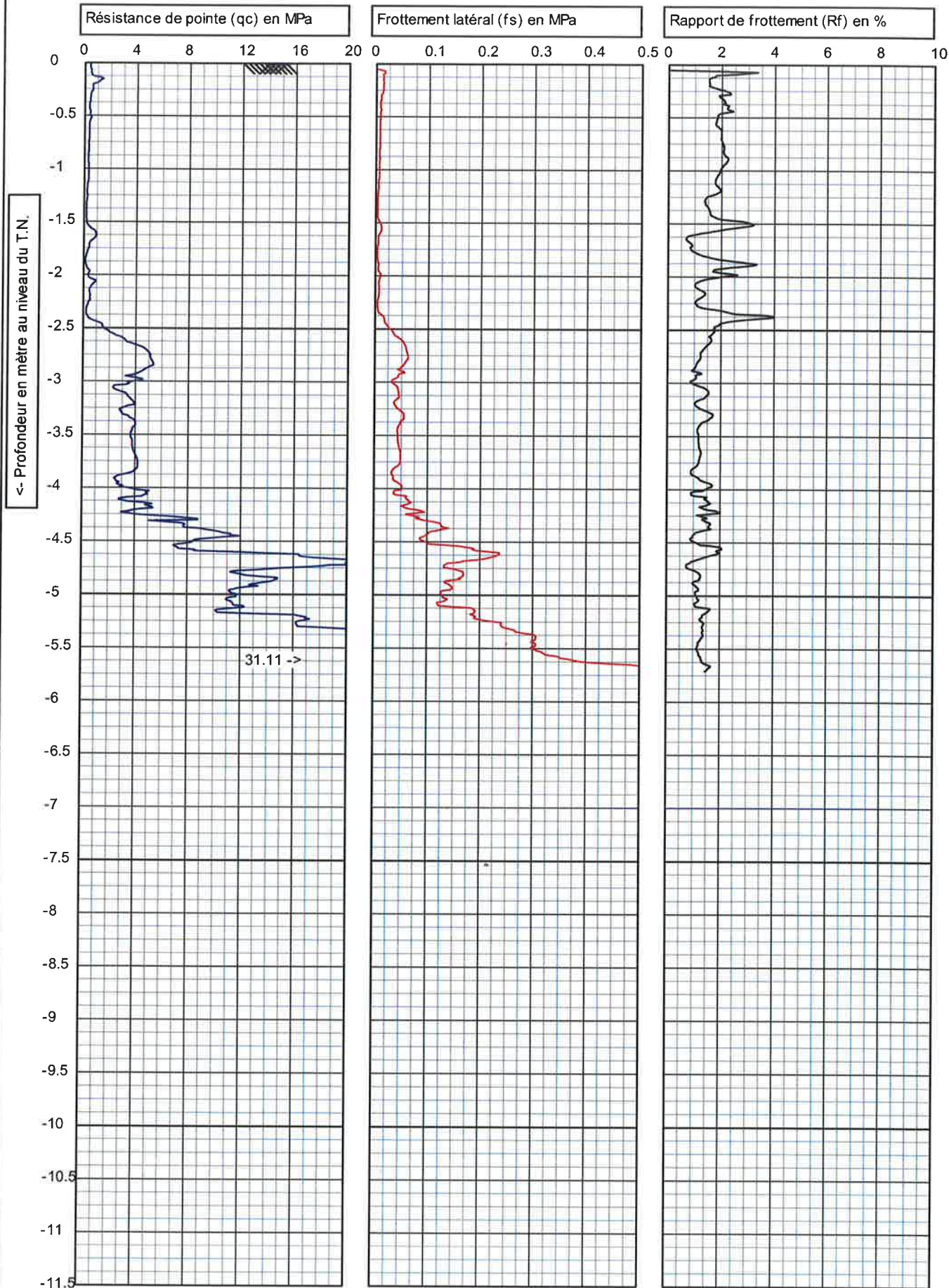
Date début de forage : **04/07/2016**

Date fin de forage : **04/07/2016**

Profondeur de fin : **10.00m**

| Cote (m) | Profondeur (m) | Outil | Tubage | Lithologie | Niveau d'eau (m) | Equipement | Echantillons | Résultats des essais en laboratoire |
|----------|----------------|-------|--------|---|------------------|------------|--------------|-------------------------------------|
| 0 | 0 | | | | | | | |
| -1 | 1 | | | Limon vasard | | | | |
| -2 | 2 | | | 2.40 m | | | | |
| -3 | 3 | | | Sable limoneux gris + cailloux (GTR : B5) | | | | |
| -4 | 4 | | | 4.60 m | | | | |
| -5 | 5 | | | | | | | |
| -6 | 6 | | | | | | | |
| -7 | 7 | | | Craie | | | | |
| -8 | 8 | | | | | | | |
| -9 | 9 | | | | | | | |
| -10 | 10 | | | 10.00 m | | | | |
| -11 | 11 | | | | | | | |
| -12 | 12 | | | | | | | |
| -13 | 13 | | | | | | | |
| -14 | 14 | | | | | | | |
| -15 | 15 | | | | | | | |

Observation :



f_{u2}
 150 cm²
 10 cm²

NF EN ISO 22476-1

T.N.: 0.00 m

Niv. \approx 0.00 m

Projet: **Extension de la STEP**

Site: **SANGATTE (62)**

Position: **0, 0**

Avant trou: **0.00 m**

Date: **24/06/2016**

N° pointe: **C10CFIP.C14478**

N° projet: **NBE2.G0166**

N° essai: **PS8**

1/1

SONDAGE PRESSIOMETRIQUE PRS9

Chantier: **Rue Hélène Boucher - SANGATTE (62)**

Dossier : **NBE2.G0166**

Client : **AQUATEST / CDA DU CALAISIS**

Echelle : **1/85**

Machine : **SOCOMAFOR 50C**

Date début de forage : **04/07/2016**

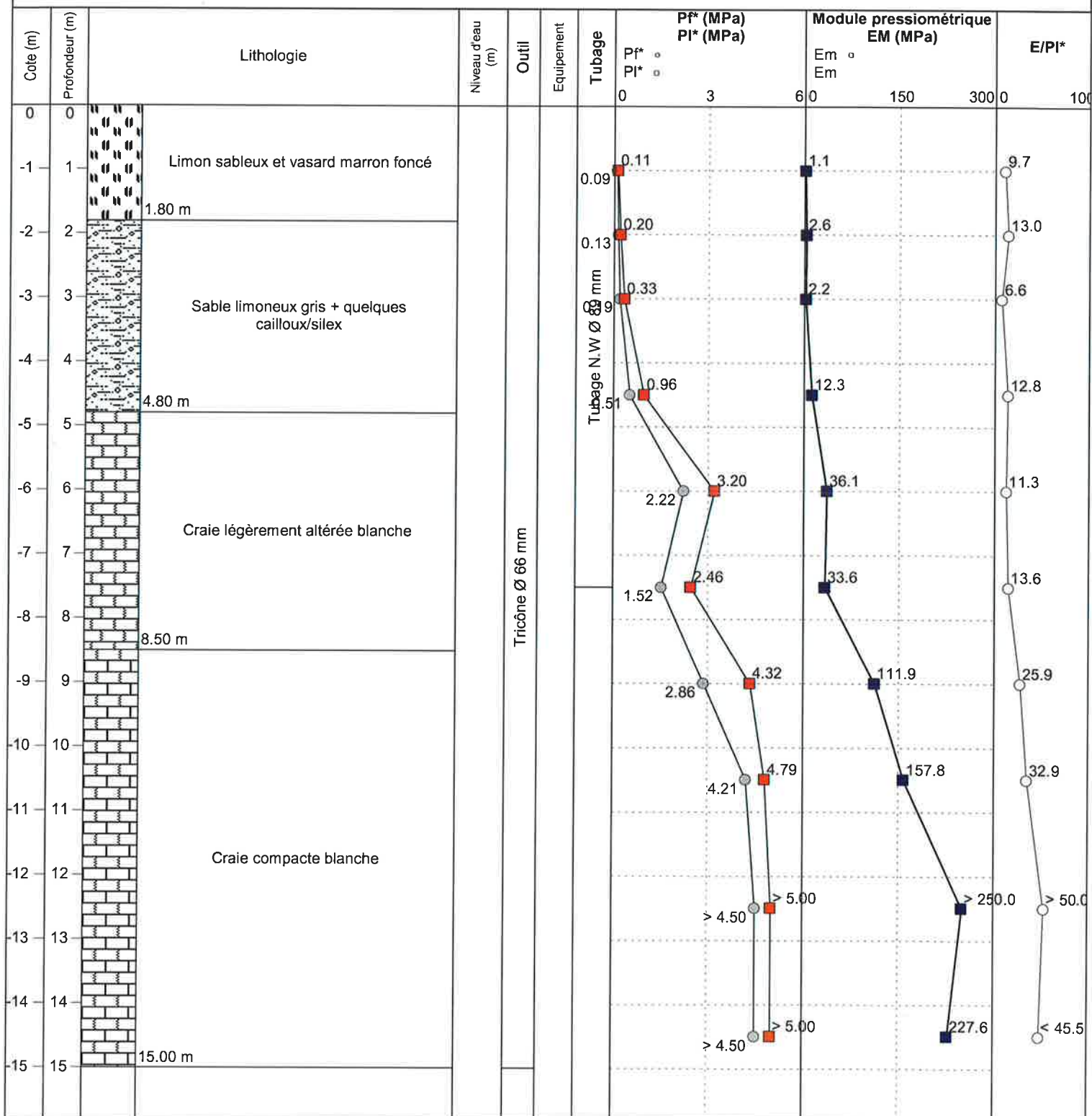
Date fin de forage : **04/07/2016**

Profondeur de fin : **15.00m**

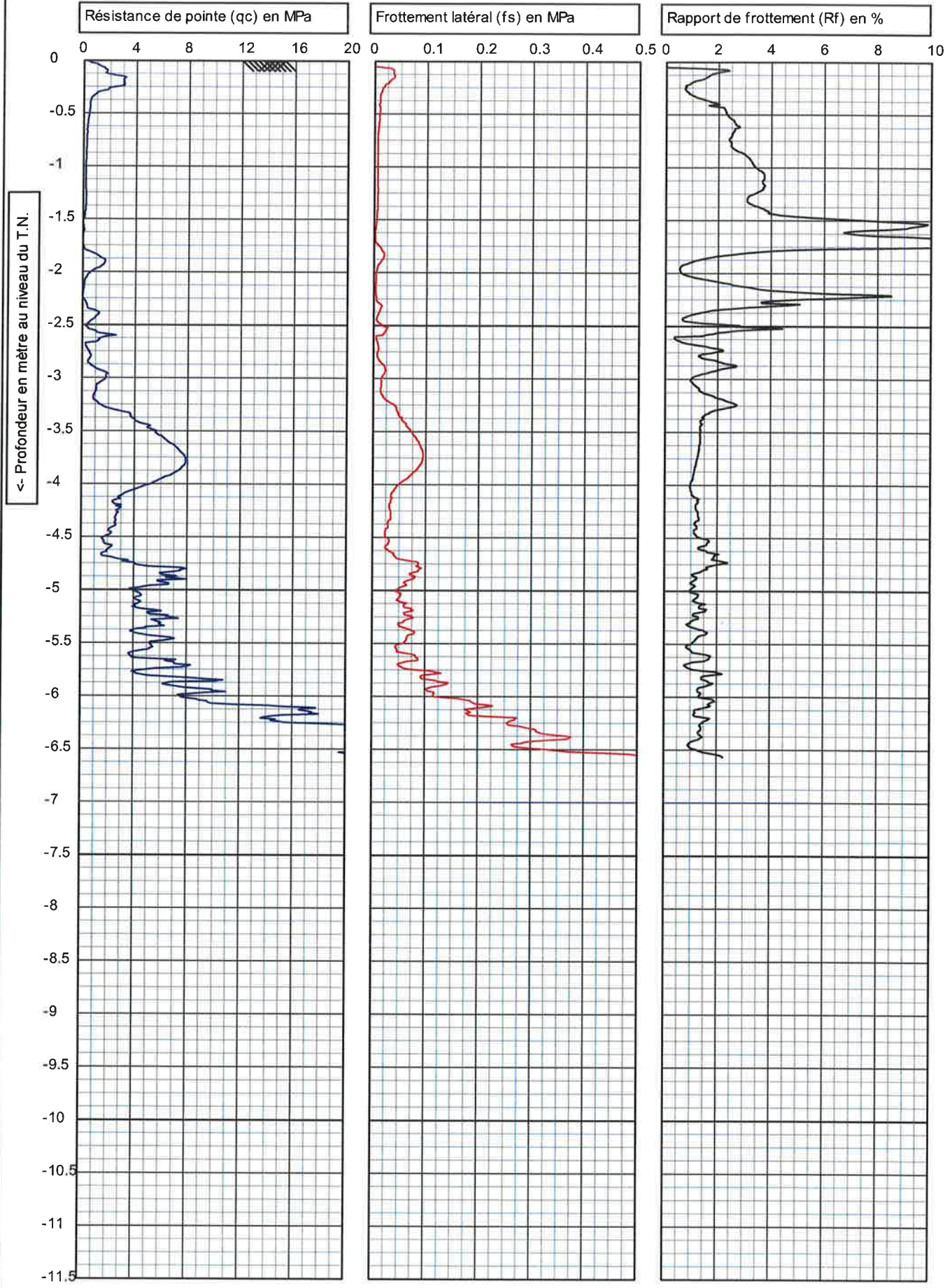
X :

Y :

Z :



Observation :



| | | | |
|-------------------------------------|---------------|--------------------|-----------------------|
| NF EN ISO 22476-1 | | Avant trou: 0.00 m | |
| T.N.: 0.00 m | Niv. e:0.00 m | Date: | 24/06/2016 |
| Projet: Extension de la STEP | | N° pointe: | C10CFIP.C14478 |
| Site: SANGATTE (62) | | N° projet: | NBE2.G0166 |
| Position: 0, 0 | | N° essai: | PS10 |
| | | | 1/1 |

RAPPORT D' ESSAI

CLASSIFICATION DES MATERIAUX UTILISABLES DANS LA CONSTRUCTION DES REMBLAIS ET DES COUCHES DE FORME D'INFRASTRUCTURES ROUTIERES NF P 11-300

Informations générales

N° dossier : **NBE2.G0166.0001**
Désignation : **SANGATTE - EXTENSION STEP**
Localité : **SANGATTE**
Chargé d'affaire : **Mickaël DEPLAGNE**

Client / MO : **SAS AQUATEST**

Demandeur / MOE :

Informations sur l'échantillon

N° 16NBE-0194

Mode de prélèvement : **Sondage tarière**
Prélevé par : **POLE SONDAGE**
Date prélèvement : **01/07/16**
Mode de conservation : **Ech. prélevé en sac**
Date de livraison : **04/07/16**
Description : **Limon sableux**

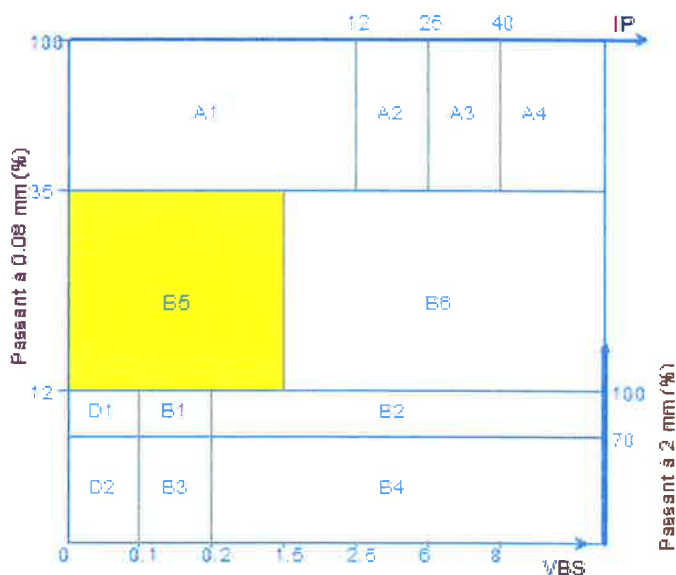
Sondage : **T3**

Profondeur : **1.90/3.40 m**

Paramètres de nature

| Désignation de l'essai | Norme | Résultats | Unité |
|------------------------------------|------------|-----------|----------------------|
| Dmax | NF P94-056 | 20 | mm |
| Passant à 50 mm | NF P94-056 | 100.0 | % |
| Passant à 2 mm (fraction 0/50 mm) | NF P94-056 | 72.4 | % |
| Passant à 80 µm (fraction 0/50 mm) | NF P94-056 | 28.3 | % |
| Passant à 2 µm | NF P94-057 | | % |
| Limite de liquidité - WL | NF P94-051 | | % |
| Limite de plasticité - WP | NF P94-051 | | % |
| Indice de plasticité - IP | WL - WP | | |
| VBS | NF P94-068 | 0.98 | g de bleu pour 100 g |

CLASSIFICATION NF P 11-300 : B5



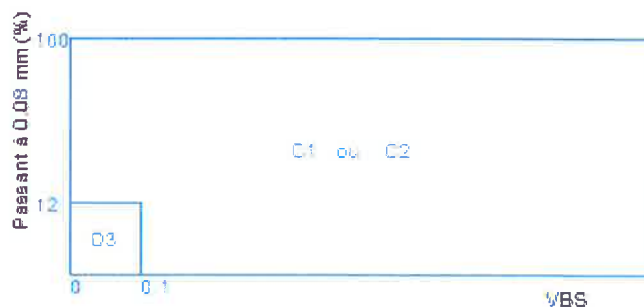
Paramètres d'état hydrique

| Désignation de l'essai | Norme | Résultats | Unité |
|-------------------------------|------------------|-----------|-------|
| Teneur en eau naturelle - Wn | NF P94-050 | 27.6 | % |
| Indice Portant immédiat - IPI | NF P94-078 | | |
| Indice de Consistance - Ic | (WL - Wn) / IP | | |
| Wn / W OPN | NF P94-093 | | |

Pour information:

Teneur en eau Optimale W OPN (%) :

Masse volumique sèche Optimale ρ OPN (Mg/m3) :



Observations :

Le Responsable du Laboratoire

Josselin DELBROEUVÉ

GINGER CEBTP Béthune
TECHNOPARC FUTURA
62400 BETHUNE



N°06-77

Client / MO : SAS AQUATEST

Informations générales

N° dossier : **NBE2.G0166.0001**

Désignation : SANGATTE - EXTENSION STEP

Localité : SANGATTE

Chargé d'affaire : Mickaël DEPLAGNE

Demandeur / MOE :

Informations sur l'échantillon

N° 16NBE-0194

Mode de prélèvement : Sondage tarière

Sondage : T3

Prélevé par : POLE SONDAGE

Profondeur : 1.90/3.40 m

Date prélèvement : 01/07/16

Mode de conservation : Ech. prélevé en sac

Date de livraison : 04/07/16

dm (mm) : 20

Description : Limon sableux

Informations sur l'essai

Mode de séchage : Etuvage

Technicien : Jean-Philippe SAUVAGE

Température : 105°C

Date essai : 11/07/16

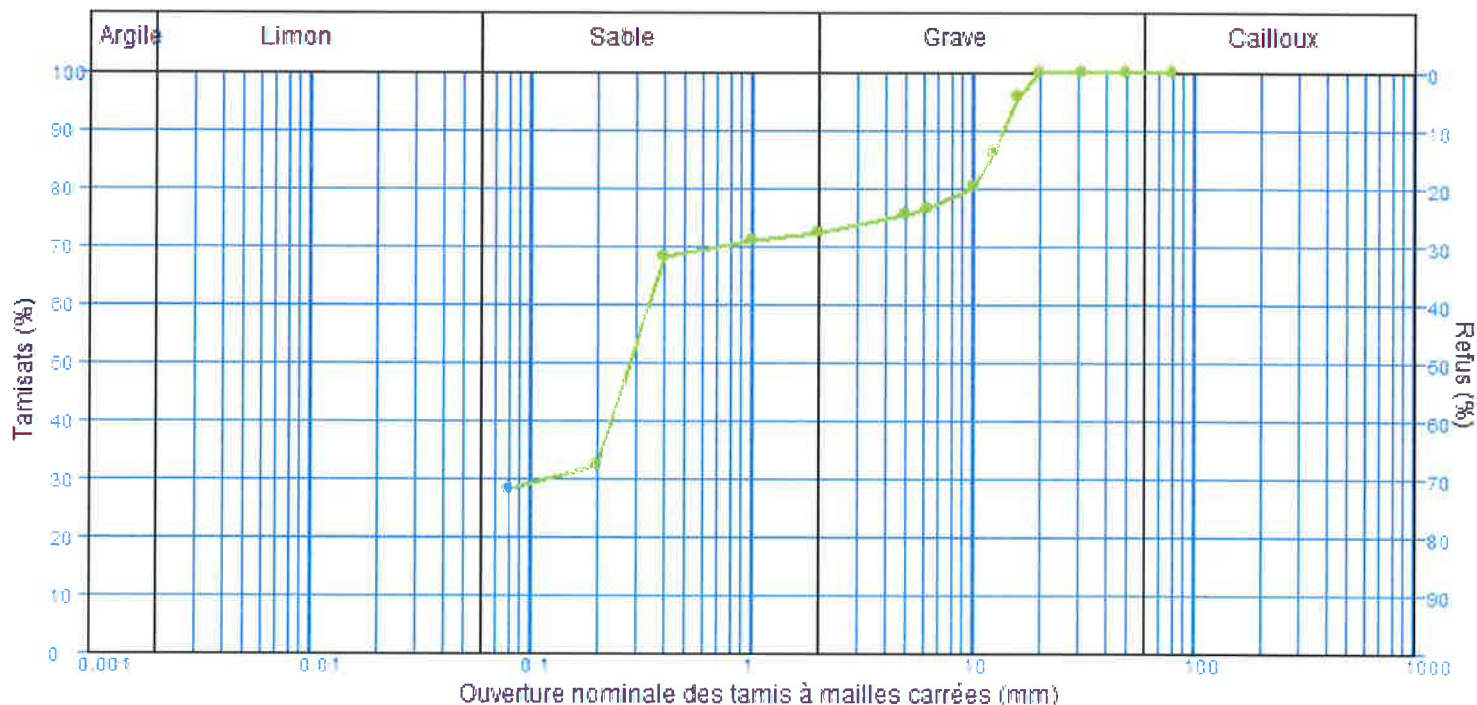
Analyse granulométrique (NF P 94-056) sur 0/D mm

| Tamis à mailles carrées (mm) | 80 | 50 | 31.5 | 20 | 16 | 12.5 | 10 | 6.3 | 5 | 2 | 1 | 400 | 200 | 80 |
|------------------------------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Passant cumulé (%) | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 95.7 | 86.2 | 80.1 | 76.4 | 75.2 | 72.4 | 71.0 | 67.9 | 32.1 | 28.3 |

Facteur d'uniformité $C_u = (N.D.)$

Facteur de courbure $C_c = (N.D.)$

Facteur de symétrie $C_s = (N.D.)$



Observations :

Le Responsable du Laboratoire
Josselin DELBROEUVÉ

Informations générales

N° dossier : **NBE2.G0166.0001**
Désignation : SANGATTE - EXTENSION STEP
Localité : SANGATTE
Chargé d'affaire : Mickaël DEPLAGNE

Client / MO : SAS AQUATEST

Demandeur / MOE :

Informations sur l'échantillon

N° 16NBE-0194

Mode de prélèvement : Sondage tarière
Prélevé par : POLE SONDAGE
Date prélèvement : 01/07/16
Mode de conservation : Ech. prélevé en sac
Date de livraison : 04/07/16
Description : Limon sableux

Sondage : T3

Profondeur : 3.40/5.80 m

Paramètres de nature

| Désignation de l'essai | Norme | Résultats | Unité |
|------------------------------------|------------|-----------|----------------------|
| Dmax | NF P94-056 | 13 | mm |
| Passant à 50 mm | NF P94-056 | 100.0 | % |
| Passant à 2 mm (fraction 0/50 mm) | NF P94-056 | 85.8 | % |
| Passant à 80 µm (fraction 0/50 mm) | NF P94-056 | 42.3 | % |
| Passant à 2 µm | NF P94-057 | | % |
| Limite de liquidité - WL | NF P94-051 | | % |
| Limite de plasticité - WP | NF P94-051 | | % |
| Indice de plasticité - IP | WL - WP | | |
| VBS | NF P94-068 | 1.53 | g de bleu pour 100 g |

Paramètres d'état hydrique

| Désignation de l'essai | Norme | Résultats | Unité |
|-------------------------------|----------------|-----------|-------|
| Teneur en eau naturelle - Wn | NF P94-050 | 30.2 | % |
| Indice Portant immédiat - IPI | NF P94-078 | | |
| Indice de Consistance - Ic | (WL - Wn) / IP | | |
| Wn / W _{OPN} | NF P94-093 | | |

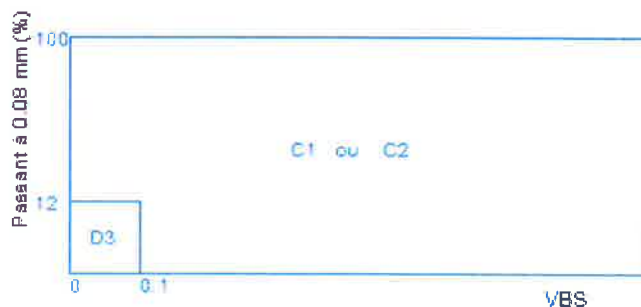
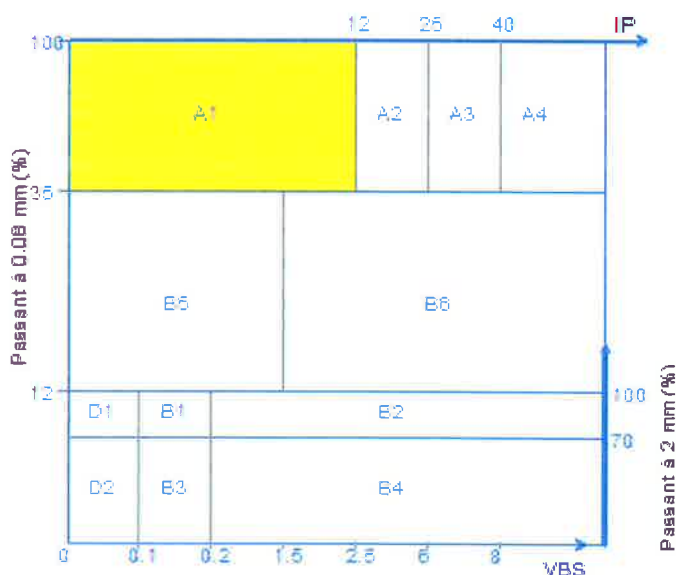
Pour information:

Teneur en eau Optimale W_{OPN} (%) :

Masse volumique sèche Optimale ρ_{OPN} (Mg/m³) :

Observations :

CLASSIFICATION NF P 11-300 : A1



Le Responsable du Laboratoire

Josselin DELBROEUVÉ

GINGER CEBTP Béthune
TECHNOPARC FUTURA
62400 BETHUNE



N°06-77

Client / MO : SAS AQUATEST

Informations générales

N° dossier : **NBE2.G0166.0001**

Désignation : SANGATTE - EXTENSION STEP

Localité : SANGATTE

Chargé d'affaire : Mickaël DEPLAGNE

Demandeur / MOE :

Informations sur l'échantillon

N° 16NBE-0194

Mode de prélèvement : Sondage tarière

Prélevé par : POLE SONDAGE

Date prélèvement : 01/07/16

Mode de conservation : Ech. prélevé en sac

Date de livraison : 04/07/16

Description : Limon sableux

Sondage : T3

Profondeur : 3.40/5.80 m

dm (mm) : 12.5

Informations sur l'essai

Mode de séchage : Etuvage

Température : 105°C

Technicien : Jean-Philippe SAUVAGE

Date essai : 11/07/16

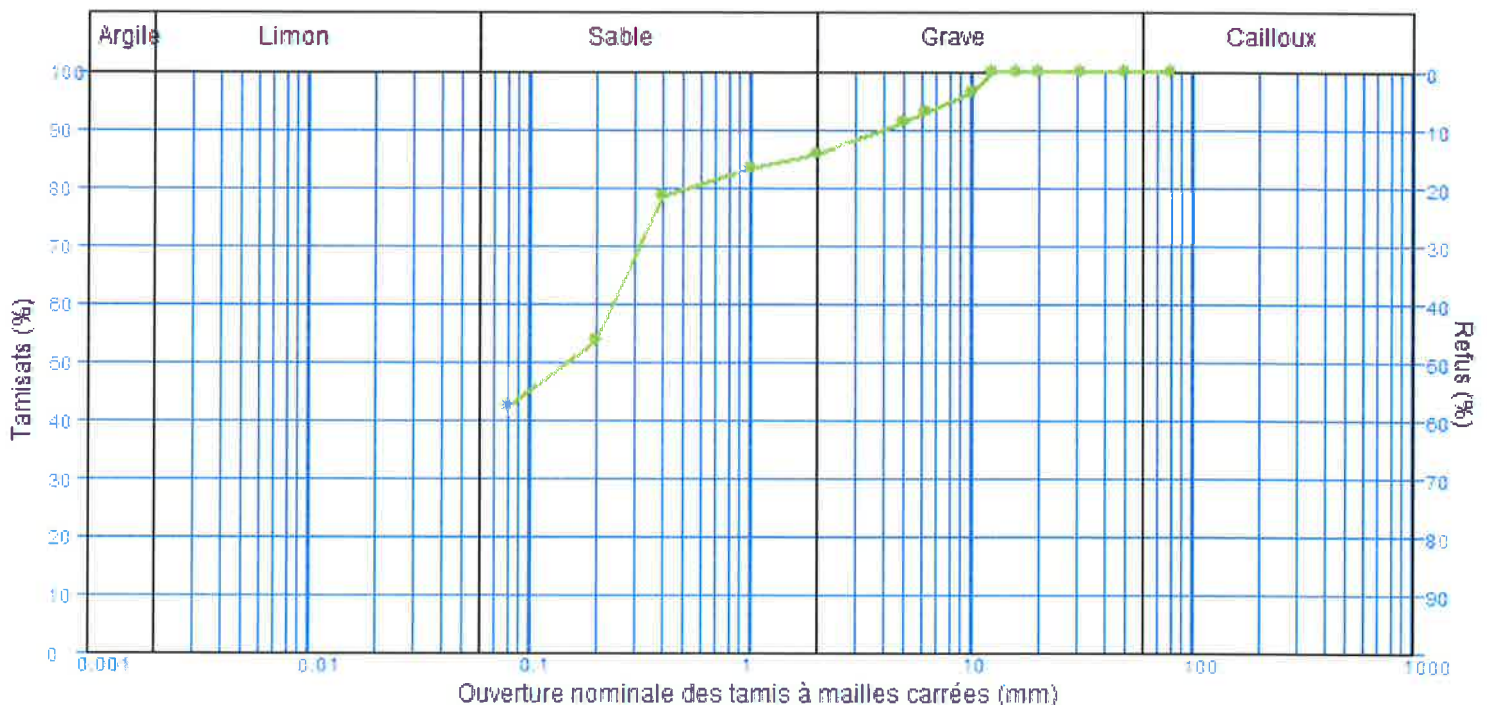
Analyse granulométrique (NF P 94-056) sur 0/D mm

| Tamis à mailles carrées (mm) | 80 | 50 | 31.5 | 20 | 16 | 12.5 | 10 | 6.3 | 5 | 2 | 1 | 400 | 200 | 80 |
|------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Passant cumulé (%) | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 96.3 | 92.9 | 91.1 | 85.8 | 83.4 | 78.4 | 53.8 | 42.3 |

Facteur d'uniformité $C_u = (N.D.)$

Facteur de courbure $C_c = (N.D.)$

Facteur de symétrie $C_s = (N.D.)$



Observations :

Le Responsable du Laboratoire

Josselin DELBROEUVÉ

RAPPORT D' ESSAI

CLASSIFICATION DES MATERIAUX UTILISABLES DANS LA CONSTRUCTION DES REMBLAIS ET DES COUCHES DE FORME D'INFRASTRUCTURES ROUTIERES NF P 11-300

Informations générales

N° dossier : **NBE2.G0166.0001**
Désignation : **SANGATTE - EXTENSION STEP**
Localité : **SANGATTE**
Chargé d'affaire : **Mickaël DEPLAGNE**

Client / MO : **SAS AQUATEST**

Demandeur / MOE :

Informations sur l'échantillon

N° 16NBE-0195

Mode de prélèvement : **Sondage tarière**
Prélevé par : **POLE SONDAGE**
Date prélèvement : **01/07/16**
Mode de conservation : **Ech. prélevé en sac**
Date de livraison : **04/07/16**
Description : **Limon sableux**

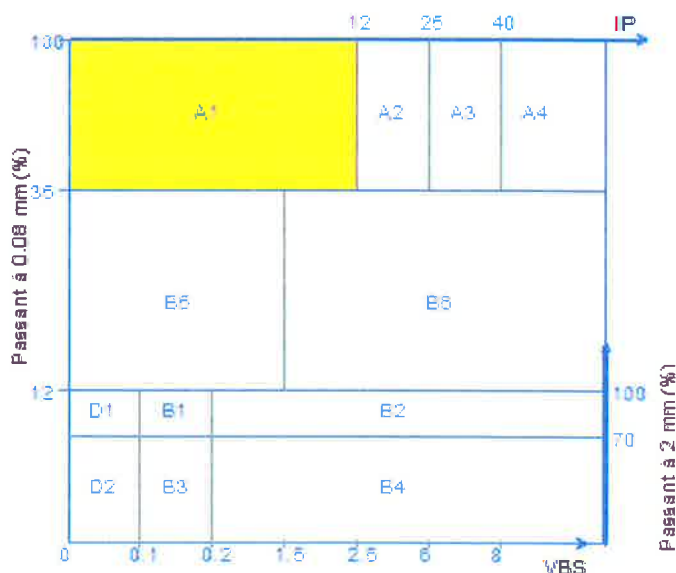
Sondage : **T4**

Profondeur : **2.20/3.30 m**

Paramètres de nature

| Désignation de l'essai | Norme | Résultats | Unité |
|------------------------------------|------------|-----------|----------------------|
| Dmax | NF P94-056 | 13 | mm |
| Passant à 50 mm | NF P94-056 | 100.0 | % |
| Passant à 2 mm (fraction 0/50 mm) | NF P94-056 | 93.7 | % |
| Passant à 80 µm (fraction 0/50 mm) | NF P94-056 | 62.8 | % |
| Passant à 2 µm | NF P94-057 | | % |
| Limite de liquidité - WL | NF P94-051 | | % |
| Limite de plasticité - WP | NF P94-051 | | % |
| Indice de plasticité - IP | WL - WP | | |
| VBS | NF P94-068 | 1.15 | g de bleu pour 100 g |

CLASSIFICATION NF P 11-300 : A1

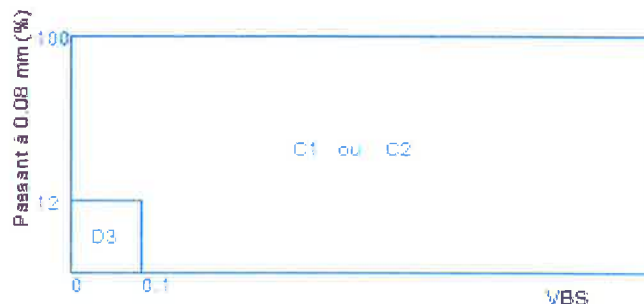


Paramètres d'état hydrique

| Désignation de l'essai | Norme | Résultats | Unité |
|-------------------------------|------------------|-----------|-------|
| Teneur en eau naturelle - Wn | NF P94-050 | 49.7 | % |
| Indice Portant immédiat - IPI | NF P94-078 | | |
| Indice de Consistance - Ic | (WL - Wn) / IP | | |
| Wn / W OPN | NF P94-093 | | |

Pour information:

Teneur en eau Optimale W OPN (%) :
Masse volumique sèche Optimale ρ OPN (Mg/m3) :



Observations :

Le Responsable du Laboratoire

Josselin DELBROEUV

GINGER CEBTP Béthune
TECHNOPARC FUTURA
62400 BETHUNE



N°06-77

Informations générales

N° dossier : **NBE2.G0166.0001**

Client / MO : **SAS AQUATEST**

Désignation : **SANGATTE - EXTENSION STEP**

Localité : **SANGATTE**

Demandeur / MOE :

Chargé d'affaire : **Mickaël DEPLAGNE**

Informations sur l'échantillon

N° 16NBE-0195

Mode de prélèvement : **Sondage tarière**

Sondage : **T4**

Prélevé par : **POLE SONDAGE**

Profondeur : **2.20/3.30 m**

Date prélèvement : **01/07/16**

Mode de conservation : **Ech. prélevé en sac**

Date de livraison : **04/07/16**

dm (mm) : **12.5**

Description : **Limon sableux**

Informations sur l'essai

Mode de séchage : **Etuvage**

Technicien : **Jean-Philippe SAUVAGE**

Température : **105°C**

Date essai : **11/08/16**

Analyse granulométrique (NF P 94-056) sur 0/D mm

| Tamis à mailles carrées (mm) | 80 | 50 | 31.5 | 20 | 16 | 12.5 | 10 | 6.3 | 5 | 2 | 1 | 400 | 200 | 80 |
|------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Passant cumulé (%) | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 99.8 | 99.1 | 98.1 | 93.7 | 90.6 | 85.6 | 66.4 | 62.8 |

Facteur d'uniformité $C_u = (N.D.)$

Facteur de courbure $C_c = (N.D.)$

Facteur de symétrie $C_s = (N.D.)$



Observations :

Le Responsable du Laboratoire
Josselin DELBROEUVÉ

RAPPORT D' ESSAI

CLASSIFICATION DES MATERIAUX UTILISABLES DANS LA CONSTRUCTION DES REMBLAIS ET DES COUCHES DE FORME D'INFRASTRUCTURES ROUTIERES NF P 11-300

Informations générales

N° dossier : **NBE2.G0166.0001**
Désignation : **SANGATTE - EXTENSION STEP**
Localité : **SANGATTE**
Chargé d'affaire : **Mickaël DEPLAGNE**

Client / MO : **SAS AQUATEST**

Demandeur / MOE :

Informations sur l'échantillon

N° 16NBE-0195

Mode de prélèvement : **Sondage tarière**
Prélevé par : **POLE SONDRAGE**
Date prélèvement : **01/07/16**
Mode de conservation : **Ech. prélevé en sac**
Date de livraison : **04/07/16**
Description : **Sable limoneux**

Sondage : **T4**

Profondeur : **3.30/5.30 m**

Paramètres de nature

| Désignation de l'essai | Norme | Résultats | Unité |
|------------------------------------|------------|-----------|----------------------|
| Dmax | NF P94-056 | 13 | mm |
| Passant à 50 mm | NF P94-056 | 100.0 | % |
| Passant à 2 mm (fraction 0/50 mm) | NF P94-056 | 81.1 | % |
| Passant à 80 µm (fraction 0/50 mm) | NF P94-056 | 19.5 | % |
| Passant à 2 µm | NF P94-057 | | % |
| Limite de liquidité - WL | NF P94-051 | | % |
| Limite de plasticité - Wp | NF P94-051 | | % |
| Indice de plasticité - IP | WL - Wp | | |
| VBS | NF P94-068 | 1.21 | g de bleu pour 100 g |

Paramètres d'état hydrique

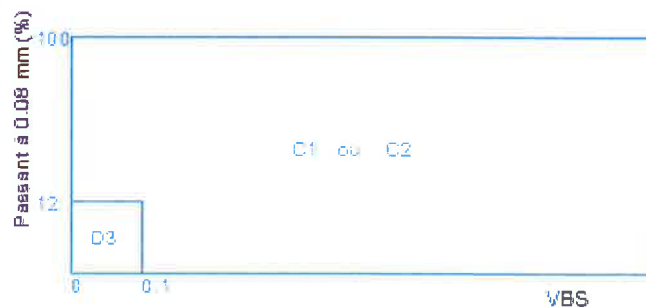
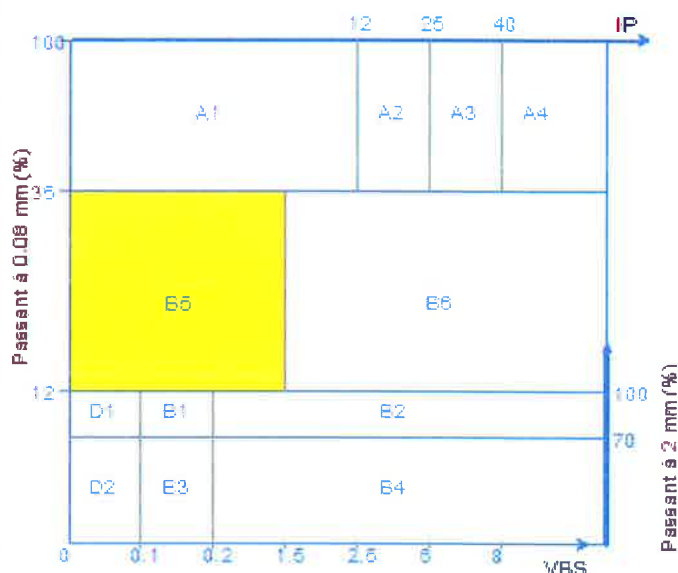
| Désignation de l'essai | Norme | Résultats | Unité |
|-------------------------------|------------------|-----------|-------|
| Teneur en eau naturelle - Wn | NF P94-050 | 25.0 | % |
| Indice Portant immédiat - IPI | NF P94-078 | | |
| Indice de Consistance - Ic | (WL - Wn) / IP | | |
| Wn / W OPN | NF P94-093 | | |

Pour information:

Teneur en eau Optimale W OPN (%) :

Masse volumique sèche Optimale ρ OPN (Mg/m3) :

CLASSIFICATION NF P 11-300 : B5



Observations :

Le Responsable du Laboratoire
Josselin DELBROEUVÉ

GINGER CEBTP Béthune
TECHNOPARC FUTURA
62400 BETHUNE



N°06-77

Client / MO : SAS AQUATEST

Informations générales

N° dossier : **NBE2.G0166.0001**

Désignation : SANGATTE - EXTENSION STEP

Localité : SANGATTE

Chargé d'affaire : Mickaël DEPLAGNE

Demandeur / MOE :

Informations sur l'échantillon

N° 16NBE-0195

Mode de prélèvement : Sondage tarière

Sondage : T4

Prélevé par : POLE SONDAGE

Profondeur : 3.30/5.30 m

Date prélèvement : 01/07/16

Mode de conservation : Ech. prélevé en sac

Date de livraison : 04/07/16

dm (mm) : 12.5

Description : Sable limoneux

Informations sur l'essai

Mode de séchage : Etuvage

Technicien : Jean-Philippe SAUVAGE

Température : 105°C

Date essai : 11/07/16

Analyse granulométrique (NF P 94-056) sur 0/D mm

| Tamis à mailles carrées (mm) | 80 | 50 | 31.5 | 20 | 16 | 12.5 | 10 | 6.3 | 5 | 2 | 1 | 400 | 200 | 80 |
|------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Passant cumulé (%) | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 85.7 | 83.3 | 82.5 | 81.1 | 80.1 | 70.2 | 22.9 | 19.5 |

Facteur d'uniformité $C_u = (N.D.)$

Facteur de courbure $C_c = (N.D.)$

Facteur de symétrie $C_s = (N.D.)$



Observations :

Le Responsable du Laboratoire
Josselin DELBROEUVÉ

CLASSIFICATION DES MATERIAUX UTILISABLES DANS LA CONSTRUCTION DES
REMBLAIS ET DES COUCHES DE FORME D'INFRASTRUCTURES ROUTIERES
NF P 11-300

GINGER CEBTP Béthune
TECHNOPARC FUTURA
62400 BETHUNE

Informations générales

N° dossier : NBE2.G0166.0001

Client / MO : SAS AQUATEST

Désignation : SANGATTE - EXTENSION STEP

Localité : SANGATTE

Demandeur / MOE :

Chargé d'affaire : Mickaël DEPLAGNE

Informations sur l'échantillon

N° 16NBE-0196

Mode de prélèvement : Sondage tarière

Sondage : T8

Prélevé par : POLE SONDAGE

Date prélèvement : 01/07/16

Profondeur : 2.40/4.60 m

Mode de conservation : Ech. prélevé en sac

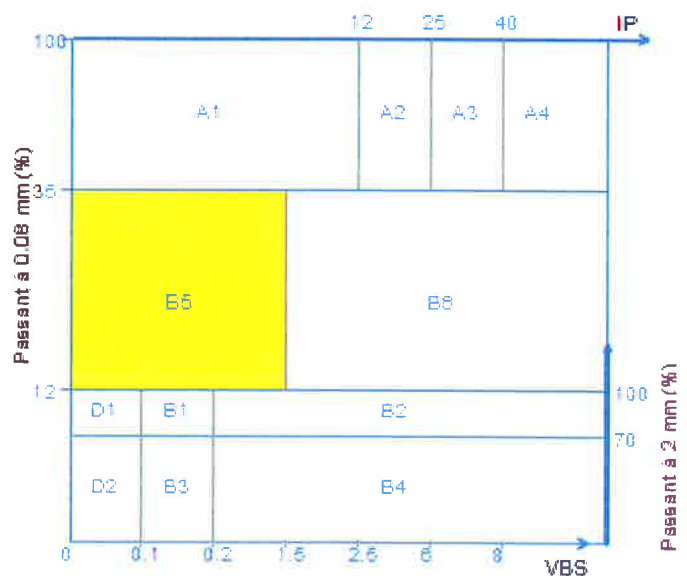
Date de livraison : 04/07/16

Description : Sable limoneux

Paramètres de nature

| Désignation de l'essai | Norme | Résultats | Unité |
|------------------------------------|------------|-----------|----------------------|
| Dmax | NF P94-056 | 10 | mm |
| Passant à 50 mm | NF P94-056 | 100.0 | % |
| Passant à 2 mm (fraction 0/50 mm) | NF P94-056 | 99.0 | % |
| Passant à 80 µm (fraction 0/50 mm) | NF P94-056 | 27.5 | % |
| Passant à 2 µm | NF P94-057 | | % |
| Limite de liquidité - WL | NF P94-051 | | % |
| Limite de plasticité - WP | NF P94-051 | | % |
| Indice de plasticité - IP | WL - WP | | |
| VBS | NF P94-068 | 0.99 | g de bleu pour 100 g |

CLASSIFICATION NF P 11-300 : B5



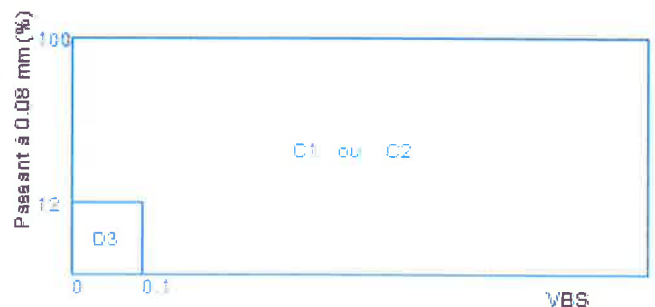
Paramètres d'état hydrique

| Désignation de l'essai | Norme | Résultats | Unité |
|-------------------------------|------------------|-----------|-------|
| Teneur en eau naturelle - Wn | NF P94-050 | 35.9 | % |
| Indice Portant immédiat - IPI | NF P94-078 | | |
| Indice de Consistance - Ic | (WL - Wn) / IP | | |
| Wn / W OPN | NF P94-093 | | |

Pour information:

Teneur en eau Optimale W OPN (%) :

Masse volumique sèche Optimale ρ OPN (Mg/m3) :



Observations :

Le Responsable du Laboratoire

Josselin DELBROEUVES

Informations générales

N° dossier : **NBE2.G0166.0001**

Client / MO : **SAS AQUATEST**

Désignation : **SANGATTE - EXTENSION STEP**

Localité : **SANGATTE**

Demandeur / MOE :

Chargé d'affaire : **Mickaël DEPLAGNE**

Informations sur l'échantillon

N° 16NBE-0196

Mode de prélèvement : **Sondage tarière**

Sondage : **T8**

Prélevé par : **POLE SONDAGE**

Profondeur : **2.40/4.60 m**

Date prélèvement : **01/07/16**

Mode de conservation : **Ech. prélevé en sac**

Date de livraison : **04/07/16**

dm (mm) : **10**

Description : **Sable limoneux**

Informations sur l'essai

Mode de séchage : **Etuvage**

Technicien : **Jean-Philippe SAUVAGE**

Température : **105°C**

Date essai : **11/07/16**

Analyse granulométrique (NF P 94-056) sur 0/D mm

| Tamis à mailles carrées (mm) | 80 | 50 | 31.5 | 20 | 16 | 12.5 | 10 | 6.3 | 5 | 2 | 1 | 400 | 200 | 80 |
|------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|
| Passant cumulé (%) | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 99.8 | 99.0 | 98.0 | 78.0 | 29.6 | 27.5 |

Facteur d'uniformité $C_u = (N.D.)$

Facteur de courbure $C_c = (N.D.)$

Facteur de symétrie $C_s = (N.D.)$



Observations :

Le Responsable du Laboratoire
Joselin DELBROEUVÉ

Impression A4

CONTACT

Agence de BETHUNE

TECHNOPARC FUTURA

Rue de L'Université

62 400 BETHUNE

Tél. : +33 (0) 3.21.56.43.43

Fax. : +33 (0) 3.21.68.19.99

www.groupe-cebtp.com