



# CONSTRUCTION D'UNE NOUVELLE DECHETTERIE

ZA de la Bretonnière  
à CANCALE (35)

Rapport d'étude OVA2.HR039 Version B

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

Le 04/09/2017



**Agence de Rennes**

ZA Beauséjour  
35520 LA MEZIERE  
Téléphone +33 (0)2 99 27 51 10  
cebtp.rennes@groupe-cebtp.com

Contacts Bretagne

Brest : + 33 (0)2 98 30 67 20 – Quimper : + 33 (0)2 98 10 12 11 – Vannes : + 33 (0)2 97 40 25 65



*Saint Malo Agglomération  
6 rue de la Ville Jégu  
35 260 CANCALE*

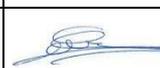
**CONSTRUCTION D'UNE NOUVELLE DECHETTERIE**

ZA de la Bretonnière à CANCALE (35)

RAPPORT - étude géotechnique de conception phase avant-projet (G2 phase AVP)

Dossier : OVA2.HR039

Contrat : OVA2.H.0441 Version A

| Version | Date     | Rédigé par   | Visa  | Vérifié par   | Visa   | Contenu               | Observations  |
|---------|----------|--------------|---|---------------|--|-----------------------|---|
| A       | 02/08/17 | Erwan MARTIN |  | Cyndie LACOUR |  | 35 pages<br>3 annexes | -   |
| B       | 04/09/17 | Erwan MARTIN |  | Cyndie LACOUR |  | 38 pages<br>4 annexes | Résultats des<br>essais en<br>laboratoire et pré-<br>dimensionnement<br>des voiries |

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

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1. Plans de situation</b>                                       | <b>4</b>  |
| 1.1. Extrait de carte IGN  | 4         |
| 1.2. Image aérienne  | 4         |
| <b>2. Contexte de l'étude</b>                                      | <b>5</b>  |
| 2.1. Données générales   | 5         |
| 2.1.1. Identification du projet et des principaux interlocuteurs   | 5         |
| 2.1.2. Documents communiqués                                       | 5         |
| 2.2. Description du site   | 5         |
| 2.2.1. Topographie, occupation du site et avoisinants              | 5         |
| 2.2.2. Contextes géotechnique, hydrogéologique et sismique         | 6         |
| 2.3. Caractéristiques de l'avant-projet                            | 8         |
| 2.3.1. Description de l'ouvrage                                    | 8         |
| 2.3.2. Sollicitations appliquées aux fondations et aux niveaux bas | 8         |
| 2.3.3. Terrassements prévus  | 9         |
| 2.3.4. Voiries   | 9         |
| 2.4. Mission Ginger CEBTP  | 10        |
| <b>3. Investigations géotechniques</b>                             | <b>11</b> |
| 3.1. Préambule   | 11        |
| 3.2. Implantation et nivellement                                   | 11        |
| 3.3. Sondages, essais et mesures in situ                           | 11        |
| 3.3.1. Investigations in situ                                      | 11        |
| 3.3.2. Piézométrie   | 13        |
| 3.4. Essais en laboratoire   | 13        |
| 3.4.1. Identification et caractéristiques mécaniques des sols      | 13        |
| 3.4.2. Agressivité du milieu vis-à-vis du béton                    | 13        |
| <b>4. Synthèse des investigations</b>                              | <b>14</b> |
| 4.1. Première approche d'un modèle géologique                      | 14        |
| 4.1.1. Lithologie  | 14        |
| 4.1.2. Caractéristiques géomécaniques                              | 16        |
| 4.1.3. Caractéristiques physiques des sols                         | 17        |
| 4.2. Première approche de modèle hydrogéologique                   | 17        |
| 4.2.1. Contexte hydrogéologique                                    | 17        |

|  |           |
|--|-----------|
| 4.2.2. Piézométrie et niveaux d'eau .....                                | 18        |
| 4.2.3. Inondabilité .....  | 18        |
| 4.3. Agressivité de l'eau vis-à-vis du béton .....                       | 19        |
| 4.4. Risque sismique .....   | 19        |
| 4.4.1. Données parasismiques réglementaires .....                        | 19        |
| 4.4.2. Liquéfaction .....  | 19        |
| <b>5. Principes généraux de construction .....</b>                       | <b>20</b> |
| 5.1. Analyse du contexte et principes d'adaptation .....                 | 20        |
| 5.2. Adaptations générales .....   | 21        |
| 5.2.1. Remarques préalables .....  | 21        |
| 5.2.2. Réalisation des terrassements .....                               | 22        |
| 5.2.3. Soutènements .....  | 24        |
| 5.2.4. Réemploi des matériaux du site .....                              | 26        |
| 5.3. Dallage bâtiments techniques et plateforme de déchets verts .....   | 28        |
| 5.3.1. Solution retenue .....  | 28        |
| 5.3.2. Conception et exécution .....                                     | 28        |
| 5.3.3. Contrôles .....   | 29        |
| 5.3.4. Tassements prévisibles .....                                      | 29        |
| 5.4. Fondation des structures .....                                      | 30        |
| 5.4.1. Type de fondation et conditions d'ancrage .....                   | 30        |
| 5.4.2. Fondations ancrées dans les remblais .....                        | 30        |
| 5.4.3. Fondations dans le sable limoneux de la formation n°2 .....       | 33        |
| 5.5. Voiries .....   | 36        |
| 5.5.1. Préambule .....   | 36        |
| 5.5.2. Hypothèses de calcul .....  | 36        |
| 5.5.3. Partie Supérieure des Terrassements (PST) et classe d'arase ..... | 36        |
| 5.5.4. Travaux préparatoires .....                                       | 37        |
| 5.5.5. Couche de forme .....   | 37        |
| <b>6. Observations majeures .....</b>                                    | <b>38</b> |

## Annexes

**ANNEXE 1 – NOTES GENERALES SUR LES MISSIONS GEOTECHNIQUES**

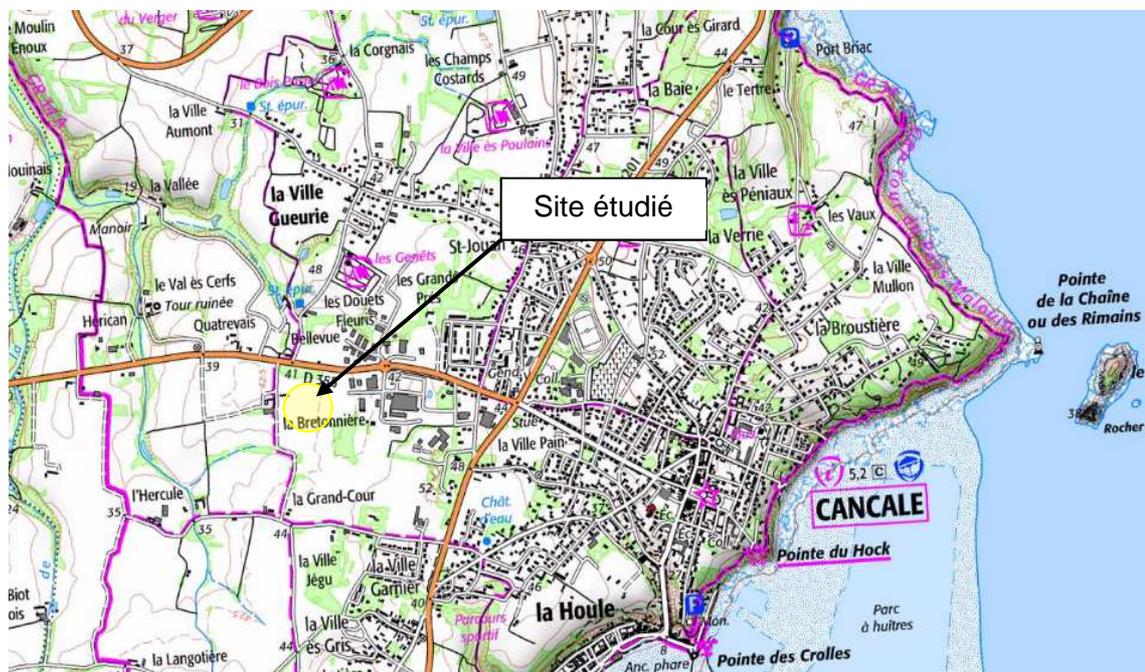
**ANNEXE 2 – PLAN D'IMPLANTATION DES SONDAGES**

**ANNEXE 3 – COUPES DES SONDAGES ET ESSAIS IN SITU**

**ANNEXE 4 – PROCES VERBAUX DES ESSAIS EN LABORATOIRE**

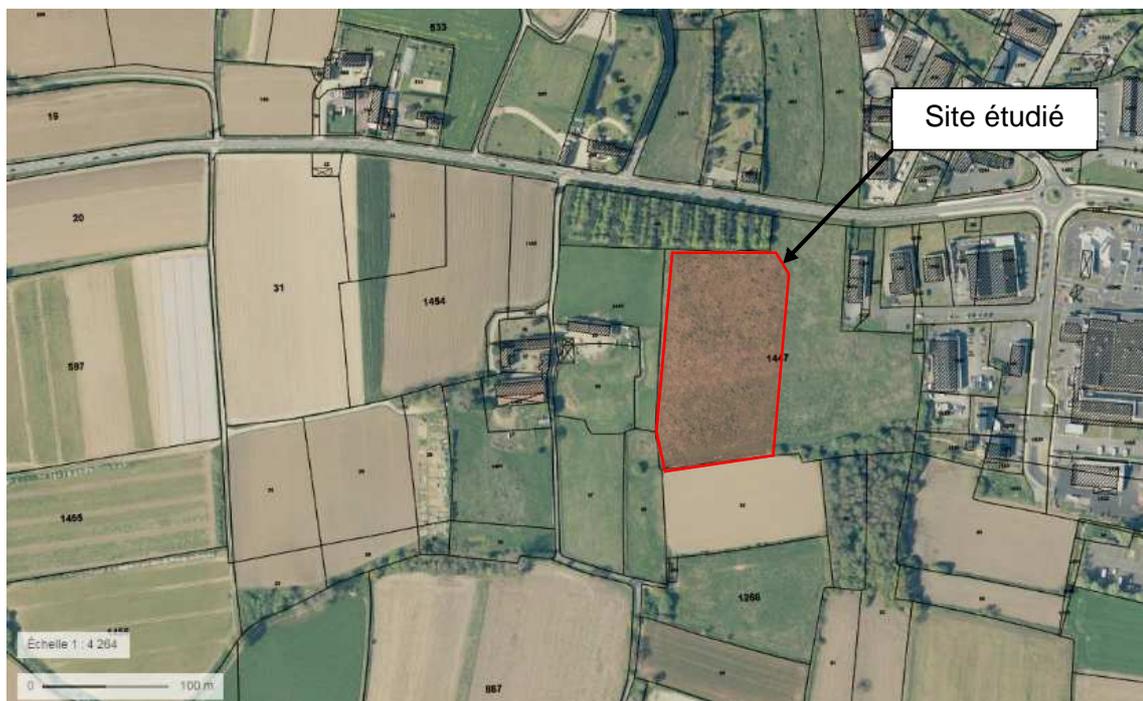
## 1. Plans de situation

### 1.1. Extrait de carte IGN



Source : site Géoportail

### 1.2. Image aérienne



Source : site Géoportail

## 2. Contexte de l'étude

### 2.1. Données générales

#### 2.1.1. Identification du projet et des principaux interlocuteurs

|                                     |   |
|-------------------------------------|---|
| Nom de l'opération :                | Construction d'une nouvelle déchetterie |
| Localisation :                      | ZA de la Bretonnière                    |
| Commune :                           | CANCALE (35)                            |
| Demandeur de la mission et client : | Saint Malo Agglomération                |

#### 2.1.2. Documents communiqués

| Document                  | Echelle | Origine                  | Format       | Date       |
|---------------------------|---------|--------------------------|--------------|------------|
| Plan de situation         | -       | Saint Malo Agglomération | fichiers PDF | -          |
| Extrait de plan cadastral | -       |                          |              | -          |
| Plan masse projet         | 1/500   |                          |              | 16/03/2017 |
| Plan de terrassement      | 1/500   |                          |              | 18/07/2017 |

### 2.2. Description du site

#### 2.2.1. Topographie, occupation du site et avoisinants

Le site concerné par les investigations présente une légère pente de 1% orientée vers le Sud. Son altitude varie d'environ 41.3 à 42.6 m NGF au droit des sondages réalisés.

Lors de notre intervention (juillet 2017), le terrain correspondait à un champ de pommes de terre récemment récolté.



Photographie du site prise en juillet 2017

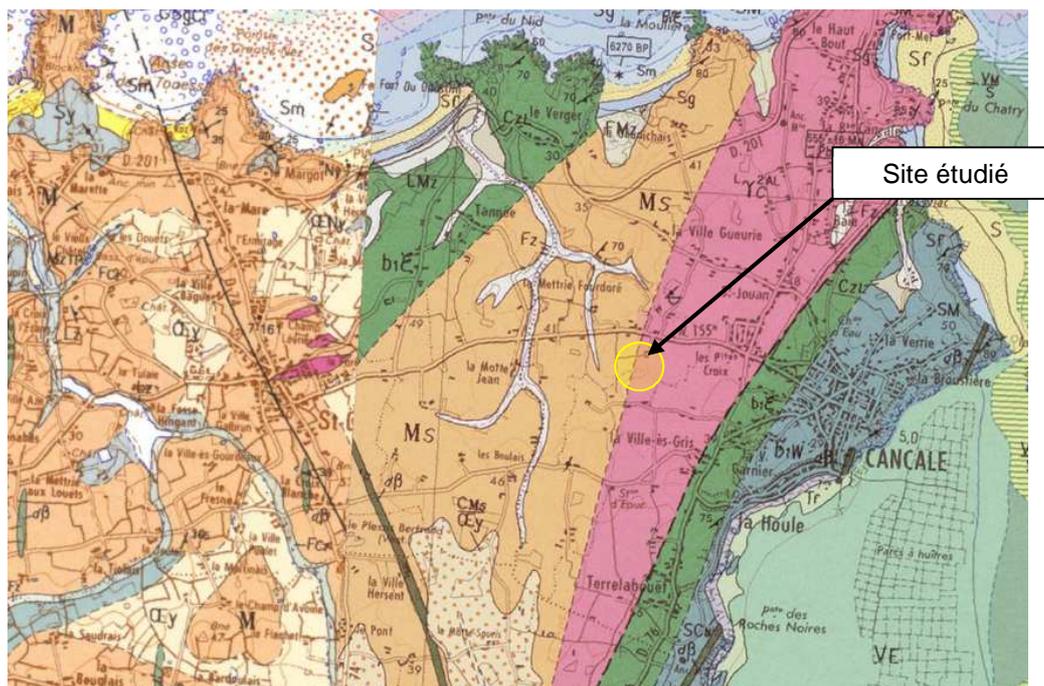
L'emprise de l'ouvrage projeté est libre de toute mitoyenneté.

## 2.2.2. Contextes géotechnique, hydrogéologique et sismique

### 2.2.2.1. Géologie prévisionnelle

D'après la carte géologique de SAINT MALO au 1/50 000ème et les études géotechniques réalisées à proximité, les terrains du secteur devraient être constitués de haut en bas par :

- des formations de couverture,
- le substratum de type granitique plus ou moins altéré en tête.

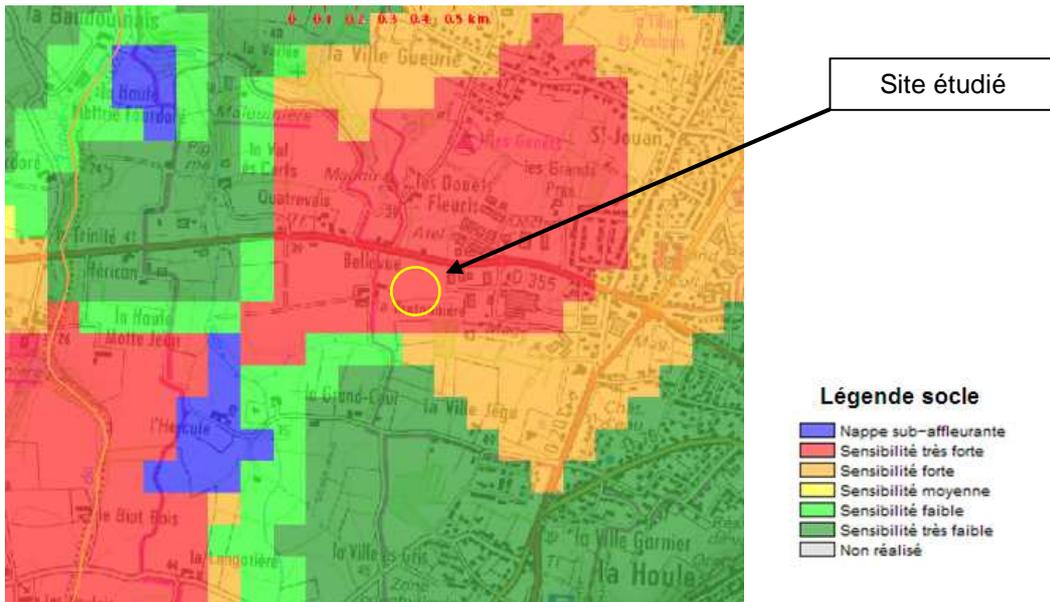


### 2.2.2.2. Risques naturels et sismicité

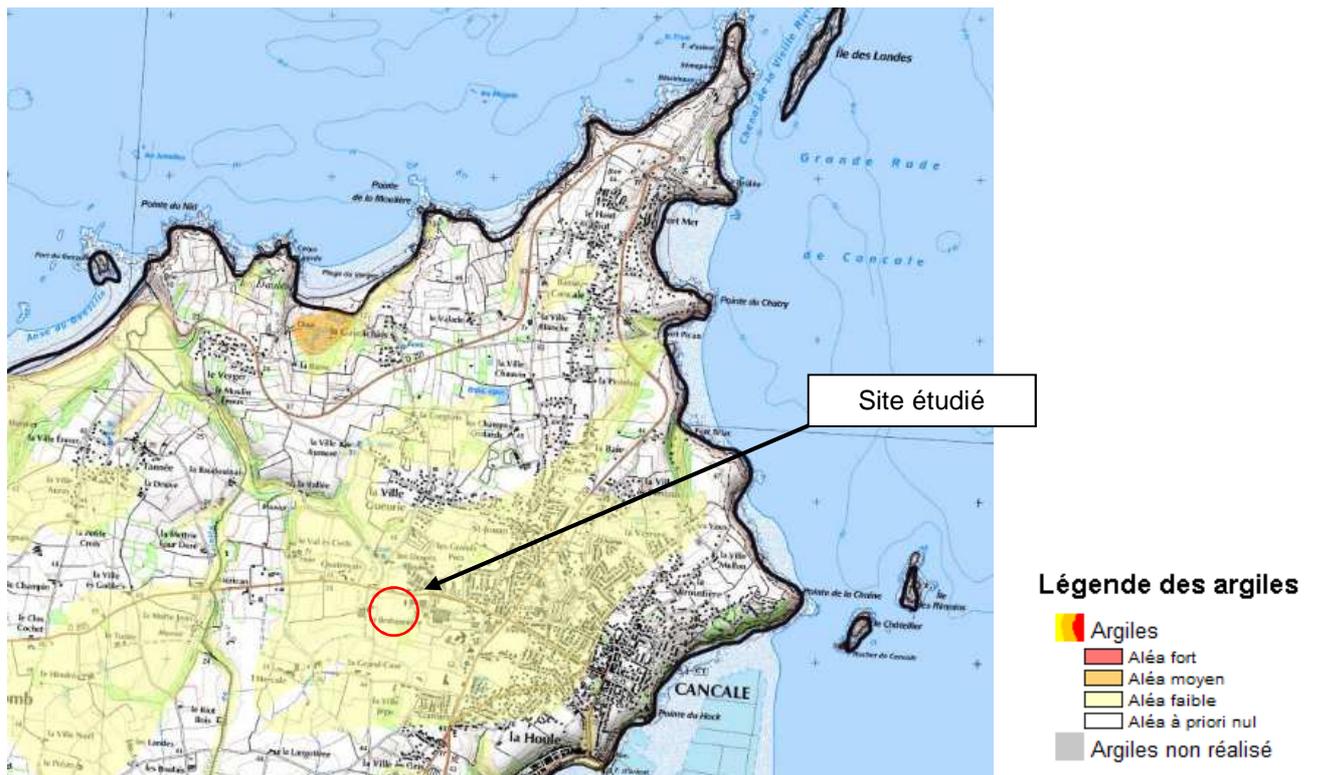
Les informations recueillies sur les sites internet consultés ([www.inondationsnappes.fr](http://www.inondationsnappes.fr), [www.georisques.gouv.fr](http://www.georisques.gouv.fr)) sont consignées dans le tableau ci-dessous.

| Risques naturels                       | Sensibilité  |
|--|--|
| Inondations/débordement de cours d'eau | Hors zone inondable  |
| Remontées de nappe depuis le socle     | Sensibilité très forte*  |
| Remontées d'eaux sédimentaires         | Référencement non réalisé  |
| Argiles (retrait/gonflement)           | Aléa faible *  |
| Cavités naturelles ou anthropiques     | Pas de présence de cavités connues à proximité du projet               |
| Mouvements de terrains                 | Pas de présence de mouvements de terrains connus à proximité du projet |

\* cf. illustrations ci-après



Risque de remontée de nappe depuis le substratum rocheux (source : inondationsnappes.fr)



Risques liés aux phénomènes de retrait et gonflement des argiles (source : argiles.fr)

Selon le zonage sismique de la France en vigueur (décret n°2010-1255 du 22/10/2010 et l'arrêté du 15 septembre 2014 modifiant l'arrêté du 22 octobre 2010), la commune de CANCALE est classée en zone de sismicité 2 (aléa faible). Nous rappelons que dans le cas de bâtiments de catégorie d'importance III ou IV, l'application des règles parasismiques est obligatoire et il faut se reporter à l'Eurocode 8 (Norme NF EN 1998 – Calcul des structures pour leur résistance au séisme).

## 2.3. Caractéristiques de l'avant-projet

### 2.3.1. Description de l'ouvrage

D'après les documents cités au paragraphe 2.1 et les informations fournies, le projet porte sur la construction d'une nouvelle déchetterie composée :

- d'un quai haut de l'ordre de 0.0 à 2.2 m/TN,
- d'un quai bas de l'ordre de 0.0 à -1.8 m/TN,
- d'un ensemble de bâtiments de plain-pied représentant une emprise totale d'environ 130 m<sup>2</sup>, situés sur le quai haut,
- d'une plateforme de réception des déchets verts sur dalle béton d'une emprise de 1 300m<sup>2</sup>.
- de murs de soutènement séparant les quais haut des quais bas d'une hauteur de l'ordre de 2.3 m.

A ces structures est associée l'aménagement des voiries de desserte VL et PL représentant un linéaire d'environ 400 m.

A ce stade de l'étude, le projet n'est pas complètement défini et est susceptible d'évoluer. Les études de conception phase projet (mission G2 PRO) et/ou d'exécution (mission G3) devront tenir compte des dernières évolutions.

### 2.3.2. Sollicitations appliquées aux fondations et aux niveaux bas

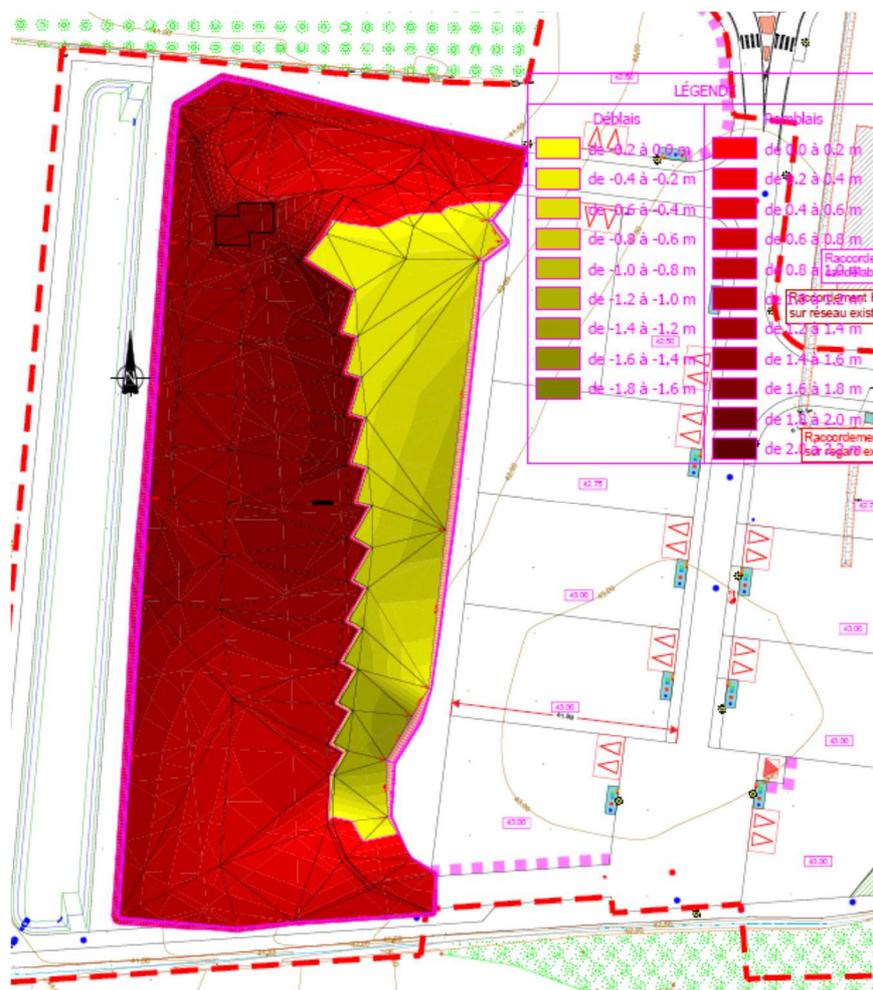
Les descentes de charges du projet ne nous ont pas été communiquées. Par conséquent, les sollicitations vis-à-vis des ELS sont estimées par Ginger CEBTP, sous toutes réserves, à :

- charge verticale sur appuis isolés : .....250 kN,
- charge verticale sur appuis continus : .....50 kN/ml,
- surcharges d'exploitation uniformément réparties aux niveaux bas : 20 kPa (hors local gardien où les surcharges sont estimées à 5 kPa).

Dans le cas de charges réelles différentes des estimations ci-dessus, il conviendrait de revoir tout ou partie de nos conclusions.

### 2.3.3. Terrassements prévus

Le projet prévoit la réalisation de terrassements mixtes en déblais (jusqu'à -1.8 m de profondeur/TA) et en remblais (jusqu'à + 2.2 m d'épaisseur/TA).



Plan des terrassements envisagés

### 2.3.4. Voiries

Le projet comprend la réalisation de voiries PL et VL et d'aires de stationnement.

En l'absence de données, le trafic sera estimé de l'ordre de 25 PL par jour et par sens de circulation. Nous prendrons donc la classe de trafic T5, correspondant au trafic le plus faible (moins de 750 véhicules/jours et moins de 25 PL/jour), selon le « **Guide pour la construction des voiries à faible trafic Bretagne – Pays de la Loire** » (2002).

Toute autre classe de trafic conduira à des structures de chaussées différentes de celles énoncées dans le présent rapport.

## 2.4. Mission Ginger CEBTP

La mission de Ginger CEBTP est conforme au contrat n° OVA2.H.0441 Version A daté du 16/05/2017 (commande correspondante datée du 31/05/2017).

Il s'agit d'une étude géotechnique de conception, phase avant-projet (G2 phase AVP) selon la norme AFNOR NF P 94-500 de novembre 2013 sur les missions d'ingénierie géotechnique, ayant pour but de :

- définir un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser et en assurer le suivi technique,
- donner les hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade de l'avant-projet,
- donner les principes de construction envisageables (terrassements, soutènements et/ou pentes et talus, fondations, assises des dallages et voiries, amélioration de sols, dispositions générales vis-à-vis des nappes et des avoisinants),
- fournir une ébauche dimensionnelle par type d'ouvrage géotechnique.

### 3. Investigations géotechniques

#### 3.1. Préambule

Les moyens de reconnaissance et d'essais ont été définis par Ginger CEBTP en accord avec le client.

Ces investigations ont toutes été réalisées.

#### 3.2. Implantation et nivellement

L'implantation des sondages et essais in situ figure sur le plan d'implantation joint en annexe 2. Elle a été définie et réalisée par Ginger CEBTP en fonction du projet.

L'altitude des têtes de sondages correspond au niveau du terrain au moment des investigations (Terrain Actuel – TA). Elles ont été relevées au moyen d'un GPS de précision infradécimétrique en altitude (référentiel NGF).

#### 3.3. Sondages, essais et mesures in situ

##### 3.3.1. Investigations in situ

Les investigations suivantes ont été réalisées :

| Type de sondage  | Qtté | Noms | Prof. / TA (m) | Altitude NGF de la tête (en m) | Essais pressiométriques (NFP 94-110) | Ouvrage  |
|--|------|------|----------------|--------------------------------|--------------------------------------|--|
| <b>Sondage semi-destructif à la tarière hélicoïdale</b> continue Ø 63 mm | 3    | SP1  | 8.0            | 41.4                           | 5                                    | Soutènements   |
|  |      | SP2  | 8.0            | 41.7                           | 5                                    |  |
|  |      | SP3  | 8.0            | 42.0                           | 5                                    |  |
| <b>Puits à la mini-pelle</b>   | 10   | PM1  | 1.6            | 41.3                           |                                      | Voiries d'accès  |
|  |      | PM2  | 1.9            | 41.4                           |                                      | Bâtiments, plateforme de stockage et voiries quai haut |
|  |      | PM3  | 1.9            | 41.4                           |                                      |  |
|  |      | PM4  | 1.7            | 41.5                           |                                      |  |
|  |      | PM5  | 2.0            | 41.3                           |                                      |  |
|  |      | PM6  | 2.2            | 41.5                           |                                      |  |
|  |      | PM7  | 2.1            | 42.0                           |                                      |  |
|  |      | PM8  | 2.2            | 42.1                           |                                      |  |
|  |      | PM9  | 1.9            | 41.5                           |                                      | Voiries quai bas                                       |
|  |      | PM10 | 2.2            | 42.0                           |                                      |  |

| Type de sondage  | Qtté | Noms | Prof. / TA (m) | Altitude NGF de la tête (en m) | Ouvrage  |                  |
|--|------|------|----------------|--------------------------------|--|------------------|
| <b>Essai au pénétromètre dynamique type B</b><br>Norme NF P 94-115 mené au refus ® ou arrêté à 2 m | 9    | PDB1 | 3.6®           | 41.5                           | Bâtiments, plateforme de stockage et voiries quai haut |                  |
|  |      | PDB2 | 3.1®           | 41.4                           |  |                  |
|  |      | PDB3 | 3.6®           | 41.5                           |  |                  |
|  |      | PDB4 | 3.9®           | 41.3                           |  |                  |
|  |      | PDB5 | 3.6®           | 41.5                           |  |                  |
|  |      | PDB6 | 3.6®           | 42.6                           |  |                  |
|  |      |      | PDB7           | 2.0                            | 41.4   | Voiries quai bas |
|  |      |      | PDB8           | 2.0                            | 42.0   |                  |
|  |      |      | PDB9           | 2.0                            | 42.6   |                  |

La profondeur des sondages est conforme par rapport à celle définie au contrat.

Les coupes des sondages, les pénétrogrammes et les résultats des essais in situ sont présentés en annexe 3, où l'on trouvera en particulier les renseignements décrits ci-après :

- **Sondages semi-destructifs à la tarière continue :**
  - coupe des sols,
  - venue d'eau éventuelle,
 Et, pour chaque essai pressiométrique effectué :
  - module pressiométrique  $E_M$  (MPa)
  - pression limite nette  $p_l^*$  (MPa)
  - pression de fluage nette  $p_f^*$  (MPa)
  - rapport  $E_M/p_l^*$
  
- **Essais au pénétromètre dynamique type B :**
  - diagramme donnant la résistance dynamique  $q_d$  en fonction de la profondeur, calculée selon la formule des Hollandais,
  - éventuel niveau d'eau en fin de sondage.
  
- **Puits de reconnaissance à la mini-pelle :**
  - coupe détaillée des sols,
  - tenue des fouilles,
  - venue d'eau éventuelle,
  - prélèvements d'échantillons,
  - photographies de la fouille et des sols extraits.

### 3.3.2. Piézométrie

L'équipement suivant a été mis en place :

| Equipement piézométrique                                | Sondage de référence | Prof. / TA |
|---|----------------------|------------|
| Tube piézométrique avec protection par capot métallique | SP2                  | 8.0 m      |

Les relevés des niveaux d'eau effectués ainsi que le détail de l'équipement mis en place sont indiqués sur la coupe de forage correspondante.

## 3.4. Essais en laboratoire

### 3.4.1. Identification et caractéristiques mécaniques des sols

Sur les échantillons prélevés, il est prévu de réaliser les essais suivants :

| Identification des sols              | Nombre | Norme      |
|--------------------------------------|--------|------------|
| Teneur en eau pondérale W            | 4      | NF P94-050 |
| Analyse granulométrique par tamisage | 4      | NF P94-056 |
| Valeur au bleu du sol (VBS)          | 4      | NF P94-068 |
| Indice Portant Immédiat (IPI)        | 4      | NF P94-078 |
| Classification des sols (GTR)        | 4      | NF P11-300 |

Nota : les prélèvements d'échantillons sont la propriété du client. Ils seront conservés pendant un mois à compter de l'envoi du rapport. S'il le souhaite, le client pourra donc soit récupérer ses prélèvements, soit demander à ce qu'ils soient conservés. A défaut de demande expresse, les prélèvements seront mis au rebut.

Les résultats des essais in situ sont présentés en annexe 4.

### 3.4.2. Agressivité du milieu vis-à-vis du béton

Sur l'échantillon d'eau prélevé au droit du sondage SP2, il a été réaliser l'essai suivant:

| Agressivité de l'eau | Nombre | Norme       |
|----------------------|--------|-------------|
| Analyse chimique     | 1      | NF EN 206-1 |

Les résultats des essais in situ sont présentés en annexe 4.

## 4. Synthèse des investigations

### 4.1. Première approche d'un modèle géologique

**Cette synthèse devra être confirmée dans les phases ultérieures de l'étude** (mission d'étude géotechnique de conception G2 phase Projet (G2 PRO) et/ou mission d'étude géotechnique d'exécution (G3)).

#### 4.1.1. Lithologie

A noter que la profondeur des formations est donnée par rapport au terrain tel qu'il était au moment de la reconnaissance (juillet 2017).

L'analyse et la synthèse des résultats des investigations réalisées ont permis de dresser la coupe géotechnique schématique suivante :

Formation n°1 : **Formation de couverture** correspondant à de la terre végétale.

Profondeur de la base : de 0.2 à 0.8 m/TA,

Caractéristiques géotechniques :

- Résistance dynamique de pointe ( $q_d$ ) : < 3 MPa

Formation n°2 : **Sable limoneux** marron à marron clair avec présence de graviers et galets en base de la formation.

Profondeur de la base : de 0.6 à 2.0 m/TA,

Caractéristiques géotechniques :

- Pression limite ( $p_l^*$ ) : 0.33 à 0.56 MPa
- Module pressiométrique ( $E_M$ ) : 2.5 à 5.5 MPa
- Résistance dynamique de pointe ( $q_d$ ) : 1 à 6 MPa

Formation n°3a : **Migmatites décomposées** se présentant sous forme de sable fin avec cailloux

Profondeur de la base : de 5.7 à 6.0 m/TA,

Caractéristiques géotechniques :

- Pression limite ( $p_l^*$ ) : 0.65 à 0.9 MPa
- Module pressiométrique ( $E_M$ ) : 5.4 à 8.0 MPa
- Résistance dynamique de pointe ( $q_d$ ) : de 3 MPa jusqu'au refus (>25 MPa)

Commentaire : la base de cette formation a été atteinte uniquement au droit des sondages SP1, SP2 et SP3.

### Formation n°3b : Migmatites altérées

Profondeur de la base : supérieure à la base des sondages (8.0 m/TA),

Caractéristiques géotechniques :

- Pression limite ( $p_l^*$ ) : 1.22 à 2.07 MPa
- Module pressiométrique ( $E_M$ ) : 11.8 à 21.0 MPa
- Résistance dynamique de pointe ( $q_d$ ) : > 25 MPa

Commentaire : cette formation a été atteinte uniquement au droit des sondages SP1, SP2 et SP3.

Pour une meilleure analyse, il a été établi ci-après une classification des formations décrites ci-dessus au droit de chaque sondage.

| Ouvrage                               | Soutènements   |               |               | Voiries d'accès   |                   |
|---------------------------------------|--|---------------|---------------|-------------------|-------------------|
| Sondage<br>(cote NGF de la tête en m) | SP1<br>(41.4)  | SP2<br>(41.7) | SP3<br>(42.0) | PM1<br>(41.3)     | PM2<br>(41.4)     |
| Formation                             | Profondeur de la base en mètre par rapport au TA<br>(altitude NGF correspondante en m) |               |               |                   |                   |
| 1- TV                                 | 0.2<br>(41.2)  | 0.2<br>(41.5) | 0.2<br>(41.8) | 0.5<br>(40.8)     | 0.4<br>(41.0)     |
| 2 - Sable limoneux                    | 1.4<br>(40.0)  | 1.3<br>(40.4) | 1.8<br>(40.2) | 1.2<br>(40.1)     | 1.5<br>(39.9)     |
| 3a - Migmatites décomposées           | 5.7<br>(35.7)  | 6.0<br>(35.7) | 5.8<br>(36.2) | > 1.6<br>(< 39.7) | > 1.9<br>(< 39.5) |
| 3b - Migmatites altérées              | Au-delà  |               |               | Non atteint       |                   |

| Ouvrage                               | Bâtiments, plateforme de stockage et voiries quai haut                                 |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |
|---------------------------------------|--|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Sondage<br>(cote NGF de la tête en m) | PM3<br>(41.4)  | PDB1<br>(41.5)    | PM4<br>(41.5)     | PDB2<br>(41.4)    | PDB3<br>(41.5)    | PM5<br>(41.3)     | PDB4<br>(41.3)    | PDB5<br>(41.5)    | PM6<br>(41.5)     | PM7<br>(42.0)     | PDB6<br>(42.6)    | PM8<br>(42.1)     |
| Formation                             | Profondeur de la base en mètre par rapport au TA<br>(altitude NGF correspondante en m) |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |
| 1- TV                                 | 0.4<br>(41.0)  | 0.2<br>(41.3)     | 0.4<br>(41.1)     | 0.3<br>(41.1)     | 0.2<br>(41.3)     | 0.4<br>(40.9)     | 0.3<br>(41.0)     | 0.2<br>(41.3)     | 0.3<br>(41.2)     | 0.8<br>(41.2)     | 0.2<br>(42.4)     | 0.8<br>(41.3)     |
| 2 - Sable limoneux                    | 1.5<br>(39.9)  | 1.5<br>(40.0)     | 1.3<br>(40.2)     | 1.4<br>(40.0)     | 1.5<br>(40.0)     | 1.1<br>(40.2)     | 1.2<br>(40.1)     | 1.5<br>(40.0)     | 1.4<br>(40.1)     | 2.0<br>(40.0)     | 0.6<br>(42.0)     | 1.8<br>(40.3)     |
| 3a - Migmatites décomposées           | > 1.9<br>(< 39.5)  | > 3.6<br>(< 37.9) | > 1.7<br>(< 39.8) | > 3.1<br>(< 38.3) | > 3.6<br>(< 37.9) | > 2.0<br>(< 39.3) | > 3.9<br>(< 37.4) | > 3.6<br>(< 37.9) | > 2.2<br>(< 39.3) | > 2.1<br>(< 39.9) | > 3.6<br>(< 39.0) | > 2.2<br>(< 39.9) |
| 3b - Migmatites altérées              | Non atteint  |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |

| Ouvrage                               | Voiries quai bas   |                   |                   |                   |                   |
|---------------------------------------|--|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Sondage<br>(cote NGF de la tête en m) | PDB7<br>(41.4)   | PM9<br>(41.5)     | PDB8<br>(42.0)    | PM10<br>(42.0)    | PDB9<br>(42.6)    |
| Formation                             | Profondeur de la base en mètre par rapport au TA<br>(altitude NGF correspondante en m) |                   |                   |                   |                   |
| 1- TV                                 | 0.2<br>(41.2)  | 0.5<br>(41.0)     | 0.2<br>(41.8)     | 0.6<br>(41.5)     | 0.2<br>(42.4)     |
| 2 - Sable limoneux                    | 1.2<br>(40.2)  | 1.5<br>(40.1)     | 1.4<br>(40.6)     | 1.6<br>(40.4)     | 1.0<br>(41.6)     |
| 3a - Migmatites décomposées           | > 2.0<br>(< 39.4)  | > 1.9<br>(< 39.6) | > 2.0<br>(< 40.0) | > 2.2<br>(< 39.8) | > 2.0<br>(< 40.6) |
| 3b - Migmatites altérées              | Non atteint  |                   |                   |                   |                   |

Remarques :

- la transition entre les différents degrés d'altération des migmatites peut être brutale compte tenu de la dégradation plus ou moins rapide du substratum. La limite entre les états n'est pas clairement distincte et varie, parfois fortement, d'un point à un autre,
- 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 ;
- les essais de pénétration dynamique des sols étant des sondages dits « aveugles » en l'absence et au-delà de sondage couplé, la géologie des terrains ainsi que les limites de couches sont interprétées ou extrapolées à partir des diagrammes et notamment des valeurs de compacité du sol. **La nature des terrains et leur compacité devront, par conséquent, être confirmées lors des travaux.**

#### 4.1.2. Caractéristiques géomécaniques

L'analyse des résultats des essais et sondages conduit à retenir les paramètres indiqués dans le tableau suivant :

| Formation | Nature du sol          | Valeurs pressiométriques |             | Coefficient rhéologique $\alpha$ | Résistance de pointe $q_d$ (MPa) |
|-----------|------------------------|--------------------------|-------------|----------------------------------|----------------------------------|
|           |                        | $p_i^*$ (MPa)            | $E_M$ (MPa) |                                  |                                  |
| n°1       | TV                     | -                        | -           | -                                | 2                                |
| n°2       | Sable limoneux         | 0.3                      | 3           | 1/2                              | 3                                |
| n°3a      | Migmatites décomposées | 0.7*                     | 7*          | 1/3                              | 6                                |
| n°3b      | Migmatites altérées    | 1.5*                     | 15*         | 2/3                              | >25                              |

\* valeur retenue pour les calculs. Ceci ne doit pas faire oublier les caractéristiques mécaniques élevées mesurées dans le substratum (voir coupes de sondage) pour le choix des techniques de travaux.

Ces données ont pour seul objet de préciser les hypothèses de calcul retenues pour la justification des ouvrages. La conception des infrastructures devra tenir compte des variations des limites de couches et des hétérogénéités locales toujours possibles.

#### 4.1.3. Caractéristiques physiques des sols

Dans le tableau ci-dessous sont reportés les résultats des essais d'identification et des essais mécaniques sur matériaux non rocheux :

| Sondage | Formation/type de sol | Prof. échant°<br>(m/TA) | W (%) | VBS | Dmax<br>(mm) | Tamisé<br>< 80 µm | IPI | Classe<br>GTR |
|---------|-----------------------|-------------------------|-------|-----|--------------|-------------------|-----|---------------|
| PM1     | 2- sable limoneux     | 0.5 à 1.0               | 17.5  | 1.2 | 20           | 81.9 %            | 2   | <b>A1 th</b>  |
| PM8     | 2- sable limoneux     | 0.8 à 1.3               | 20.1  | 1.6 | 5            | 95.9 %            | 1   | <b>A1 th</b>  |
| PM10    | 2- sable limoneux     | 0.55 à 1.35             | 17.5  | 1.0 | 20           | 77.2              | 2   | <b>A1 th</b>  |

#### Légende :

- W: Teneur en eau pondérale
- VBS : Indice de mesure de la capacité d'absorption de bleu de méthylène du sol
- Dmax : Diamètre maximal des éléments
- < 80 µm : Pourcentage d'éléments fins passant au tamis de 80 micromètres
- IPI : Indice de Portance Immédiat
- Classe GTR : Classe de sol selon la norme NF P11-300

**Les matériaux de classe A1 sont très sensibles à l'eau** et sont sujets à perte de portance pour de faibles variations de teneur en eau. La valeur d'IPI relevée est faible ; elle dénote l'état hydrique très humide des sols testés.

## 4.2. Première approche de modèle hydrogéologique

### 4.2.1. Contexte hydrogéologique

Dans le contexte géologique décrit plus haut, peuvent cohabiter plusieurs types de nappes. On distingue, de haut en bas :

- une nappe de type perchée pouvant régner au sein des formations superficielles plus ou moins sableuses, alimentée par la pluviométrie efficace,
- une nappe de type fissurale pouvant se développer au sein de l'horizon de migmatites. Ces circulations peuvent être en charge dans les fractures du substratum décomposé à altéré, a priori relativement perméable (sable fin à sable et graves). Ce phénomène est illustré par des venues d'eau en cours de forage relevées à une profondeur supérieure à la profondeur des niveaux d'eau en fin de sondage et se traduit, à l'échelle du chantier, par des venues d'eau de débits variables, et lorsqu'elles existent par des niveaux irréguliers.

#### 4.2.2. Piézométrie et niveaux d'eau

Lors de nos investigations (juillet 2017), nous avons observé les niveaux d'eau suivants :

|  |               |                  |               |                  |
|--|---------------|------------------|---------------|------------------|
| Sondage<br>(cote NGF de la tête en m)                              | SP1<br>(41.4) | SP2+Pz<br>(41.7) | SP3<br>(42.0) | SP2+Pz<br>(41.7) |
| Date de réalisation  | 26/07/17      |                  |               | 21/08/17         |
| Venue d'eau en cours de forage en m/TA<br>(cote de la venue d'eau) | 5.2<br>(36.2) | 5.6<br>(36.1)    | 5.8<br>(36.2) | -<br>-           |
| Niveau d'eau en fin de sondage en m/TA<br>(cote du niveau d'eau)   | 4.5<br>(36.9) | 4.3<br>(37.4)    | 4.7<br>(37.3) | 2.81<br>(38.89)  |

Les autres sondages sont restés secs jusqu'aux profondeurs investiguées.

Ces niveaux semblent correspondre à des circulations d'eau anarchiques / ponctuelles dont certaines peuvent ne pas avoir été détectées par nos sondages. En effet, les essais de pénétration dynamique permettent rarement de déceler ou de localiser les niveaux d'eau dans le sol. Par ailleurs, les fouilles réalisées à l'aide d'une pelle mécanique ne permettent pas toujours d'atteindre les niveaux géologiques aquifères.

**De plus, il est à noter que le régime hydrogéologique peut varier en fonction de la saison et de la pluviométrie. Ces niveaux d'eau doivent donc être considérés à un instant donné.**

Pour mieux préciser le niveau d'eau représentatif du site, il conviendra d'effectuer le suivi du niveau d'eau dans le piézomètre mis en place sur une durée significative (au minimum 6 mois dont la période hivernale) et de comparer les résultats à un historique s'il existe. Cette recherche et le suivi ne font pas partie de la présente mission et devront faire l'objet d'une mission complémentaire lors des phases ultérieures de l'étude (étude en phase projet (G2 PRO) ou en phase exécution (G3)).

#### 4.2.3. Inondabilité

D'après les données issues des sites internet [www.inondationsnappes.fr](http://www.inondationsnappes.fr), et [www.ille-et-vilaine.gouv.fr](http://www.ille-et-vilaine.gouv.fr), la parcelle présente une sensibilité "très forte" aux risques d'inondations par remontée de la nappe depuis le substratum rocheux. Des venues d'eau à faible, voire très faible, profondeur sont donc à attendre en période défavorable.

Des informations plus précises sur le risque réel d'inondation peuvent être fournies dans les documents d'urbanisme (P.L.U.). De plus, ce risque dépend des travaux de protection réalisés, et est donc susceptible de varier dans le temps.

### 4.3. Agressivité de l'eau vis-à-vis du béton

Les comptes rendus des essais en laboratoire sont insérés en annexe 4. Les résultats de ces essais sont synthétisés ci-après.

| Référence du prélèvement | Temp. de l'eau in situ (°C) | pH de l'eau in situ | Temp. de l'eau sous analyse (°C) | pH de l'eau sous analyse | TAC (degrés f) | TA (degrés f) | CO <sub>2</sub> agressif (mg/l) | Classe de l'environnement                   |
|--------------------------|-----------------------------|---------------------|----------------------------------|--------------------------|----------------|---------------|---------------------------------|---|
| PZ (SP2)                 | 14.4                        | 7.2                 | 20.2                             | 7.3                      | 33.4           | <2.0          | 0.0                             | <b>XA1</b><br>(faible agressivité chimique) |

### 4.4. Risque sismique

#### 4.4.1. Données parasismiques réglementaires

Selon le décret n°2010-1255, l'arrêté du 15 septembre 2014 modifiant l'arrêté du 22 octobre 2010 relatif à la classification et aux règles de construction parasismique applicables aux bâtiments de classe dite "à risque normal" et la norme NF EN 1998 (Eurocode 8), les principales données parasismiques déduites des éléments du projet et des reconnaissances effectuées figurent dans le tableau ci-dessous :

|   |                       |
|---|-----------------------|
| Zone de sismicité   | 2 (aléa faible)       |
| Catégorie d'importance du bâtiment (à confirmer par la MOE) | II                    |
| Accélération maximale de référence (agR)                    | 0,7 m.s <sup>-2</sup> |

Nous rappelons que le projet se situant en zone de sismicité 2, le dimensionnement des structures à l'Eurocode 8 n'est obligatoire que pour les bâtiments de catégorie d'importance III ou IV.

En l'absence d'investigations spécifiques, nous avons estimé la valeur de **la classe de sol à C** (paramètre de sol 1,5).

Si le projet le nécessite, la valeur à retenir pourrait être définie précisément par la réalisation d'investigations complémentaires (MASW, crosshole, downhole) pouvant être réalisées lors des phases ultérieures d'étude.

#### 4.4.2. Liquéfaction

Le site étant classé en zone sismique 2 (aléa faible), l'étude de la liquéfaction des sols n'est pas requise d'après l'arrêté du 15 septembre 2014 modifiant l'arrêté du 22 octobre 2010 relatif à la classification et aux règles de construction parasismique applicables aux bâtiments de classe dite "à risque normal".

## 5. Principes généraux de construction

### 5.1. Analyse du contexte et principes d'adaptation

Compte-tenu de ce qui a été indiqué dans les paragraphes précédents, les points essentiels ci-dessous sont à prendre en compte et conduiront les choix d'adaptation du projet :

➤ Contexte géologique et géotechnique

Contexte géotechnique : Sous 0.2 à 0.8 m de terre végétale (formation n°1), nous sommes en présence de sable limoneux (formation n°2) sur une épaisseur de l'ordre du mètre. Au-delà, on rencontre les migmatites décomposées (formation n°3a) puis altérées (formation n°3b) avec des caractéristiques mécaniques s'améliorant progressivement avec la profondeur.

Contexte hydrogéologique : Des niveaux d'eau ont été repérés entre les cotes 36.9 et 37.4 m NGF à la période des sondages (juillet 2017). Nous rappelons que le régime hydrogéologique varie en fonction de la saison et de la pluviosité.

➤ Caractéristiques du projet

Le projet porte sur la construction d'une nouvelle déchetterie composée :

- d'un quai haut de l'ordre de 0.0 à 2.2 m/TN,
- d'un quai bas de l'ordre de 0.0 à -1.8 m/TN,
- d'un ensemble de bâtiments de plain-pied représentant une emprise totale d'environ 130 m<sup>2</sup>, situés sur le quai haut,
- d'une plateforme de réception des déchets verts sur dalle béton d'une emprise de 1 300m<sup>2</sup>.
- de murs de soutènement séparant les quais haut des quais bas d'une hauteur de l'ordre de 2.3 m.

A ces structures est associée l'aménagement des voiries de desserte VL et PL représentant un linéaire d'environ 400 m.

➤ Bilan des principales contraintes vis-à-vis du projet

Les contraintes à prendre en compte pour le projet sont les suivantes :

- fond de forme situé dans des matériaux très sensibles à l'eau,
- fortes épaisseurs de remblais à mettre en œuvre sur des terrains superficiels peu porteurs.

➤ Solutions techniques envisageables :

Compte tenu des points précédents, on pourra envisager :

- la réalisation des terrassements en déblais et en remblais via un système de talutage,
- pour les bâtiments techniques et le local gardien sur le quai haut :
  - un dallage sur terre-plein moyennant une couche de forme de forte épaisseur ; nous rappelons qu'une solution mettant en œuvre un plancher porté par les fondations reste toujours envisageable,
  - un mode de fondations superficielles ancrées dans le sable limoneux (formation n°2),
- pour la plateforme de stockage de déchets verts sur le quai haut :
  - un dallage sur terre-plein moyennant une couche de forme de forte épaisseur.
- pour le soutènement des quais :
  - un mode de fondations superficielles, dans les migmatites décomposées (formation n°3a).

A noter qu'en fonction des épaisseurs de remblais à mettre en place, de la qualité des matériaux employés, de la bonne mise en œuvre de ceux-ci et des descentes de charges des bâtiments techniques et du local gardien en haut de quai, il pourra être envisagé, sous réserves d'investigations complémentaires après mise en œuvre des remblais en question, d'ancrer les fondations dans les remblais d'apport.

Ces principes sont détaillés dans les paragraphes suivants.

Nous rappelons que toute modification du projet ou des sols peut entraîner une modification partielle ou complète des adaptations préconisées.

## 5.2. Adaptations générales

### 5.2.1. Remarques préalables

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.

## 5.2.2. Réalisation des terrassements

### 5.2.2.1. Hauteurs envisagées

Le projet prévoit la réalisation de terrassements mixtes en déblais (jusqu'à -1.8 m de profondeur/TA) et en remblais (jusqu'à + 2.2 m d'épaisseur/TA).

### 5.2.2.2. Traficabilité en phase chantier

**Par expérience** et à défaut d'avoir les résultats des essais en laboratoire (essais en cours), **les sables limoneux (formation n°2) sont réputés sensibles à l'eau**. De même, les migmatites vont se dégrader rapidement une fois exposés à l'air libre et aux intempéries. Par conséquent, les travaux devront être réalisés dans des conditions météorologiques favorables sinon le chantier pourrait rapidement devenir impraticable et nécessiterait la mise en place de surépaisseurs en matériaux insensibles à l'eau.

### 5.2.2.3. Terrassabilité des matériaux

Compte tenu du projet, les terrassements en déblais atteindront au maximum 2.25 m de profondeur par rapport au TA. Les horizons concernés par les déblais sont donc :

- les formations superficielles (formations n°1 et 2),
- les migmatites décomposées (formation n°3a).

La réalisation des déblais concernant ces formations ne présentera pas de difficulté particulière d'extraction. Les terrassements pourront donc se faire à l'aide d'engins classiques de moyenne puissance.

### 5.2.2.4. Drainage en phase chantier

Suite aux observations faites au cours de la campagne d'investigations, le terrain devrait en principe être sec jusqu'aux profondeurs concernées par le projet. Cependant, des venues d'eau peuvent apparaître en cours de terrassement. Elles seront alors collectées en périphérie et évacuées en dehors de la fouille (captage).

Les dispositions spécifiques prévisibles seront adaptées au cas par cas pour assurer la mise au sec de la plateforme de travail à tout moment. On privilégiera notamment une réalisation des travaux en période favorable.

Toute zone décomprimée fera l'objet d'un traitement spécifique si elle doit recevoir un élément de l'ouvrage à porter (purge, compactage).

#### 5.2.2.5. Réalisation des remblais

Compte tenu de la hauteur de matériaux à mettre en œuvre, le poids des terres remblayées correspond à une surcharge maximum de 44 kPa. Des tassements importants sont à prévoir (de l'ordre de 2.5 cm). En fonction des tolérances du projet, il pourra donc être nécessaire de prévoir une amélioration de sol préalable à la réalisation du projet pouvant être :

- une accélération de la consolidation par mise en œuvre d'un préchargement et/ou d'un système de drainage vertical,
- une purge/substitution totale de la formation n°2 par des matériaux sélectionnés, insensibles à l'eau et correctement mis en œuvre selon les recommandations du GTR.

On notera que les remblais nécessaires au rattrapage de la cote du niveau bas peuvent éventuellement servir d'assise aux fondations. Ils reposeront selon le cas sur les sables limoneux (formation n°2) dont le toit a été reconnu entre 0.2/0.8 m/TA ou sur les matériaux du substitution.

Les matériaux, ainsi que les procédures de mise en œuvre et de contrôle devront alors répondre aux recommandations « Caractéristiques des matériaux de remblais supports de fondations » du L.C.P.C. de 1980 et/ou au DTU 13.3. De plus, l'objectif de compactage visé sera alors q2.

L'épaisseur de chacune des couches mises en œuvre ne dépassera pas les valeurs limites indiquées dans les recommandations GTR, en tenant compte de la classe de sol et du type d'engin de compactage utilisé.

Un contrôle régulier au fur et à mesure de l'avancement du remblai sera nécessaire. Ce contrôle est à prévoir à chaque couche unitaire d'apport, et au minimum tous les 0,6 m d'épaisseur au fur et à mesure de l'avancement de l'élévation du remblai. On visera un critère de réception par essais à la plaque Ø 60 cm, selon le mode opératoire du L.C.P.C., correspondant à un module  $EV2 \geq 30$  MPa sous les voiries et  $EV2 \geq 50$  MPa sous les dallages.

De plus, on s'assurera que le compactage est correctement réalisé (critère en EV1/EV2, méthode Q/S, gammadensimètre et/ou essais au pénétrodensitomètre).

#### 5.2.2.6. Remblaiement périphérique après construction

Sous condition de soutènement ou de pente de talus faibles, les remblaiements périphériques pourront être réalisés en toute fin de construction.

Nous rappelons que les murs de soutènement devront être dimensionnés de façon à reprendre la poussée des terres et la poussée hydrostatique à moins de prévoir un système de drainage adapté à l'arrière des murs. Dans ce cas, la poussée hydrostatique pourra être considérée comme nulle.

### 5.2.2.7. Talutages

Les talus **provisoires** des fouilles et des remblais d'apport pourront être dressés avec **une pente de 3 de base pour 2 de hauteur**, à adapter lors des terrassements si cela s'avère nécessaire.

Les talus **définitifs** pourront être dressés avec une pente de 2 de base pour 1 de hauteur.

A noter que des hétérogénéités locales peuvent être rencontrées au fur et à mesure de l'ouverture des fouilles et provoquer des éboulements locaux. L'ensemble des talus devra être protégé des intempéries par des feuilles de polyane soigneusement fixées et des cunettes étanches en tête de talus.

Les talus définitifs seront protégés des phénomènes de ravinement par la mise en place d'une végétalisation rapide.

**On veillera à n'implanter aucune surcharge (même provisoire) en crête de talus, sans étude spécifique.**

Pour des hauteurs de talus supérieures à 2 m ou pour des talus plus raides, un confortement est à prévoir. Son dimensionnement fera l'objet d'une étude particulière spécifique.

### 5.2.3. Soutènements

#### 5.2.3.1. Techniques envisageables

Le projet implique la création de murs de soutènements entre la partie basse et la partie haute des quais. Les solutions envisageables dans ce cas pourront être de type mur en L ou en T inversé.

#### 5.2.3.2. Modélisation à retenir pour leur dimensionnement

Compte tenu des sondages et essais réalisés ainsi que terrassements projetés, nous proposons de retenir les caractéristiques suivantes :

| Formation | Nature de l'horizon    | Poids volumique (kN/m <sup>3</sup> ) | Long terme        |                                    |
|-----------|------------------------|--------------------------------------|-------------------|------------------------------------|
|           |                        |                                      | Cohésion C' (kPa) | Angle de frottement $\varphi'$ (°) |
| n°0       | Remblais d'apport      | 18                                   | 0                 | 30                                 |
| n°2       | Sable limoneux         | 18                                   | 0                 | 30                                 |
| n°3a      | Migmatites décomposées | 19                                   | 5                 | 30                                 |
| n°3b      | Migmatites altérées    | 19                                   | 15                | 35                                 |

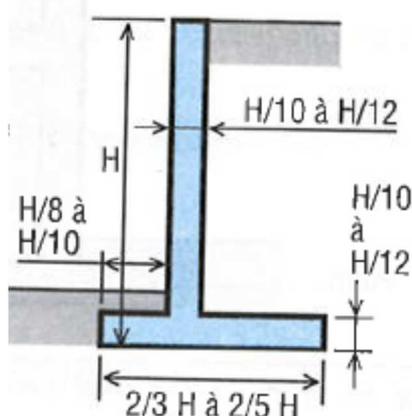
Nota : la notion de court terme est imprécise et ne peut être utilisée que pour des phases de travaux très provisoires et non pour des ouvrages devant résister pendant la durée du chantier. Nous ne fournirons donc pas d'éléments la concernant à ce stade du projet.

### 5.2.3.3. Principes généraux

Dans le contexte décrit plus haut et au vu des déblais envisagés au niveau de la partie basse des quais, on cherchera un ancrage dans les migmatites décomposées de la formation n°3a.

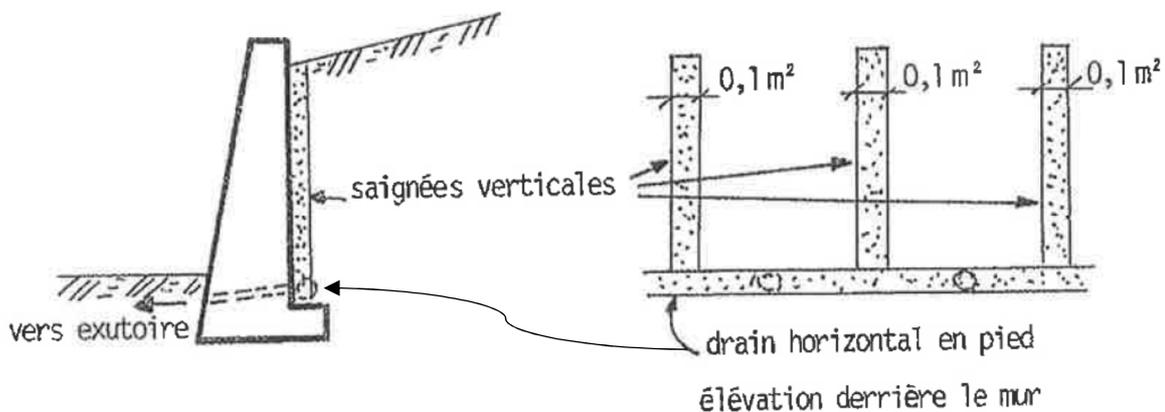
En première approche, **de manière sécuritaire**, et *en amont de l'étude de conception phase projet (G2 PRO) ou de l'étude d'exécution (G3)*, pour un ancrage de 0.3 m dans cette formation, nous proposons de retenir, une valeur de la contrainte  $\sigma_{ELS}$  maximale de 200 kPa.

En fonction de la hauteur, les principes à prendre en compte pour un mur en T inversé sont les suivantes :

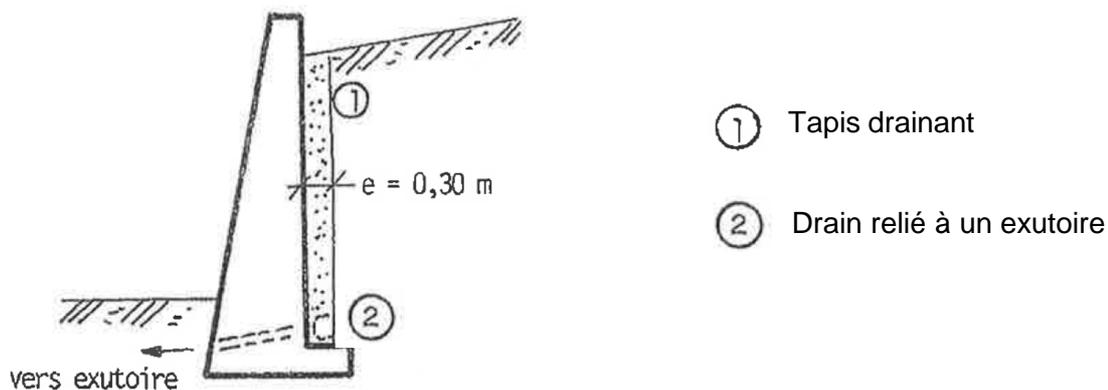


A ces soutènements devra être associé un réseau de drainage permettant d'évacuer les eaux d'infiltration pour éviter leur accumulation à l'arrière du mur permettant de diminuer les poussées et d'éviter de saturer le sol d'assise. En fonction des matériaux employés en remblais derrière le mur, on s'orientera :

- soit vers un système de barbacanes associées à un drain horizontal en pied de mur relié à des saignées verticales régulièrement espacées dans le cas d'utilisation de matériaux d'apport insensibles à l'eau (cas 1),
- soit vers un système de tapis drainant longitudinal avec drain en pied relié à un exutoire dans le cas d'utilisation des matériaux du site (cas 2).



Cas 1 – matériaux d'apport insensibles à l'eau à l'arrière du mur



Cas 2 – réutilisation des matériaux du site à l'arrière du mur

## 5.2.4. Réemploi des matériaux du site

### 5.2.4.1. Remarques préalables

La terre végétale ne sera pas réemployée à d'autres fins que paysagères.

Nous rappelons ci-dessous les résultats des analyses en laboratoire menées (classification GTR et état hydrique) :

| Sondage       | PM1 | PM8 | PM10 |
|---------------|-----|-----|------|
| Formation     | 2   | 2   | 2    |
| Classe GTR    | A1  | A1  | A1   |
| Etat hydrique | th  | th  | th   |

Rappel : Formation 2 – sable limoneux

Compte tenu de leur classe GTR (A1) et de leur état d'humidité au moment des investigations (th), ces matériaux **sont très sensibles à l'eau** et leur état hydrique est difficile à contrôler sous nos latitudes, amenant rapidement des sujétions de traitement.

**Ces matériaux sont réutilisables en remblais sous réserve d'une teneur en eau convenable. Par contre, ils ne sont pas réutilisables en couche de forme sans traitement préalable.**

Compte tenu de leur classe (A1) au sens de la norme NF P 11-300 et en fonction de leur état d'humidité au moment des investigations, les matériaux du site seront réutilisables selon les recommandations du GTR et suivant les conditions météorologiques. Par exemple :

- Etat hydrique th : inutilisables en l'état. Il conviendra de les ramener au minimum à un état hydrique h (mise en dépôt provisoire ou drainage préalable sur plusieurs mois). Dans le cas contraire, ils seront mis en décharge ou stockés dans les zones d'espaces verts.
- Etat hydrique h : les possibilités de réemploi dépendront des conditions météorologiques (pluie) :
  - pluie forte ou faible : situation ne permettant pas la mise en remblai,
  - autres conditions : traitement des sols en place avec un réactif adapté (chaux par exemple) et compactage faible à moyen.
- Etat hydrique m : les possibilités de réemploi dépendront des conditions météorologiques (pluie) :
  - pluie forte : situation ne permettant pas la mise en remblai,
  - pluie faible : extraction frontale, compactage moyen et remblai de hauteur moyenne ( $\leq 10m$ ),
  - conditions neutres (ni pluie, ni évaporation importante) : compactage moyen,
  - évaporation importante : compactage intense et remblai de hauteur moyenne ( $\leq 10m$ ).
- Etat hydrique s : les possibilités de réemploi dépendront des conditions météorologiques (pluie) :
  - pluie forte : situation ne permettant pas la mise en remblai,
  - pluie faible : réglage en couches minces, compactage moyen à intense et remblai de hauteur moyenne ( $\leq 10m$ ),
  - conditions neutres (ni pluie, ni évaporation importante) : compactage intense et remblai de hauteur moyenne ( $\leq 10m$ ),
  - évaporation importante : humidification pour changement d'état, compactage intense et remblai de hauteur moyenne ( $\leq 10m$ ).
- Etat hydrique ts : inutilisables en l'état.

Nous précisons que le traitement des sols nécessite une étude spécifique qui ne fait pas partie de la présente mission, mais peut faire l'objet d'une mission complémentaire en phase projet (G2 PRO). Il conviendra notamment de vérifier que le sol ne contient pas de sulfates pouvant entraîner la formation de sels expansifs, et de définir les dosages à prévoir.

**Dans tous les cas, on se reportera aux recommandations du GTR.**

### 5.3. Dallage bâtiments techniques et plateforme de déchets verts

#### 5.3.1. Solution retenue

Compte tenu des hauteurs de remblais envisagés dans la zone du local gardien et des bâtiments techniques, un dallage sur terre-plein est envisageable sous réserve **de vérification de l'homogénéité et de la compacité des matériaux en place**. Ceci ne pourra donc être envisagé qu'après reconnaissance complémentaire (essais de pénétration dynamique, sondages semi-destructifs à la tarière, ...). Si les critères de réception énoncés au 5.2.1.5 n'étaient pas satisfaits, il conviendrait, selon le cas, de s'orienter soit vers la mise en place d'une surépaisseur de matériaux d'apport insensibles à l'eau, soit vers un plancher porté par les fondations.

Les dallages seront conçus conformément au DTU 13.3 partie 2.

#### 5.3.2. Conception et exécution

La mise en œuvre de la structure sous dallage (couche de forme et couche de réglage) sera réalisée moyennant les précautions successives suivantes :

- **purge de la terre végétale**,
- terrassement jusqu'au fond de forme,
- **purge des éventuels poches médiocres et sols détériorés** par les engins de terrassement ou les eaux de pluie,
- compactage du fond de forme à 95 % de l'optimum Proctor normal (OPN) avec des engins adaptés. Cette opération ne sera réalisable dans les sols en place que si ces derniers présentent une teneur en eau voisine de l'OPN. Selon le GTR, la mise en œuvre correcte de la couche de forme nécessite un fond de forme ayant un module EV2 de l'ordre de 15 à 20 MPa pour une couche de forme en matériaux granulaires.

Dans le cas contraire (à la suite d'intempéries par exemple), et s'il est impossible d'attendre que le terrain s'assainisse, on devra envisager l'une des solutions ci-dessous :

- cloutage (incorporation par compactage et jusqu'à refus d'éléments 100/300 mm ou équivalents) sur une épaisseur minimale de 50 cm puis mise en place d'un géotextile,
- mise en place d'un géotextile si la plate-forme n'est pas praticable, et d'une sous-couche de 50 cm minimum en matériaux d'apports granulaires compactés et insensibles à l'eau,

- traitement du sol en place (sous réserve d'aptitude au traitement – étude spécifique en laboratoire à réaliser, non comprise dans la présente étude).
- mise en place des remblais conformément aux recommandations définies au paragraphe « Réalisation des remblais » (5.2.1.5), avec validation des critères de réception.

La structure sous dallage pourra alors être envisagée de la manière suivante :

- une couche de réglage de 0,2 m d'épaisseur minimale en grave non traitée (GNT) 0/31.5 ou équivalent.

Ces épaisseurs sont données à titre informatif. Elles sont susceptibles de varier en fonction des conditions météorologiques et devront **être confirmée par une planche d'essai**.

On veillera à respecter les recommandations du guide GTR édité en 1992 par le SETRA.

Il faudra également s'assurer qu'il ne subsiste pas de points durs ou des zones présentant des variations importantes d'épaisseurs de sable limoneux de la formation n°2 (cas de PDB5 et PDB6), sources de tassements différentiels.

### 5.3.3. Contrôles

D'après le DTU 13.3 de mars 2005 applicable au projet, le module de Westergaard ( $K_w$ ) à obtenir sur la couche de forme est de 50 MPa/m minimum.

On s'assurera, d'autre part, que le compactage est correctement réalisé.

### 5.3.4. Tassements prévisibles

Les hypothèses à retenir sur les modules  $E_s$  sont les suivantes, conformément au DTU 13.3 :

| Formation                     | Epaisseur par rapport au TA <sup>(1)</sup> (m) | $\alpha$ | Module $E_s$ <sup>(2)</sup> (MPa) |
|-------------------------------|--|----------|-----------------------------------|
| n°0 : Remblais d'apport       | 2.2  | 1/4      | 20                                |
| n°2 : Sable limoneux          | 1.5  | 1/2      | 6                                 |
| n°3a : Migmatites décomposées | 4.3  | 1/3      | 20                                |
| n°3b : Migmatites altérées    | > 5  | 2/3      | 22                                |

<sup>(1)</sup> TA : Terrain Actuel

<sup>(2)</sup> avec  $E_s = E_M / \alpha$

Pour information, le tassement prévisible à long terme sous le dallage est estimé de l'ordre 1.5 cm en fonction des terrassements et pour des surcharges estimées à 20 kPa et de l'ordre du demi-centimètre pour des surcharges estimées à 5 kPa (évaluation à partir du bicouche de Ménard).

## 5.4. Fondation des structures

### 5.4.1. Type de fondation et conditions d'ancrage

Compte tenu des éléments précédents, un système de **fondations superficielles uniquement filantes** ancrées de 0,3 m minimum dans le sable limoneux (formation n°2) ou de 0.5 m dans les remblais d'apport (sous réserves) est envisageable.

Le toit de formation n°2 a été atteint entre 0.2 et 0.8 m par rapport au terrain au droit des sondages réalisés. L'assise prévisible des fondations sera donc située entre 0.5 et 1.3 m par rapport au niveau de la plateforme actuelle.

L'ancrage minimum de 0.5 m dans les remblais d'apport est préconisé afin de permettre d'assurer la mise hors gel des fondations, à savoir 0,5 m par rapport au terrain fini (annexe O de la norme NFP 94-261).

### 5.4.2. Fondations ancrées dans les remblais

#### 5.4.2.1. Remarques préalables

Le dimensionnement des fondations devra être mené conformément à la norme d'application nationale NFP 94-261 – Eurocode 7 de juin 2013 (Justification des ouvrages géotechniques – Fondations superficielles).

De plus, on notera les points suivants :

- les calculs proposés ci-dessous sont valables dans le cas de charges verticales et de fondations suffisamment éloignées d'un talus de pente. Dans le cas où les charges seraient inclinées, il conviendrait d'appliquer un coefficient minorateur  $i\delta$ . De même pour des fondations à proximité de talus (distance au talus  $d \leq 8$  fois la largeur de la fondation), il conviendra d'appliquer un coefficient de réduction de portance  $i\beta$ ,
- les tassements théoriques calculés s'entendent pour une mise en œuvre des fondations selon les règles de l'Art en accord avec les prescriptions de l'Eurocode 7 (NFP 94-261),
- des descentes de charge hétérogènes peuvent conduire à des tassements différentiels dont l'amplitude devra être estimée dans le cadre d'une étude complémentaire de type G2 PRO ou G3.

La vérification de la stabilité au glissement devra faire l'objet d'une étude spécifique dans la mission géotechnique en phase projet (G2 PRO) ou en phase exécution (G3).

#### 5.4.2.2. Dispositions constructives

La solution de fondation dans les remblais de compensation altimétrique n'est envisageable que sous les conditions suivantes :

- mise en œuvre des remblais selon les modalités définies ci-dessous, avec un objectif de compactage  $q_2$  au minimum :
  - **purge de la terre végétale**,
  - **purge des éventuels poches médiocres et sols détériorés** par les engins de terrassement ou les eaux de pluie,
  - **compactage du fond de forme** à 95 % de l'optimum Proctor normal (OPN) avec des engins adaptés. Cette opération ne sera réalisable dans les sols en place que si ces derniers présentent une teneur en eau voisine de l'OPN. Selon le GTR, la mise en œuvre correcte de la couche de forme nécessite un fond de forme ayant un module EV2 de l'ordre de 15 à 20 MPa pour une couche de forme en matériaux granulaires.
- le remblaiement sera réalisé avec des matériaux sélectionnés, insensibles à l'eau et correctement mis en œuvre selon les recommandations du GTR,

A noter que le remblaiement pourra être réalisé avec les matériaux du site sous réserves :

- d'études complémentaires (conditions de compactage, aptitude au traitement, ...) et moyennant un suivi d'exécution soigné,
- contrôle de chaque couche d'apport avec des critères de réception EV2 > 50 MPa,
- contrôle du compactage (méthode Q/S, essais au gammadensimètre et/ou essais au pénétréodensitomètre),
- épaisseur minimale des remblais de 0,8 m sous les fondations et un débord de 0,5 m de chaque côté au minimum.

Les matériaux, ainsi que les procédures de mise en œuvre et de contrôle devront répondre aux recommandations "Caractéristiques des matériaux de remblais supports de fondations" du L.C.P.C. de 1980 et au DTU 13.3.

De plus, il conviendra de prendre en compte les sujétions suivantes :

- il convient de prévoir un ancrage minimal de 0,5 m minimum dans les remblais compensation altimétrique (profondeur permettant la mise hors gel des fondations – cf. annexe O de la norme d'application nationale de l'Eurocode 7 - NFP 94-261),
- il est recommandé de ne pas descendre la largeur des fondations en dessous de 0,5 m pour des semelles continues pour des raisons de bonne exécution (cela permet d'assurer un enrobage correct des armatures standard),
- en cas de deux bâtiments ou de deux parties d'un même bâtiment, fondés de façon différente ou présentant un nombre de niveaux différent, il conviendra de s'assurer que la structure peut s'adapter sans danger aux tassements différentiels qui pourraient se produire. Dans le cas contraire, les projeteurs devront prévoir un joint de construction intéressant toute la hauteur de l'ouvrage, y compris les fondations elles-mêmes,

- des fondations établies à des niveaux différents doivent respecter la règle des 3 de base pour 2 de hauteur entre arêtes de fondations et/ou pied de talus (NF P 94-261),
- les fondations doivent impérativement être coulées à pleine fouille et non coffrées à moins qu'il s'agisse de graviers insensibles aux intempéries et à la décompression,
- afin d'éviter une détérioration du niveau d'assise des fondations, un béton de propreté sera immédiatement coulé après terrassement afin de le protéger.

#### 5.4.2.3. Capacité portante

On s'assurera que la charge verticale transmise par la fondation superficielle au terrain  $V_d$  est inférieure à la résistance nette du terrain sous la fondation superficielle  $R_{v;d}$  :

$$V_d - R_0 \leq R_{v;d} \quad \text{avec} \quad R_{v;d} = \frac{R_{v;k}}{\gamma_{R;d}} \quad \text{et} \quad R_{v;k} = \frac{A' q_{net}}{\gamma_{R;d;v}}$$

Avec :

- $R_0$  : masse volumique de sol constitué du volume de la fondation sous le terrain après travaux et des sols compris entre la fondation et le terrain après travaux – ici négligé,
- $R_{v;d}$  : valeur de calcul de la résistance nette du terrain sous la fondation superficielle,
- $R_{v;k}$  : valeur caractéristique de la résistance nette du terrain sous la fondation superficielle,
- $A'$  : surface effective de la base d'une fondation superficielle,
- $q_{net}$  : contrainte associée à la résistance nette du terrain sous la fondation superficielle,
- $\gamma_{R;d;v}$  et  $\gamma_{R;v}$  : facteurs de sécurité partiels à considérer.

La valeur de calcul de la résistance nette du terrain sous la fondation superficielle  $R_{v;d}$  devra être évaluée en fonction des essais de **contrôle des remblais de compensation altimétrique avant la réalisation des fondations**. La campagne de contrôle comprendra au minimum des essais au pénétrodensitomètre et des sondages pressiométriques.

En première approche, on pourra retenir une contrainte associée à la résistance nette du terrain sous la fondation superficielle  $q_{net}$  de 150 kPa pour des charges verticales, centrées sur les fondations et pour des fondations éloignées de tout talus. **Nous rappelons que cette contrainte ne correspond en aucun cas à une contrainte pouvant être retenue aux ELU ou aux ELS.**

#### 5.4.2.4. Tassements

Les matériaux mis en œuvre pour la réalisation des remblais de compensation altimétrique sont réputés être incompressibles en considérant des conditions d'exécution satisfaisantes. Les tassements attendus devraient donc être limités à ceux estimés au paragraphe 5.2.1.5 *Réalisation des remblais* (soit des tassements absolus d'environ 2.5 cm et des tassements différentiels de l'ordre de 0.6 cm), auxquels s'ajouteront les tassements liés aux fondations de l'ouvrage (estimés en première approche à 0.5 cm pour une semelle filante de 0.5 m de côté).  
Remarques complémentaires :

- il appartient au BET structure de vérifier que les tassements déterminés précédemment sont acceptables par l'ouvrage et les avoisinants,
- en fonction des valeurs de tassements admissibles, une rigidification de la structure pourrait être nécessaire. On pourra notamment prévoir un renforcement des armatures des fondations et des chaînages tant horizontaux que verticaux.

**Le dimensionnement des fondations de l'ouvrage devra être ajusté en fonction des caractéristiques mécaniques réelles des matériaux mis en place.** Il ne pourra donc être réalisé que lors de l'étude d'exécution (mission G3 à la charge de l'entreprise).

### 5.4.3. Fondations dans le sable limoneux de la formation n°2

#### 5.4.3.1. Dispositions constructives

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

- il est recommandé de ne pas descendre la largeur des fondations en dessous de 0,5 m pour des semelles continues pour des raisons de bonne exécution (cela permet d'assurer un enrobage correct des armatures standards),
- la présence de sols compressibles conduit à prévoir des joints complets rapprochés en cas de bâtiment allongé et à chaque aile de bâtiment. Dans les mêmes conditions, le niveau bas sera rigidifié au maximum pour limiter l'effet des tassements différentiels,
- en cas de deux bâtiments ou de deux parties d'un même bâtiment, fondés de façon différente ou présentant un nombre de niveaux différent, il conviendra de s'assurer que la structure peut s'adapter sans danger aux tassements différentiels qui pourraient se produire. Dans le cas contraire, les projeteurs devront prévoir un joint de construction intéressant toute la hauteur de l'ouvrage, y compris les fondations elles-mêmes,
- des fondations établies à des niveaux différents doivent respecter la règle des 3 de base pour 2 de hauteur entre arêtes de fondations (NF P 94-261),
- les reconnaissances ayant mis en évidence de fortes variations du niveau du toit d'ancrage, il faut s'attendre à des adaptations locales (surprofondeurs), reprises par purge et coulage de béton maigre,
- afin d'éviter une décompression du sol de fondation, un béton de propreté sera immédiatement coulé après terrassement afin de le protéger.

#### 5.4.3.2. Justifications des fondations

##### ➤ Remarques préalables

Le dimensionnement des fondations devra être mené conformément à la norme NFP 94-261 – Eurocode 7 de juin 2013 (Justification des ouvrages géotechniques – Fondations superficielles).

De plus, on notera les points suivants :

- les calculs proposés ci-dessous sont valables dans le cas de charges verticales et de fondations suffisamment éloignées d'un talus. Dans le cas où les charges seraient inclinées, il conviendrait d'appliquer un coefficient minorateur  $i\delta$ . De même pour des fondations à proximité de talus de pente  $\beta$  (distance au talus  $d \leq 8$  fois la largeur de la fondation), il conviendra d'appliquer un coefficient de réduction de portance  $i\beta$ ,
- les tassements théoriques calculés s'entendent pour une mise en œuvre des fondations selon les règles de l'Art en accord avec les prescriptions de l'Eurocode 7 (NFP 94-261),
- des descentes de charge hétérogènes peuvent conduire à des tassements différentiels dont l'amplitude devra être estimée dans le cadre d'une étude complémentaire de type G2 PRO ou G3.

La vérification de la stabilité au glissement devra faire l'objet d'une étude spécifique dans la mission géotechnique en phase projet (G2 PRO) ou en phase exécution (G3).

##### ➤ Méthode de calcul de la capacité portante

On s'assurera que la charge verticale transmise par la fondation superficielle au terrain  $V_d$  est inférieure à la résistance nette du terrain sous la fondation superficielle  $R_{v;d}$  :

$$V_d - R_0 \leq R_{v;d} \quad \text{avec} \quad R_{v;d} = \frac{R_{v;k}}{\gamma_{R;d}} \quad \text{et} \quad R_{v;k} = \frac{A' q_{net}}{\gamma_{R;d;v}}$$

Avec :

- $R_0$  : masse volumique de sol constitué du volume de la fondation sous le terrain après travaux et des sols compris entre la fondation et le terrain après travaux – ici négligé,
- $R_{v;d}$  : valeur de calcul de la résistance nette du terrain sous la fondation superficielle,
- $R_{v;k}$  : valeur caractéristique de la résistance nette du terrain sous la fondation superficielle,
- $A'$  : surface effective de la base d'une fondation superficielle,
- $q_{net}$  : contrainte associée à la résistance nette du terrain sous la fondation superficielle,
- $\gamma_{R;d;v}$  et  $\gamma_{R;d}$  : facteurs de sécurité partiels à considérer.

➤ Méthode de calcul des tassements

Les tassements sont évalués selon la méthode pressiométrique. Elle permet d'estimer le tassement final d'une fondation :

- en considérant l'amortissement des contraintes avec la profondeur au droit de la fondation,
- en additionnant le tassement du terrain dû aux déformations de cisaillement avec le tassement du terrain dû aux déformations volumiques.

Elle est adaptée à l'estimation des tassements pour des chargements proches de ceux de l'ELS quasi-permanent.

Il s'agit de la méthode qui était retenue dans les justifications au DTU 13.12 et au Fascicule 62 Titre V.

➤ Exemples de calcul

Les résultats sont donnés dans le tableau ci-dessous d'après la modélisation géotechnique présente au paragraphe 4.1.2 et la lithologie observée au droit des sondages SP1 et SP3 et en considérant un ancrage de 0,3 m dans la couche d'assise et une fondation totalement comprimée ( $A'=A$ ).

| Type de fondation | Sondage référence | Largeur B (m) | Prof. assise (m) | Horizon d'ancrage | $p_{le}^*$ (MPa) | $D_e$ | $K_p$ | $q_{net}$ (kPa) | $R_{v,d}$ ELU (kN/m) | $R_{v,d}$ ELS <sup>(1)</sup> (kN/m) | $V_d$ (kN/m) | $S$ <sup>(2)</sup> (cm) |
|-------------------|-------------------|---------------|------------------|-------------------|------------------|-------|-------|-----------------|----------------------|-------------------------------------|--------------|-------------------------|
| semelle filante   | SP1               | 0.5 m         | 0.5              | n°2               | 0.3              | 0.5   | 0.96  | 288             | <b>86</b>            | <b>52</b>                           | <b>50</b>    | <b>1.0</b>              |
| semelle filante   | SP3               | 0.5 m         | 0.5              |                   | 0.5              | 0.5   | 0.96  | 480             | <b>143</b>           | <b>87</b>                           | <b>50</b>    | <b>0.5</b>              |

(1) ELS situations quasi-permanentes

(2) tassement associé à  $V_d$  et ne tenant pas compte des tassements induits par les remblais d'apport

En première approche, **de manière sécuritaire**, et en amont de l'étude de conception phase projet (G2 PRO) et de l'étude d'exécution (G3), nous proposons de retenir, pour une assise dans le sable limoneux (formation n°2), une valeur de la contrainte  $\sigma_{ELS}$  maximale de 100 kPa **pour des charges verticales et centrées sur les fondations.**

Les calculs ont été réalisés selon "l'approche 2" au sens de l'Eurocode 7, avec :

- $p_{le}^*$  : pression limite nette équivalente
- $D_e$  : encastrement équivalent
- $K_p$  : facteur de portance pressiométrique pour les sols de fondation de type argiles et limons

Remarques complémentaires :

- il appartient au BET structure de vérifier que les tassements déterminés précédemment sont acceptables par l'ouvrage et les avoisinants,
- en fonction des valeurs de tassements admissibles, une rigidification de la structure pourrait être nécessaire. On pourra notamment prévoir un renforcement des armatures des fondations et des chaînages tant horizontaux que verticaux.

## 5.5. Voiries

### 5.5.1. Préambule

Les indications données ici ne constituent qu'une première approche, un prédimensionnement.

Pour le prédimensionnement des structures types, nous avons utilisé le « **Guide pour la construction des voiries à faible trafic Bretagne – Pays de la Loire** » (2002)

### 5.5.2. Hypothèses de calcul

La classe de trafic ne nous a pas été fournie. Nous avons donc considéré une classe de trafic T5 (maximum 25 PL/ jour et par sens de circulation).

### 5.5.3. Partie Supérieure des Terrassements (PST) et classe d'arase

La partie supérieure des terrassements est constituée par des sols de classe GTR A1 dans un état hydrique « très humide » à la période des sondages (IPI < 10), correspondant à une PST "sols déformables à très déformables".

Cette classe peut évoluer en fonction des conditions météorologiques.

Les travaux devront être réalisés en période météorologique favorable afin d'obtenir des matériaux en état hydrique moyen à sec et pour permettre une circulation des engins sur la PST sans difficulté.

Si, toutefois, les travaux sont réalisés en période défavorable, des sujétions seront à prévoir afin d'augmenter la portance avant la réalisation de la couche de forme.

#### 5.5.4. Travaux préparatoires

Avant la mise en place de la couche de forme, les travaux préparatoires consisteront à :

- **drainer** le site (fossés...),
- **purger la terre** végétale ainsi que des éventuelles poches inconsistantes et des sols détériorés par les engins de terrassements ou les eaux de pluie,
- **compacter le fond de forme** à 95% de l'Optimum Proctor Normal (OPN). Cette opération ne sera réalisable dans les sols en place que si ces derniers présentent une teneur en eau voisine de l'OPN. Selon le GTR, la mise en œuvre correcte de la couche de forme nécessite un fond de forme ayant un module EV2 de l'ordre de 15 à 20 MPa pour une couche de forme en matériaux granulaires.

Dans le cas contraire (à la suite d'intempéries par exemple), et s'il est impossible d'attendre que le terrain s'assainisse, on devra envisager l'une des solutions ci-dessous :

- cloutage (incorporation par compactage et jusqu'à refus d'éléments 100/300 mm ou équivalents) sur une épaisseur minimale de 50 cm puis mise en place d'un géotextile,
- mise en place d'un géotextile si la plate-forme n'est pas praticable, et d'une sous-couche de 50 cm minimum en matériaux d'apports granulaires compactés et insensibles à l'eau,
- traitement du sol en place (sous réserve d'aptitude au traitement – étude spécifique en laboratoire à réaliser, non comprise dans la présente étude).

#### 5.5.5. Couche de forme

L'épaisseur de la couche de forme dépendra de la classe du matériau extrait de la carrière.

Sur la base d'un matériau de type R61 ou équivalent, les épaisseurs minimales de matériaux à mettre en œuvre en couche de forme sont les suivantes :

| Classe des matériaux en couche de forme : <b>R<sub>61</sub></b> ou équivalent. |                               |  |
|--|-------------------------------|--|
| Qualification de la portance de la PST   | Contexte de réalisation       | Epaisseur de la couche de forme, pour obtenir une plate-forme de type <b>PF2- (EV2 50 et 80 MPa)</b> , préalable à l'édification des chaussées |
| <b>Sols déformables à très déformables</b>                                     | Déblais sans drainage         | <b>0,75 m</b> (0,2 m de 0/63 + 0,55 m de 0/150)<br>ou <b>0,6 m</b> (0,2 m de 0/63 + 0,4 m de 0/150) <b>sur géotextile</b>                      |
|  | Déblais avec drainage profond | <b>0,6 m</b> (0,2 m de 0/63 + 0,4 m de 0/150)<br>ou <b>0,5 m</b> de 0/63 <b>sur géotextile</b>   |

L'épaisseur donnée précédemment est indicative ; elle devra être adaptée sur le chantier en fonction de la classe de PST au démarrage des travaux et des résultats des contrôles effectués (planche d'essais préalable).

## 6. Observations majeures

On s'assurera que la stabilité des ouvrages et des sols avoisinants 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 de l'avant-projet (G2 AVP) et que, conformément à la norme NF P94-500 de novembre 2013, une étude de conception phase projet (G2 PRO) peut être envisagée (collaboration avec l'équipe de conception) pour permettre l'optimisation du projet avec, notamment, prise en compte des interactions sol / structure.

Ginger CEBTP peut prendre en charge la maîtrise d'œuvre dans le domaine de la géotechnique, au stade 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.

(extraits de la norme NF P 94-500 de Novembre 2013)

**Tableau 1 — Enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique**

| Enchaînement des missions G1 à G4                     | Phases de la maîtrise d'œuvre   | Mission d'ingénierie géotechnique (GN) et Phase de la mission  |  | Objectifs à atteindre pour les ouvrages géotechniques  | Niveau de management des risques géotechniques attendu  | Prestations d'investigations géotechniques à réaliser  |
|---|---|--|--|--|---|--|
| Étape 1 : Étude géotechnique préalable (G1)           |   | Étude géotechnique préalable (G1)<br>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)<br>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)<br>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)<br>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)<br>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)<br>Phase Étude (en interaction avec la phase Suivi)  | Supervision géotechnique d'exécution (G4)<br>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)<br>Phase Suivi (en interaction avec la phase Étude) | Supervision géotechnique d'exécution (G4)<br>Phase Supervision du suivi géotechnique d'exécution (en interaction avec la phase Supervision de l'étude) | Exécution des travaux en toute sécurité et en conformité avec les attentes du maître d'ouvrage   | Fonction du contexte géotechnique observé et du comportement de l'ouvrage et des avoisinants en cours de travaux |   |  |
| À toute étape d'un projet ou sur un ouvrage existant  | Diagnostic  | Diagnostic géotechnique (G5)   |  | Influence d'un élément géotechnique spécifique sur le projet ou sur l'ouvrage existant                           | Influence de cet élément géotechnique sur les risques géotechniques identifiés  | Fonction de l'élément géotechnique étudié  |

**Tableau 2 — Classification des missions d'ingénierie géotechnique**

|  |
|--|
| <p>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.</p>   |
| <p><b>ÉTAPE 1 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE PRÉALABLE (G1)</b></p> <p>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 :</p> <p><u>Phase Étude de Site (ES)</u></p> <p>Elle est réalisée en amont d'une étude préliminaire, d'esquisse ou d'APS pour une première identification des risques géotechniques d'un site.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— Faire une enquête documentaire sur le cadre géotechnique du site et l'existence d'avoisnants avec visite du site et des alentours.</li> <li>— Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.</li> <li>— Fournir un rapport donnant pour le site étudié un modèle géologique préliminaire, les principales caractéristiques géotechniques et une première identification des risques géotechniques majeurs.</li> </ul> <p><u>Phase Principes Généraux de Construction (PGC)</u></p> <p>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.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.</li> <li>— 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).</li> </ul>   |
| <p><b>ÉTAPE 2 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE DE CONCEPTION (G2)</b></p> <p>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 :</p> <p><u>Phase Avant-projet (AVP)</u></p> <p>Elle est réalisée au stade de l'avant-projet de la maîtrise d'œuvre et s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.</li> <li>— Fournir un rapport donnant les hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade de l'avant-projet, les principes de construction envisageables (terrassements, soutènements, pentes et talus, fondations, assises des dallages et voiries, améliorations de sols, dispositions générales vis-à-vis des nappes et des avoisnants), une ébauche dimensionnelle par type d'ouvrage géotechnique et la pertinence d'application de la méthode observationnelle pour une meilleure maîtrise des risques géotechniques.</li> </ul> <p><u>Phase Projet (PRO)</u></p> <p>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.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.</li> <li>— Fournir un dossier de synthèse des hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade du projet (valeurs caractéristiques des paramètres géotechniques en particulier), des notes techniques donnant les choix constructifs des ouvrages géotechniques (terrassements, soutènements, pentes et talus, fondations, assises des dallages et voiries, améliorations de sols, dispositions vis-à-vis des nappes et des avoisnants), des notes de calcul de dimensionnement, un avis sur les valeurs seuils et une approche des quantités.</li> </ul> <p><u>Phase DCE / ACT</u></p> <p>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.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— 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).</li> <li>— 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.</li> </ul> |

**Tableau 2 — Classification des missions d'ingénierie géotechnique (suite)**

|   |
|---|
| <p><b>ÉTAPE 3 : ÉTUDES GÉOTECHNIQUES DE RÉALISATION (G3 et G 4, distinctes et simultanées)</b></p> <p><b>ÉTUDE ET SUIVI GÉOTECHNIQUES D'EXECUTION (G3)</b></p> <p>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 :</p> <p><u>Phase Étude</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.</li> <li>— 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).</li> <li>— Élaborer le dossier géotechnique d'exécution des ouvrages géotechniques provisoires et définitifs : plans d'exécution, de phasage et de suivi.</li> </ul> <p><u>Phase Suivi</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— Suivre en continu les auscultations et l'exécution des ouvrages géotechniques, appliquer si nécessaire des dispositions constructives prédéfinies en phase Étude.</li> <li>— 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).</li> <li>— 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)</li> </ul> <p><b>SUPERVISION GÉOTECHNIQUE D'EXECUTION (G4)</b></p> <p>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 :</p> <p><u>Phase Supervision de l'étude d'exécution</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— 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.</li> </ul> <p><u>Phase Supervision du suivi d'exécution</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— 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).</li> <li>— donner un avis sur la prestation géotechnique du DOE et sur les documents fournis pour le DIUO.</li> </ul> <p><b>DIAGNOSTIC GÉOTECHNIQUE (G5)</b></p> <p>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.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— Définir, après enquête documentaire, un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.</li> <li>— 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.</li> <li>— 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).</li> </ul> |
|---|

## ***ANNEXE 2 – PLAN D'IMPLANTATION DES SONDAGES***

# PLAN D'IMPLANTATION DES SONDAGES



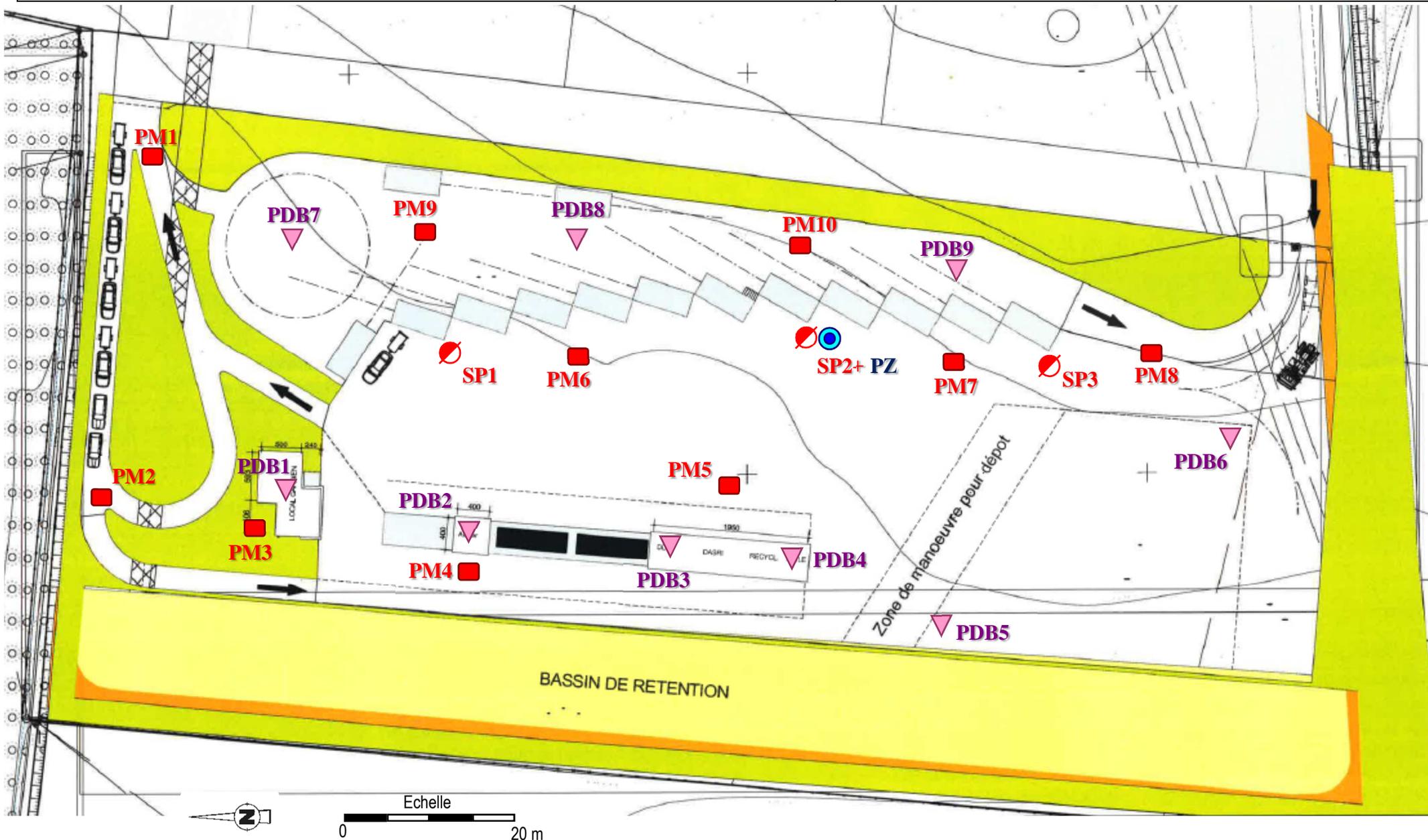
Saint Malo Agglomération

Légende :

-  Sondage Pressiométrique
-  Essai au Pénétromètre Dynamique
-  Fouille à la Pelle
-  Equipement Piézométrique

Construction d'une nouvelle déchetterie

ZA de la Bretonnière – CANCALE (35)



## ANNEXE 3 – COUPES DES SONDAGES ET ESSAIS IN SITU

- **Sondages semi-destructifs à la tarière continue :**

- coupe des sols,
- venue d'eau éventuelle,

Et, pour chaque essai pressiométrique effectué :

- module pressiométrique  $E_M$  (MPa)
- pression limite nette  $p_l^*$  (MPa)
- pression de fluage nette  $p_f^*$  (MPa)
- rapport  $E_M/p_l^*$

- **Essais au pénétromètre dynamique type B :**

- diagramme donnant la résistance dynamique  $q_d$  en fonction de la profondeur, calculée selon la formule des Hollandais,
- éventuel niveau d'eau en fin de sondage.

- **Puits de reconnaissance au tractopelle :**

- coupe détaillée des sols,
- venue d'eau éventuelle,
- prélèvements d'échantillons
- photographies de la fouille et des sols extraits.

Dossier : **OVA2.HR039**

Chantier : **CANCALE (35) - Nouvelle déchetterie**

Client : **St Malo Agglomération**

X :

Echelle : **1/50°**

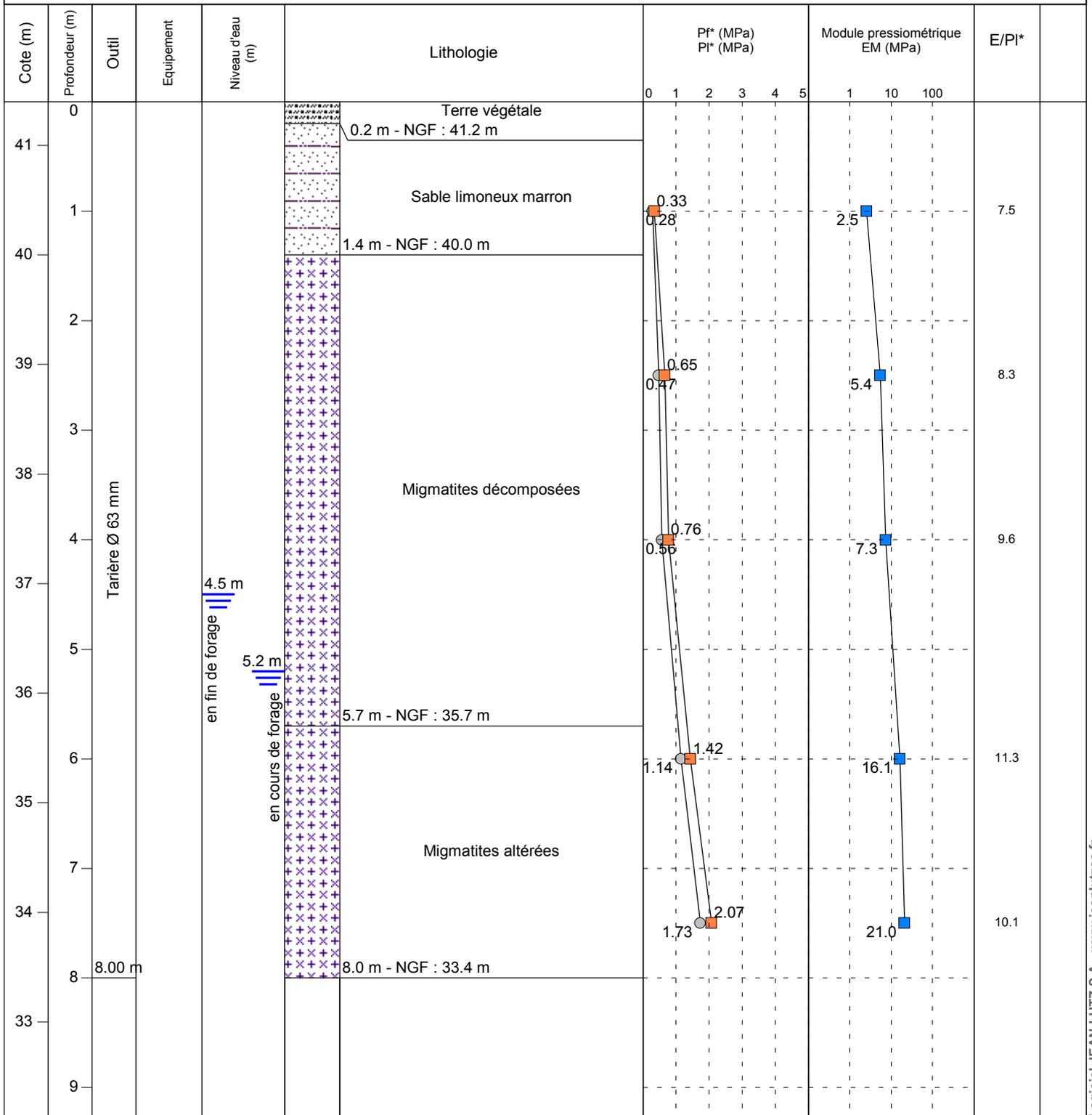
Y :

Date de forage : **26/07/2017**

Machine : **M244**

Altitude : **41.4 m NGF**

Profondeur du forage : **8.00 m**



Observations :

EXGTE 3.20

Dossier : OVA2.HR039

Chantier : CANCALE (35) - Nouvelle déchetterie

Client : St Malo Agglomération

X :

Echelle : 1/50°

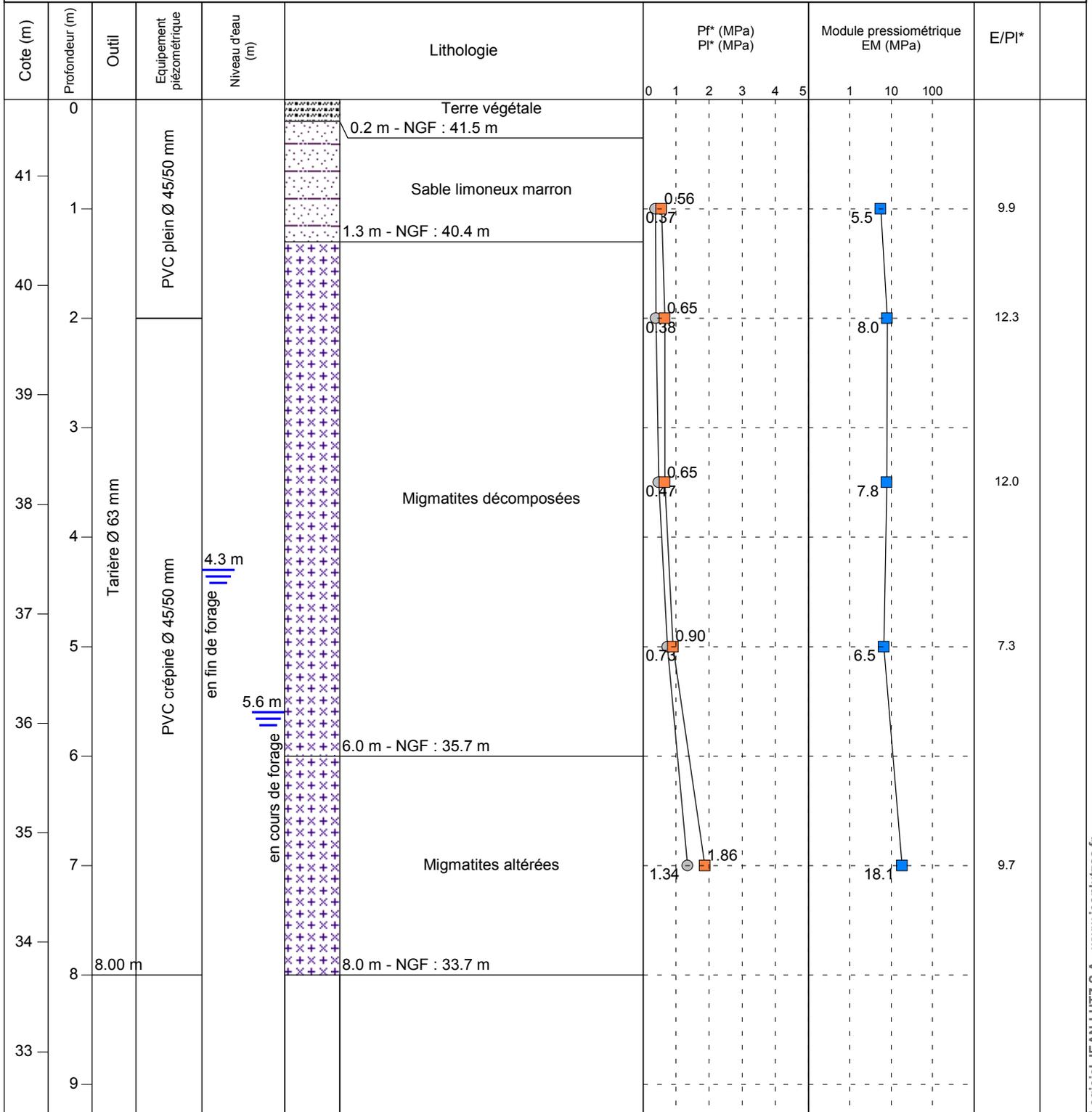
Y :

Machine : M244

Altitude : 41.7 m NGF

Date de forage : 26/07/2017

Profondeur du forage : 8.00 m



Observations :

EXGTE 3.20

Dossier : **OVA2.HR039**

Chantier : **CANCALE (35) - Nouvelle déchetterie**

Client : **St Malo Agglomération**

X :

Echelle : **1/50°**

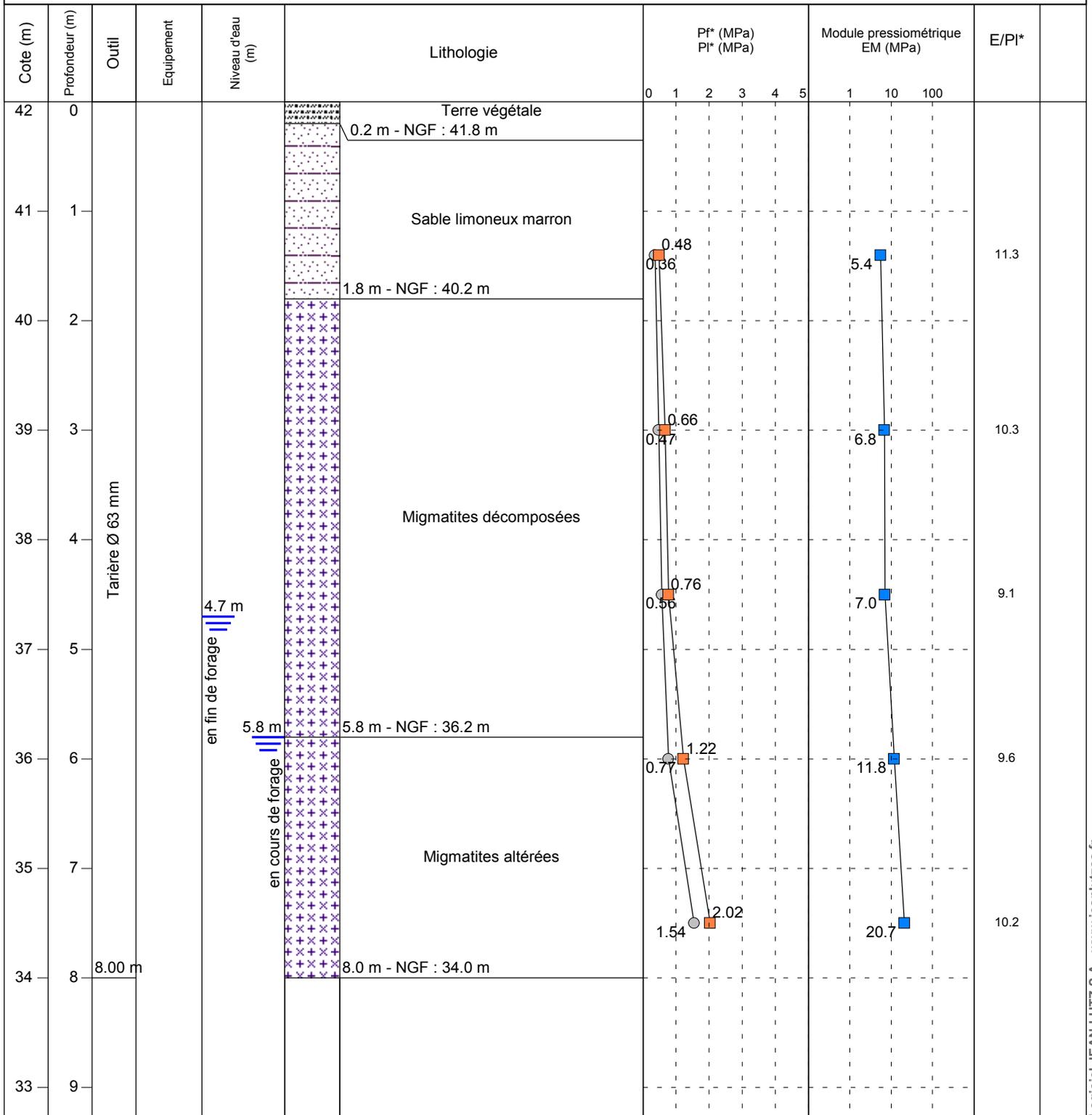
Y :

Date de forage : **27/07/2017**

Machine : **M244**

Altitude : **42.0 m NGF**

Profondeur du forage : **8.00 m**



Observations :

EXGTE 3.20

Dossier : **OVA2.HR039**

Chantier : **CANCALE (35) - Nouvelle déchetterie**

Client : **St Malo Agglomération**

X :

Echelle : **1/50°**

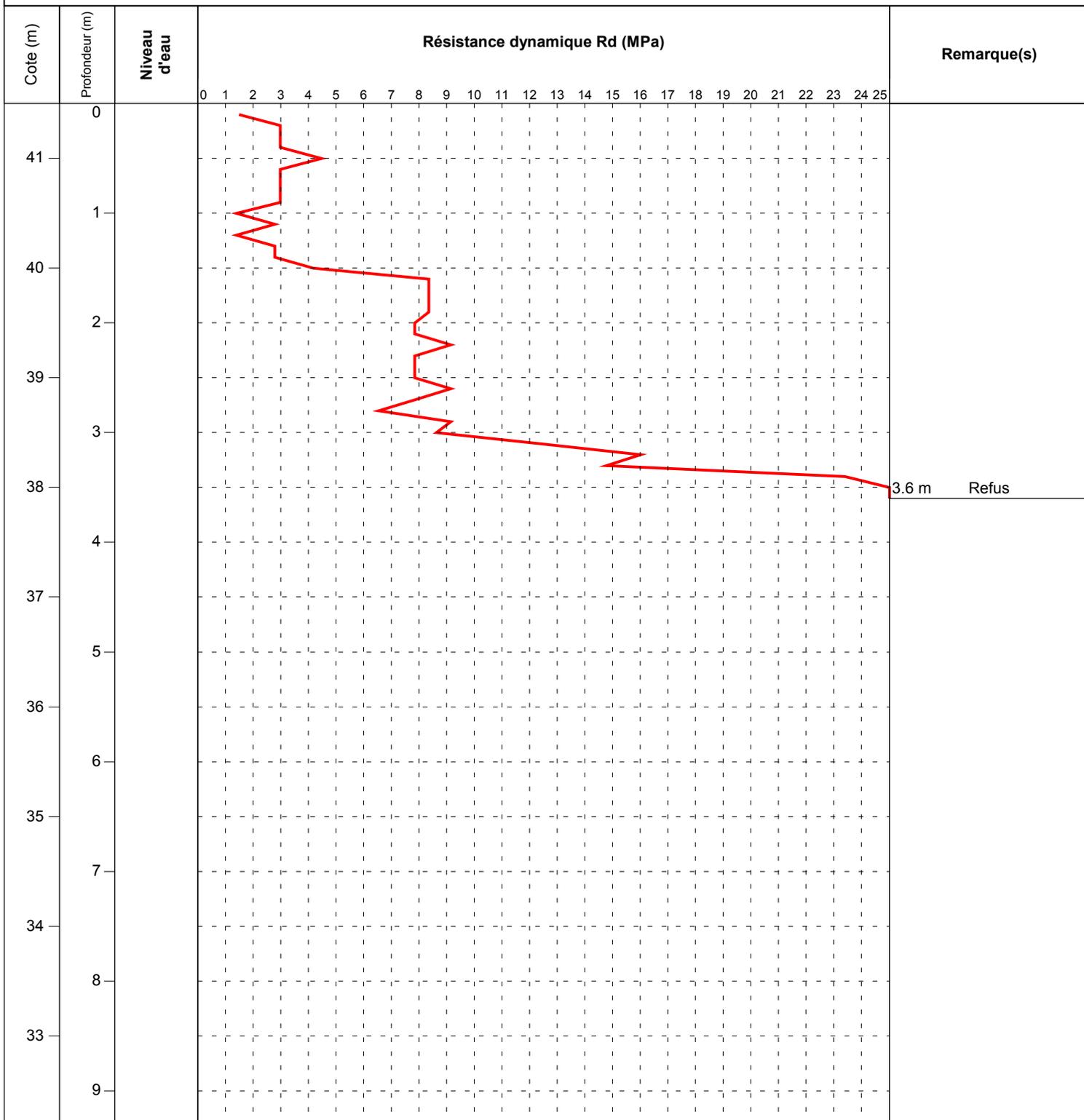
Y :

Date de forage : **13/07/2017**

Machine : **M656**

Altitude : **41.5 m NGF**

Profondeur du forage : **3.60 m**



Observations : **Pas d'eau**

EXGTE 3.20

Dossier : **OVA2.HR039**

Chantier : **CANCALE (35) - Nouvelle déchetterie**

Client : **St Malo Agglomération**

X :

Echelle : **1/50°**

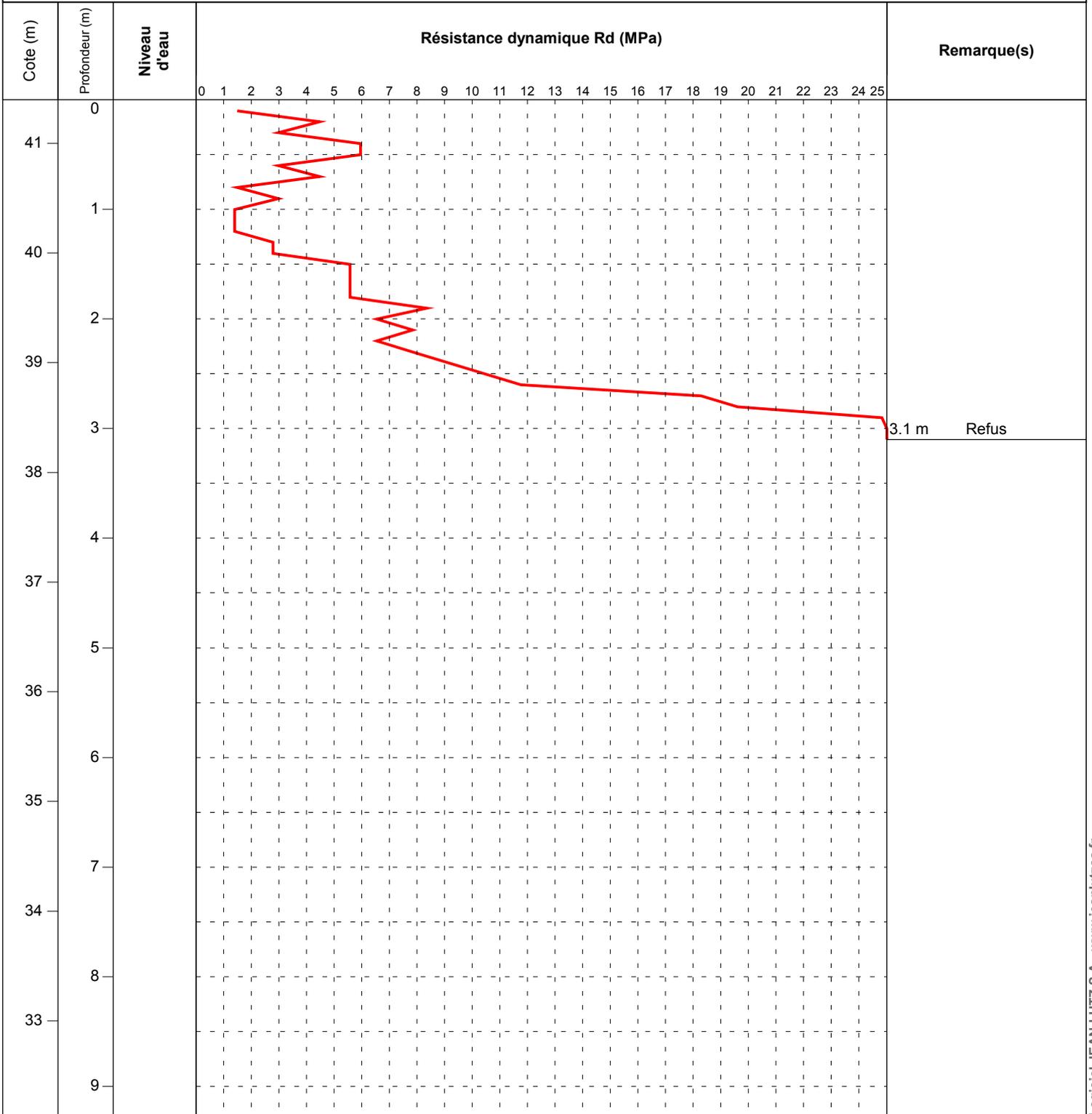
Y :

Date de forage : **13/07/2017**

Machine : **M656**

Altitude : **41.4 m NGF**

Profondeur du forage : **3.10 m**



Observations : **Pas d'eau**

EXGTE 3.20

Dossier : **OVA2.HR039**

Chantier : **CANCALE (35) - Nouvelle déchetterie**

Client : **St Malo Agglomération**

X :

Echelle : **1/50°**

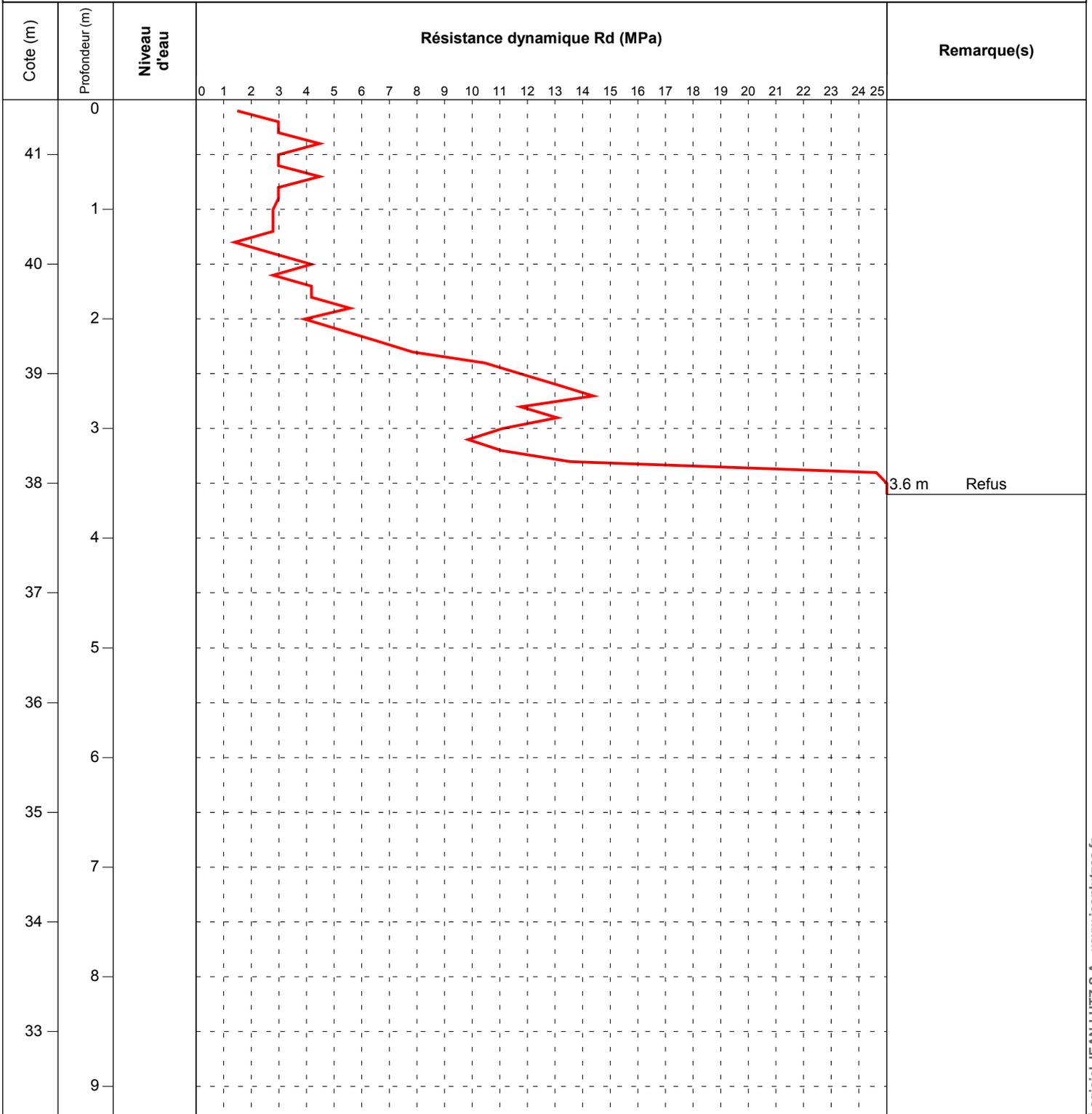
Y :

Date de forage : **13/07/2017**

Machine : **M656**

Altitude : **41.5 m NGF**

Profondeur du forage : **3.60 m**



Observations : **Pas d'eau**

EXGTE 3.20

Dossier : **OVA2.HR039**

Chantier : **CANCALE (35) - Nouvelle déchetterie**

Client : **St Malo Agglomération**

X :

Echelle : **1/50°**

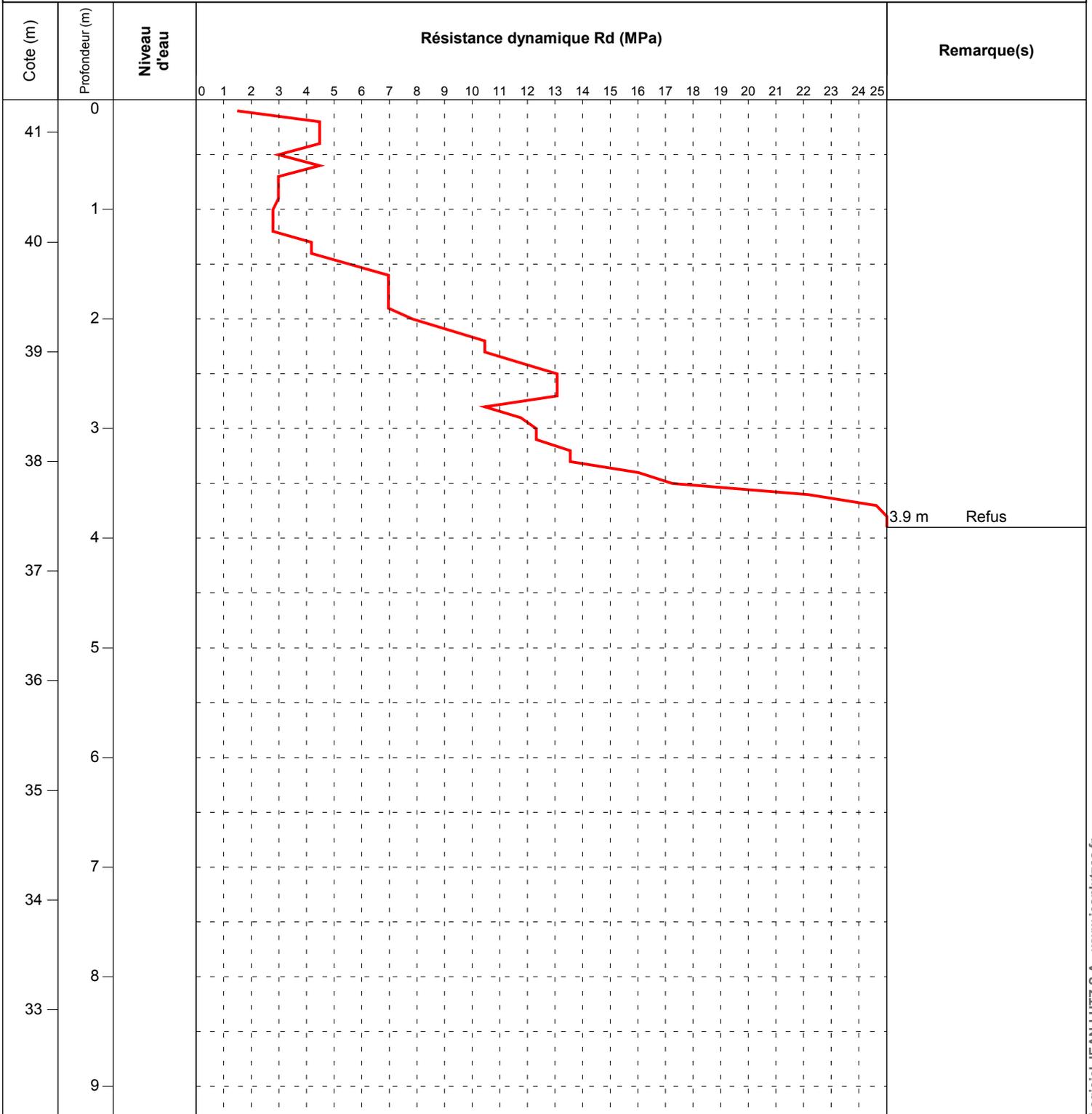
Y :

Date de forage : **13/07/2017**

Machine : **M656**

Altitude : **41.3 m NGF**

Profondeur du forage : **3.90 m**



Observations : **Pas d'eau**

EXGTE 3.20

Dossier : **OVA2.HR039**

Chantier : **CANCALE (35) - Nouvelle déchetterie**

Client : **St Malo Agglomération**

X :

Echelle : **1/50°**

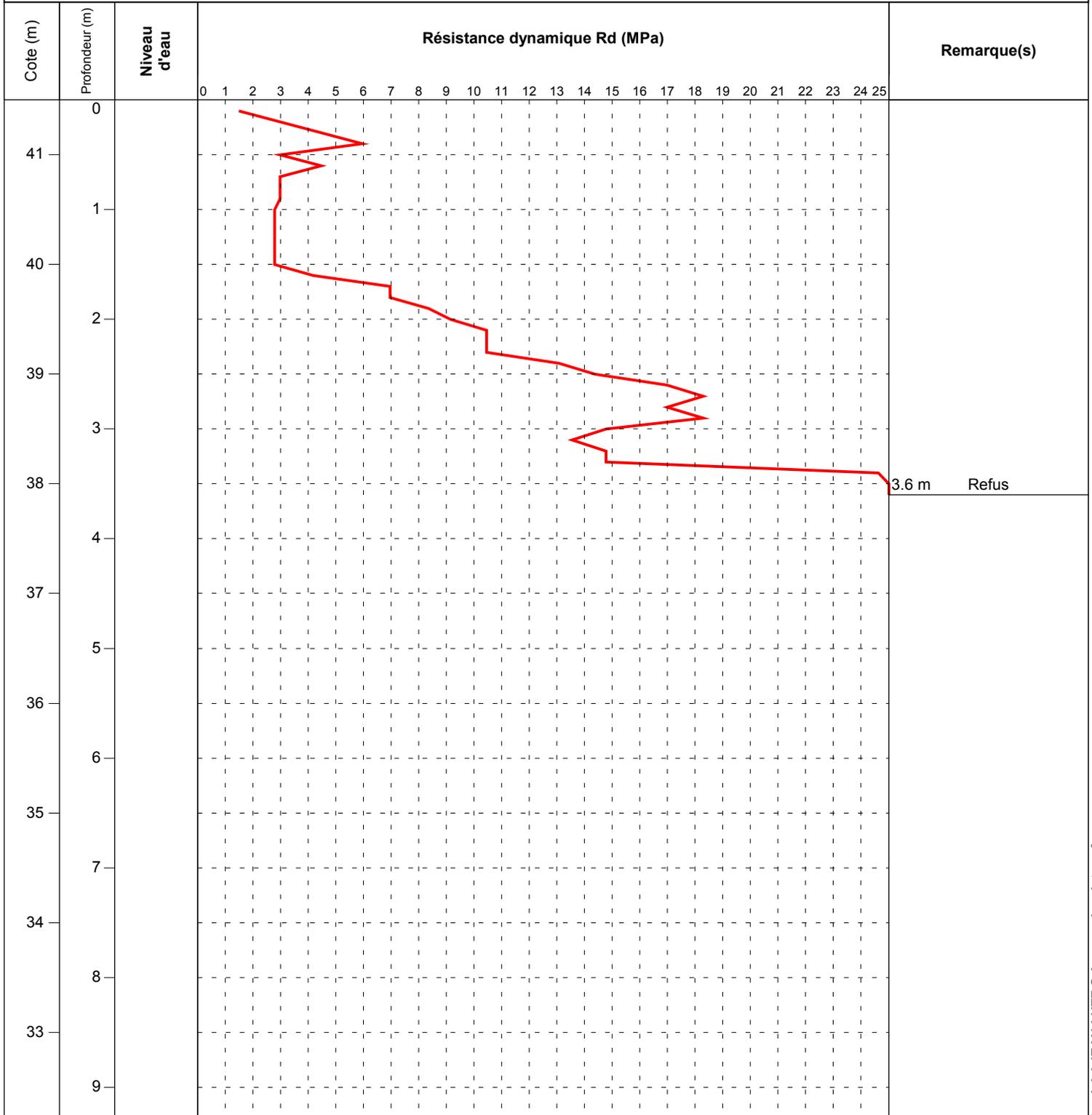
Y :

Date de forage : **13/07/2017**

Machine : **M656**

Altitude : **41.5 m NGF**

Profondeur du forage : **3.60 m**



Observations : **Pas d'eau**

EXGTE 3.20

Dossier : **OVA2.HR039**

Chantier : **CANCALE (35) - Nouvelle déchetterie**

Client : **St Malo Agglomération**

X :

Echelle : **1/50°**

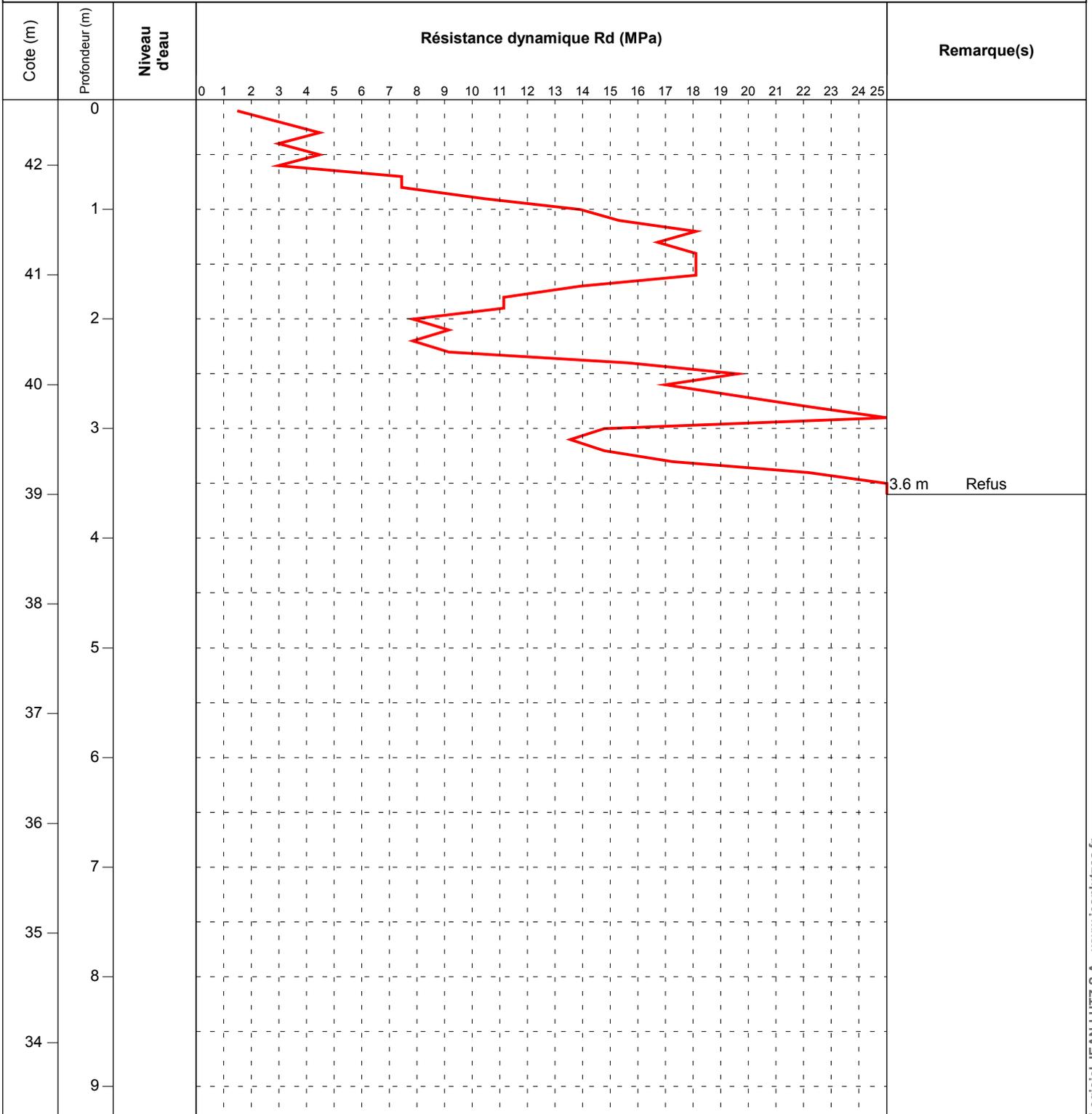
Y :

Date de forage : **13/07/2017**

Machine : **M656**

Altitude : **42.6 m NGF**

Profondeur du forage : **3.60 m**



Observations : **Pas d'eau**

EXGTE 3.20



Dossier : **OVA2.HR039**

Chantier : **CANCALE (35) - Nouvelle déchetterie**

Client : **St Malo Agglomération**

X :

Echelle : **1/50°**

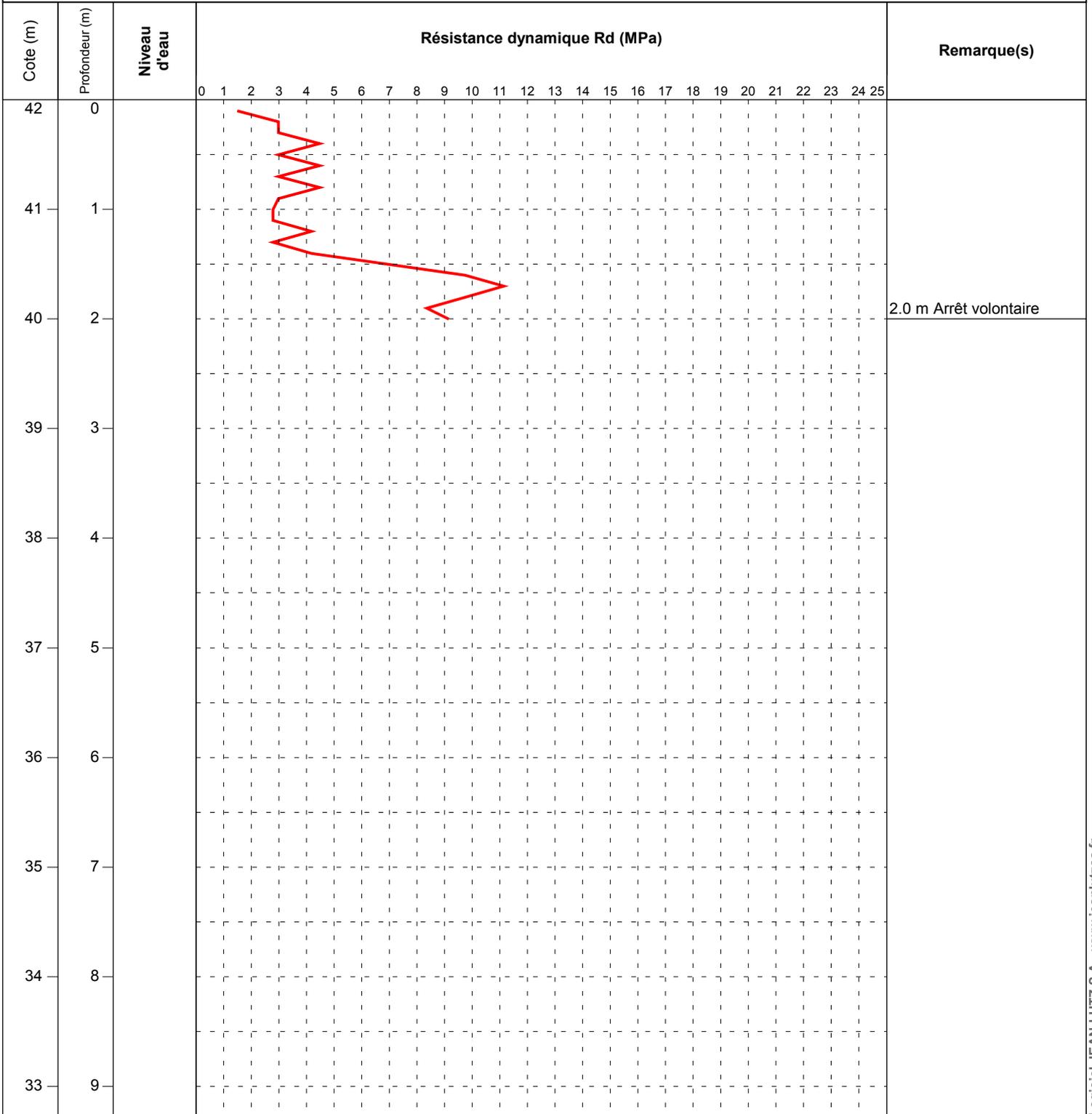
Y :

Date de forage : **13/07/2017**

Machine : **M656**

Altitude : **42.0 m NGF**

Profondeur du forage : **2.00 m**



Observations : **Pas d'eau**

EXGTE 3.20







Photos PM1

Vue des matériaux extraits







Photos PM2

Vue des matériaux extraits



Dossier : **OVA2. HR039**  
 Chantier : **CANCALE (35) - Nouvelle déchetterie**

Client : **St-Malo Agglomération**

X :

Echelle : **1/25°**

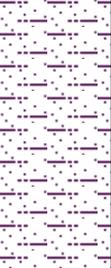
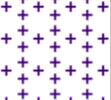
Y :

Date forage : **20/07/2017**

Machine : **MP 2.5 t**

Altitude : **41.4 m NGF**

Profondeur du forage : **1.90 m**

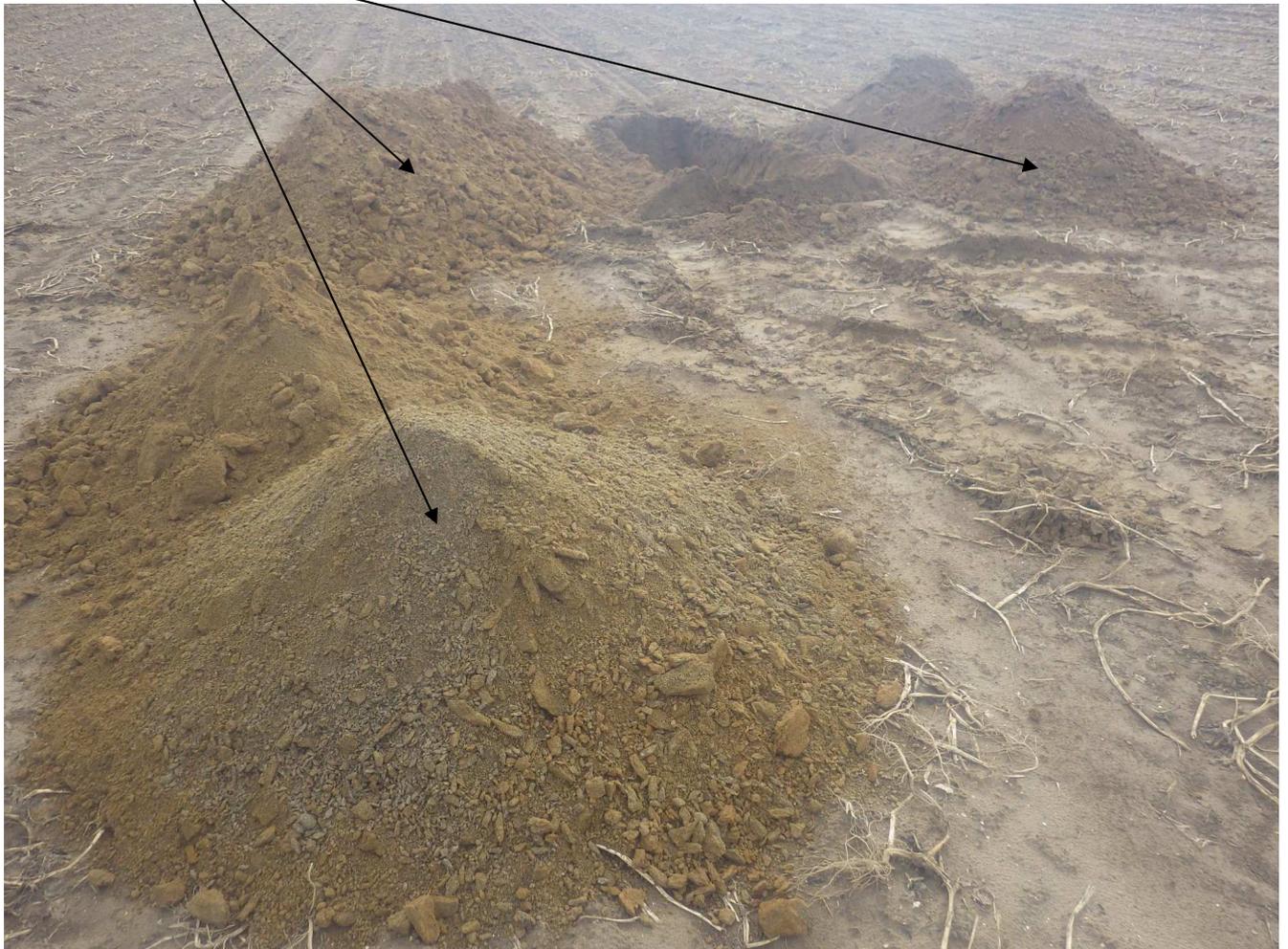
| Cote (m) | Profondeur (m) | Outil                                   | Lithologie  | Remarque(s) |
|----------|----------------|---|---|-------------|
| 41       | 0              | Mini-pelle .5 t. + godet de 45 à dents. |  <p>TV bun foncé</p> <p>0.40 m</p>   |             |
| 40       | 1              |   |  <p>Sables fins/très fins +/- limoneux, brun clair à brun jaunâtre.</p> <p>1.40 m</p>  |             |
|          | 2              |   |  <p>Idem + graviers/galets quartzeux</p> <p>1.50 m</p>   |             |
|          | 2              |   |  <p>Migmatites décomposées : sables fins/moyens, très micacés, à cailloutis/cailloux friables, raide en fond de fouille, grisâtre.</p> <p>1.90 m</p> |             |
| 39       | 3              |   |   |             |
| 38       | 4              |   |   |             |
| 37       | 5              |   |   |             |

Observations : **Arrêt volontaire**  
**Pas de venues d'eau**



Vue des matériaux extraits

Photos PM3







Photos PM4

Vue des matériaux extraits







Vue des matériaux extraits

Photos PM5







Photos PM6

Vue des matériaux extraits



Dossier : **OVA2. HR039**  
 Chantier : **CANCALE (35) - Nouvelle déchetterie**

Client : **St-Malo Agglomération**

X :

Echelle : **1/25°**

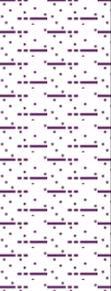
Y :

Date forage : **20/07/2017**

Machine : **MP 2.5 t**

Altitude : **42.0 m NGF**

Profondeur du forage : **2.10 m**

| Cote (m) | Profondeur (m) | Outil                                    | Lithologie   | Remarque(s) |
|----------|----------------|--|--|-------------|
| 42       | 0              | Mini-pelle 2.5 t. + godet de 45 à dents. |  <p>TV brun foncé</p> <p>0.80 m</p>   |             |
| 41       | 1              |  |  <p>Sables fins/très fins +/- limoneux, brun clair à brun jaunâtre.</p> <p>1.80 m</p>  |             |
| 40       | 2              |  |  <p>Idem + graviers/galets quartzeux</p> <p>2.00 m</p>                                |             |
|          |                |  |  <p>Migmatites décomposées : sables fins/moyens, micacés, grisâtre.</p> <p>2.10 m</p> |             |
| 39       | 3              |  |  |             |
| 38       | 4              |  |  |             |
| 37       | 5              |  |  |             |

Observations : **Arrêt volontaire**  
**Pas de venues d'eau**



Photos PM7

Vue des matériaux extraits



Dossier : **OVA2. HR039**  
 Chantier : **CANCALE (35) - Nouvelle déchetterie**

Client : **St-Malo Agglomération**

X :

Echelle : **1/25°**

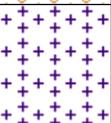
Y :

Date forage : **20/07/2017**

Machine : **MP 2.5 t**

Altitude : **42.1 m NGF**

Profondeur du forage : **2.20 m**

| Cote (m) | Profondeur (m) | Outil                                     | Lithologie   | Remarque(s) |
|----------|----------------|---|--|-------------|
| 42       | 0              | Mini-pelle 2.5 to. + godet de 45 à dents. | <br>TV brun foncé<br>0.80 m   |             |
| 41       | 1              |   | <br>Sables fins/très fins +/- limoneux, brun clair à brun jaunâtre.<br>1.30 m       |             |
|          |                |   | <br>Sables fins/moyens, meubles, jaunes, à graviers/galets quartzeux.<br>1.80 m    |             |
| 40       | 2              |   | <br>Migmatites décomposées : sables fins/moyens très micacés, grisâtre.<br>2.20 m |             |
| 39       | 3              |   |  |             |
| 38       | 4              |   |  |             |
| 37       | 5              |   |  |             |

Observations : **Arrêt volontaire**  
**Pas de venues d'eau**



Vue des matériaux extraits

Photos PM8



Dossier : **OVA2. HR039**  
 Chantier : **CANCALE (35) - Nouvelle déchetterie**

Client : **St-Malo Agglomération**

X :

Echelle : **1/25°**

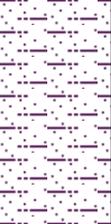
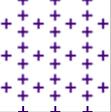
Y :

Date forage : **20/07/2017**

Machine : **MP 2.5 t**

Altitude : **41.5 m NGF**

Profondeur du forage : **1.90 m**

| Cote (m) | Profondeur (m) | Outil                                    | Lithologie   | Remarque(s) |
|----------|----------------|--|--|-------------|
| 41       | 0              | Mini-pelle 2.5 t. + godet de 45 à dents. | <br>TV brun foncé<br>0.50 m   |             |
|          | 1              |  | <br>Sables fins/très fins +/- limoneux, brun clair à brun jaunâtre.<br>1.30 m       |             |
| 40       |                |  | <br>Idem + graviers/galets quartzeux abondants.<br>1.45 m                           |             |
|          | 2              |  | <br>Migmatites décomposées : sables fins/moyens très micacés, grisâtre.<br>1.90 m |             |
| 39       | 3              |  |  |             |
| 38       | 4              |  |  |             |
| 37       | 5              |  |  |             |

Observations : **Arrêt volontaire**  
**Pas de venues d'eau**



Vue des matériaux extraits

Photos PM9



Dossier : **OVA2. HR039**  
 Chantier : **CANCALE (35) - Nouvelle déchetterie**

Client : **St-Malo Agglomération**

X :

Echelle : **1/25°**

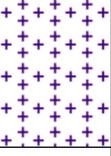
Y :

Date forage : **20/07/2017**

Machine : **MP 2.5 t**

Altitude : **42.0 m NGF**

Profondeur du forage : **2.20 m**

| Cote (m) | Profondeur (m) | Outil                                     | Lithologie   | Remarque(s) |
|----------|----------------|---|--|-------------|
| 42       | 0              | Mini-pelle 2.5 to. + godet de 45 à dents. | <br>TV brun foncé<br>0.55 m   |             |
| 41       | 1              |   | <br>Sables fins/très fins +/- limoneux, brun clair à brun jaunâtre.<br>1.35 m     |             |
|          |                |   | <br>Sables fins/moyens, meubles, jaune.<br>1.50 m                                 |             |
|          |                |   | <br>Sables fins/moyens micacés, grisâtre, à graviers/galets quartzeux.<br>1.60 m |             |
| 40       | 2              |   | <br>Migmatites décomposées : sables fins/moyens, micacés, grisâtre.<br>2.20 m   |             |
| 39       | 3              |   |  |             |
| 38       | 4              |   |  |             |
| 37       | 5              |   |  |             |

Observations : **Arrêt volontaire**  
**Pas d'eau**



Photos PM10

Vue des matériaux extraits



## ***ANNEXE 4 – PROCES VERBAUX DES ESSAIS EN LABORATOIRE***

- Essais d'identification et paramètres d'état :
  - teneur en eau,
  - courbe granulométrique,
  - mesure de la VBS,
  - indice IPI.
  
- Essais d'agressivité de l'eau vis-à-vis du béton.

**MESURE DES INDICES PORTANT IMMEDIATS (IPI - I.CBRimmédiate)**  
**Mesure sur échantillon compacté au moule CBR**  
**NF P 94-078**

 GINGER CEBTP VANNES  
 6 RUE BLAISE PASCAL  
 ZA DE TREHUINEC  
 56890 PLESCOP

**Informations générales**

|  |                                    |
|--|------------------------------------|
| N° dossier : <b>OVA2.HR039.0001</b>        | Client /MO : ST MALO AGGLOMERATION |
| Désignation : DECHETTERIE - ZA BRETONNIERE |                                    |
| Localité : CANCALE                         | Demandeur / MOE :                  |
| Chargé d'affaire : MARTIN ERWAN            |                                    |

**Informations sur l'échantillon N° 17OVA-0073**

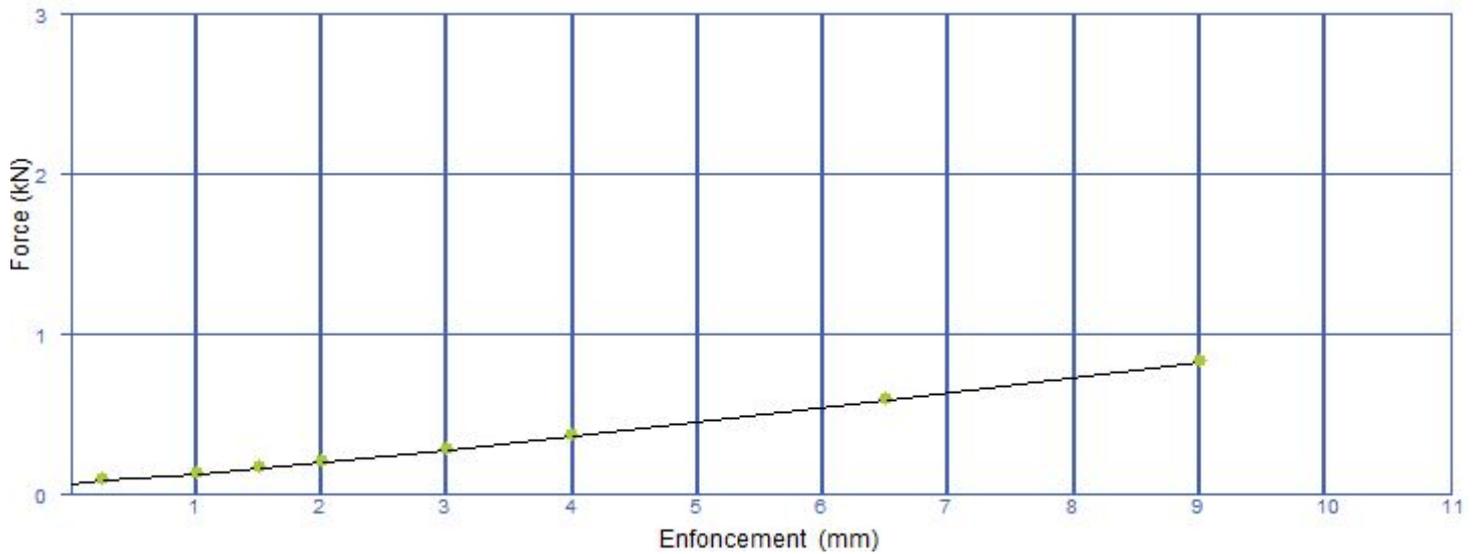
|  |                          |
|--|--------------------------|
| Mode de prélèvement : Sondage à la Pelle Mécanique | Sondage : PM1            |
| Prélevé par : GINGER CEBTP                         | Profondeur : 0.50/1.00 m |
| Date prélèvement : 20/07/17                        |                          |
| Mode de conservation : Ech. prélevé en sac         |                          |
| Date de livraison : 26/07/17                       |                          |
| Description : Limon sableux                        |                          |

**Informations sur l'essai**

|  |                                    |                          |
|--|------------------------------------|--------------------------|
| Mode de séchage : Etuvage                  | Température : 105°C                | Technicien : L. BLANPAIN |
| Type de moule : Moule CBR                  | Date essai : 28/07/2017            |                          |
| Dame - Energie de compactage : A - Normale | Essai sur matériau : Non traité    |                          |
| Fraction testée : 0/D mm                   | Liant(s) et dosage(s) :            |                          |
|  | Préparation du matériau : Manuelle |                          |

**Essai IPI**

Force anneau: 2 KN


**Résultats sur la fraction 0/D mm**

|                        |           |   |      |
|------------------------|-----------|---|------|
| Teneur en eau initiale | W (%)     | = | 17.5 |
| Masse volumique sèche  | d (Mg/m3) | = | 1.69 |
| (Indice corrigé)       | IPI       | = | 2    |

**Pourcentage par rapport à la référence optimale**

|                             |   |
|-----------------------------|---|
| W moulage CBR / W OPT (%)   | = |
| ρd moulage CBR / ρd OPT (%) | = |

Remarque:

**Observations :**

 Technicien supérieur  
 J. HARDY



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

GINGER CEBTP VANNES  
6 RUE BLAISE PASCAL  
ZA DE TREHUINEC  
56890 PLESCOP

**Informations générales**

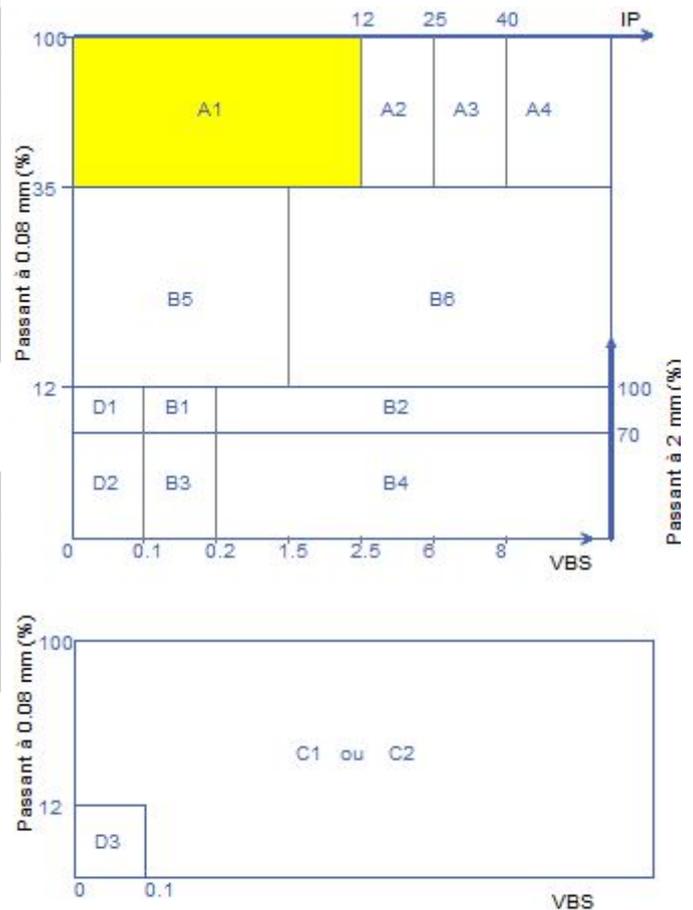
|   |  |
|---|--|
| N° dossier : <b>OVA2.HR039.0001</b>               | Client / MO : <b>ST MALO AGGLOMERATION</b> |
| Désignation : <b>DECHETTERIE - ZA BRETONNIERE</b> |  |
| Localité : <b>CANCALE</b>                         | Demandeur / MOE :                          |
| Chargé d'affaire : <b>MARTIN ERWAN</b>            |  |

**Informations sur l'échantillon**
**N° 17OVA-0073**

|   |                                 |
|---|---------------------------------|
| Mode de prélèvement : <b>Sondage à la Pelle Mécanique</b> | Sondage : <b>PM1</b>            |
| Prélevé par : <b>GINGER CEBTP</b>                         | Profondeur : <b>0.50/1.00 m</b> |
| Date prélèvement : <b>20/07/17</b>                        |                                 |
| Mode de conservation : <b>Ech. prélevé en sac</b>         |                                 |
| Date de livraison : <b>26/07/17</b>                       |                                 |
| Description : <b>Limon sableux</b>                        |                                 |

**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 | 99.6      | %                    |
| Passant à 80 µm (fraction 0/50 mm) | NF P94-056 | 81.9      | %                    |
| 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 | 1.24      | g de bleu pour 100 g |

**CLASSIFICATION NF P 11-300 : A1 th**

**Paramètres d'état hydrique**

| Désignation de l'essai        | Norme          | Résultats | Unité |
|-------------------------------|----------------|-----------|-------|
| Teneur en eau naturelle - Wn  | NF P94-050     | 17.5      | %     |
| Indice Portant immédiat - IPI | NF P94-078     | 2         |       |
| Indice de Consistance - Ic    | (WL - Wn) / IP |           |       |
| Wn / W <sub>OPN</sub>         | NF P94-093     |           |       |

**Pour information:**

|  |  |
|--|--|
| Teneur en eau Optimale W <sub>OPN</sub> (%) :                          |  |
| Masse volumique sèche Optimale ρ <sub>OPN</sub> (Mg/m <sup>3</sup> ) : |  |

**Observations :**

Technicien supérieur  
J. HARDY



GINGER CEBTP VANNES  
6 RUE BLAISE PASCAL  
ZA DE TREHUINEC  
56890 PLESCOP

### Informations générales

|  |                                     |
|--|-------------------------------------|
| N° dossier : <b>OVA2.HR039.0001</b>        | Client / MO : ST MALO AGGLOMERATION |
| Désignation : DECHETTERIE - ZA BRETONNIERE | Demandeur / MOE :                   |
| Localité : CANCALE                         |                                     |
| Chargé d'affaire : MARTIN ERWAN            |                                     |

### Informations sur l'échantillon **N° 17OVA-0073**

|  |                          |
|--|--------------------------|
| Mode de prélèvement : Sondage à la Pelle Mécanique | Sondage : PM1            |
| Prélevé par : GINGER CEBTP                         | Profondeur : 0.50/1.00 m |
| Date prélèvement : 20/07/17                        |                          |
| Mode de conservation : Ech. prélevé en sac         |                          |
| Date de livraison : 26/07/17                       | dm (mm) : 20             |
| Description : Limon sableux                        |                          |

### Informations sur l'essai

|                           |                          |
|---------------------------|--------------------------|
| Mode de séchage : Etuvage | Technicien : L. BLANPAIN |
| Température : 105°C       | Date essai : 26/07/17    |

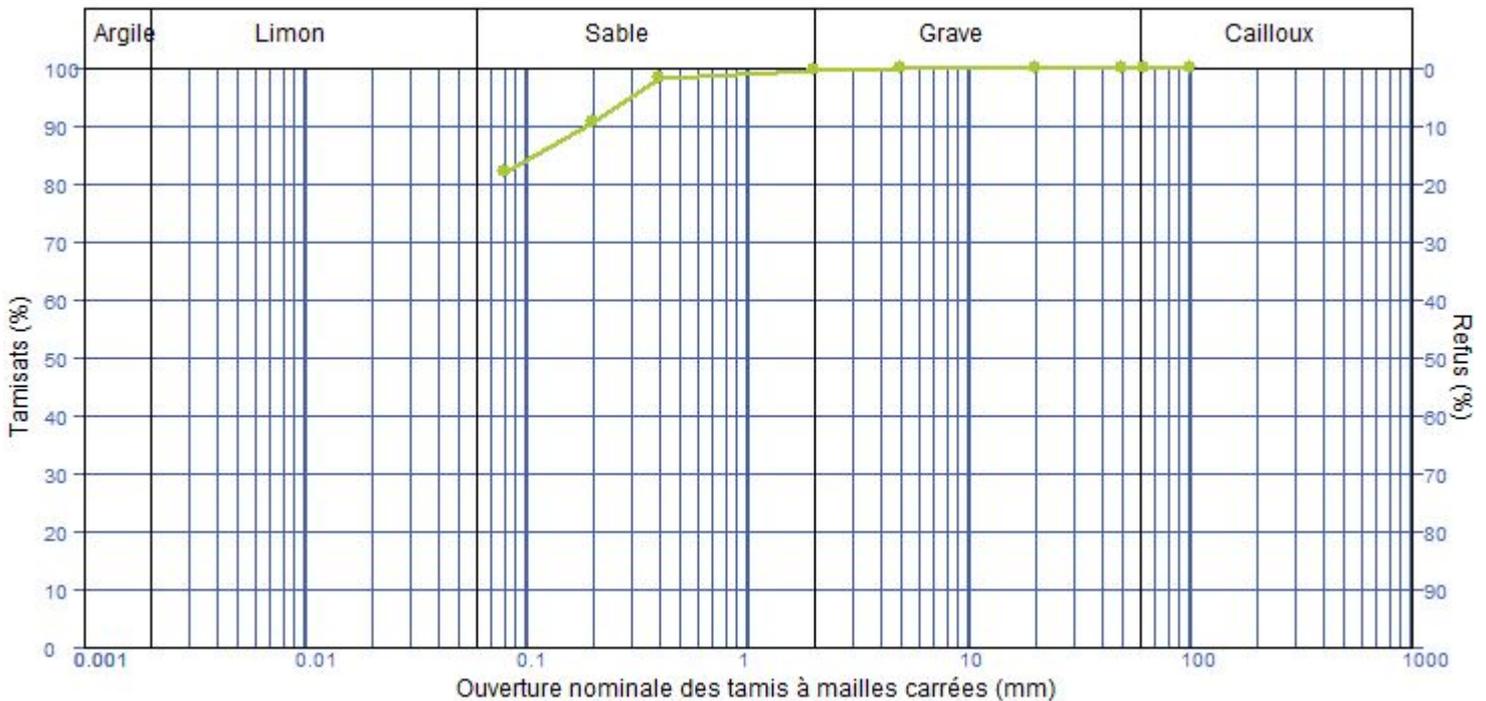
### Analyse granulométrique (NF P 94-056) sur 0/D mm

| Tamis à mailles carrées (mm) | 100 mm | 63 mm | 50 mm | 20 mm | 5 mm | 2 mm | 400 µm | 200 µm | 80 µm |
|------------------------------|--------|-------|-------|-------|------|------|--------|--------|-------|
| Passant cumulé (%)           | 100.0  | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 99.9 | 99.6 | 98.1   | 90.5   | 81.9  |

Facteur d'uniformité  $C_u = 2.5$

Facteur de courbure  $C_c = 0.9$

Facteur de symétrie  $C_s = 0.9$



### Observations :

Dérogation à la norme NF P 94-056: La fin du tamisage sur chaque tamis est déterminée visuellement

Technicien supérieur  
J. HARDY



**Mesure de la capacité d'absorption de bleu de méthylène d'un sol ou d'un matériaux rocheux par l'essai à la tâche  
NF P 94-068****Informations générales**

|                    |                                     |                   |                       |
|--------------------|-------------------------------------|-------------------|-----------------------|
| N° dossier :       | <b>OVA2.HR039.0001</b>              | Client / MO :     | ST MALO AGGLOMERATION |
| Désignation :      | <b>DECHETTERIE - ZA BRETONNIERE</b> | Demandeur / MOE : |                       |
| Localité :         | CANCALE                             |                   |                       |
| Chargé d'affaire : | MARTIN ERWAN                        |                   |                       |

**Informations sur l'échantillon N° 17OVA-0073**

|                        |                              |              |             |
|------------------------|------------------------------|--------------|-------------|
| Mode de prélèvement :  | Sondage à la Pelle Mécanique | Sondage :    | PM1         |
| Prélevé par :          | GINGER CEBTP                 | Profondeur : | 0.50/1.00 m |
| Date prélèvement :     | 20/07/17                     |              |             |
| Mode de conservation : | Ech. prélevé en sac          |              |             |
| Date de livraison :    | 26/07/17                     |              |             |
|                        |                              | dm (mm) :    | 20          |
| Description :          | Limon sableux                |              |             |

**Informations sur l'essai**

|                   |         |              |          |
|-------------------|---------|--------------|----------|
| Mode de séchage : | Etuvage | Technicien : | J. HARDY |
| Température :     | 105°C   | Date essai : | 26/07/17 |

**Résultats**

|       |  |     |      |         |      |
|-------|--|-----|------|---------|------|
| VBs = | 1.24 g de bleu pour 100 g de matériaux sec | C = | 99.9 | W (%) : | 16.9 |
|-------|--|-----|------|---------|------|

C= proportion de la fraction 0/5 mm dans la fraction 0/50 mm (%) - Si dm = 5 mm, alors C=100 %

**Observations :**Technicien supérieur  
J. HARDY

**MESURE DES INDICES PORTANT IMMEDIATS (IPI - I.CBRimmédiate)**  
**Mesure sur échantillon compacté au moule CBR**  
**NF P 94-078**

 GINGER CEBTP VANNES  
 6 RUE BLAISE PASCAL  
 ZA DE TREHUINEC  
 56890 PLESCOP

**Informations générales**

|                    |                              |                   |                       |
|--------------------|------------------------------|-------------------|-----------------------|
| N° dossier :       | <b>OVA2.HR039.0001</b>       | Client /MO :      | ST MALO AGGLOMERATION |
| Désignation :      | DECHETTERIE - ZA BRETONNIERE | Demandeur / MOE : |                       |
| Localité :         | CANCALE                      |                   |                       |
| Chargé d'affaire : | MARTIN ERWAN                 |                   |                       |

**Informations sur l'échantillon** **N° 17OVA-0074**

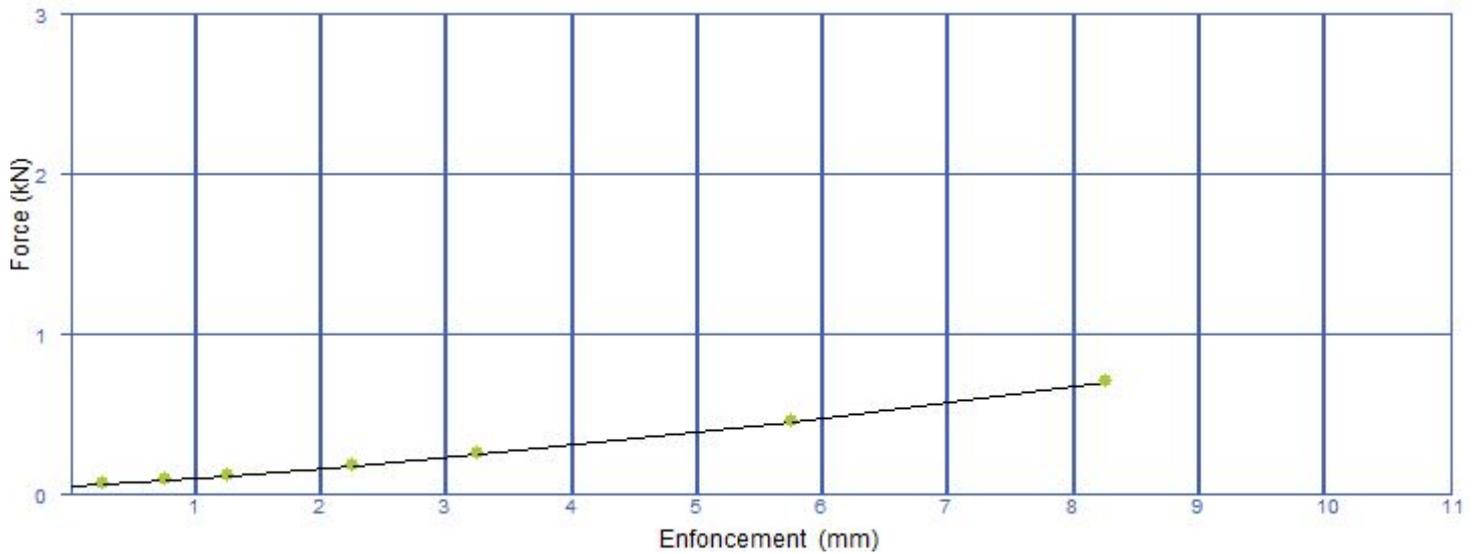
|                        |                              |              |             |
|------------------------|------------------------------|--------------|-------------|
| Mode de prélèvement :  | Sondage à la Pelle Mécanique | Sondage :    | PM10        |
| Prélevé par :          | GINGER CEBTP                 | Profondeur : | 0.55/1.35 m |
| Date prélèvement :     | 20/07/17                     |              |             |
| Mode de conservation : | Ech. prélevé en sac          |              |             |
| Date de livraison :    | 26/07/17                     |              |             |
| Description :          | Sable limoneux               |              |             |

**Informations sur l'essai**

|                                |             |                         |            |                           |             |
|--------------------------------|-------------|-------------------------|------------|---------------------------|-------------|
| Mode de séchage :              | Etuvage     | Température :           | 105°C      | Technicien :              | L. BLANPAIN |
| Type de moule :                | Moule CBR   | Date essai :            | 26/07/2017 | Essai sur matériau :      | Non traité  |
| Dame - Energie de compactage : | A - Normale | Liant(s) et dosage(s) : |            | Préparation du matériau : | Manuelle    |
| Fraction testée :              | 0/D mm      |                         |            |                           |             |

**Essai IPI**

Force anneau: 5 KN


**Résultats sur la fraction 0/D mm**

|                         |           |   |      |
|-------------------------|-----------|---|------|
| Teneur en eau initiale  | W (%)     | = | 17.5 |
| Masse volumique sèche   | d (Mg/m3) | = | 1.70 |
| <i>(Indice corrigé)</i> | IPI       | = | 2    |

**Pourcentage par rapport à la référence optimale**

|                             |   |
|-----------------------------|---|
| W moulage CBR / W OPT (%)   | = |
| ρd moulage CBR / ρd OPT (%) | = |

Remarque:

**Observations :**

 Technicien supérieur  
 J. HARDY



**Informations générales**

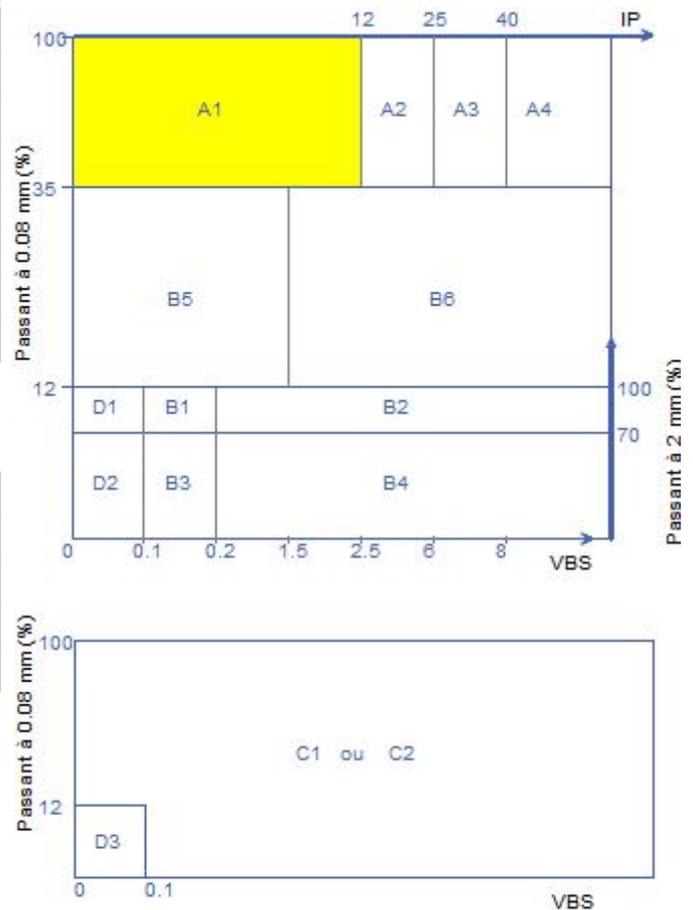
|  |                                     |
|--|-------------------------------------|
| N° dossier : <b>OVA2.HR039.0001</b>        | Client / MO : ST MALO AGGLOMERATION |
| Désignation : DECHETTERIE - ZA BRETONNIERE |                                     |
| Localité : CANCALE                         | Demandeur / MOE :                   |
| Chargé d'affaire : MARTIN ERWAN            |                                     |

**Informations sur l'échantillon**
**N° 17OVA-0074**

|  |                          |
|--|--------------------------|
| Mode de prélèvement : Sondage à la Pelle Mécanique | Sondage : PM10           |
| Prélevé par : GINGER CEBTP                         | Profondeur : 0.55/1.35 m |
| Date prélèvement : 20/07/17                        |                          |
| Mode de conservation : Ech. prélevé en sac         |                          |
| Date de livraison : 26/07/17                       |                          |
| Description : Sable limoneux                       |                          |

**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 | 99.5      | %                    |
| Passant à 80 µm (fraction 0/50 mm) | NF P94-056 | 77.2      | %                    |
| 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 | 1.03      | g de bleu pour 100 g |

**CLASSIFICATION NF P 11-300 : A1 th**

**Paramètres d'état hydrique**

| Désignation de l'essai        | Norme          | Résultats | Unité |
|-------------------------------|----------------|-----------|-------|
| Teneur en eau naturelle - Wn  | NF P94-050     | 17.5      | %     |
| Indice Portant immédiat - IPI | NF P94-078     | 2         |       |
| Indice de Consistance - Ic    | (WL - Wn) / IP |           |       |
| Wn / W <sub>OPN</sub>         | NF P94-093     |           |       |

**Pour information:**

|  |  |
|--|--|
| Teneur en eau Optimale W <sub>OPN</sub> (%) :                          |  |
| Masse volumique sèche Optimale ρ <sub>OPN</sub> (Mg/m <sup>3</sup> ) : |  |

**Observations :**

 Technicien supérieur  
 J. HARDY



GINGER CEBTP VANNES  
6 RUE BLAISE PASCAL  
ZA DE TREHUINEC  
56890 PLESCOP

### Informations générales

|  |                                     |
|--|-------------------------------------|
| N° dossier : <b>OVA2.HR039.0001</b>        | Client / MO : ST MALO AGGLOMERATION |
| Désignation : DECHETTERIE - ZA BRETONNIERE |                                     |
| Localité : CANCALE                         | Demandeur / MOE :                   |
| Chargé d'affaire : MARTIN ERWAN            |                                     |

### Informations sur l'échantillon **N° 17OVA-0074**

|  |                          |
|--|--------------------------|
| Mode de prélèvement : Sondage à la Pelle Mécanique | Sondage : PM10           |
| Prélevé par : GINGER CEBTP                         | Profondeur : 0.55/1.35 m |
| Date prélèvement : 20/07/17                        |                          |
| Mode de conservation : Ech. prélevé en sac         |                          |
| Date de livraison : 26/07/17                       | dm (mm) : 20             |
| Description : Sable limoneux                       |                          |

### Informations sur l'essai

|                           |                          |
|---------------------------|--------------------------|
| Mode de séchage : Etuvage | Technicien : L. BLANPAIN |
| Température : 105°C       | Date essai : 26/07/17    |

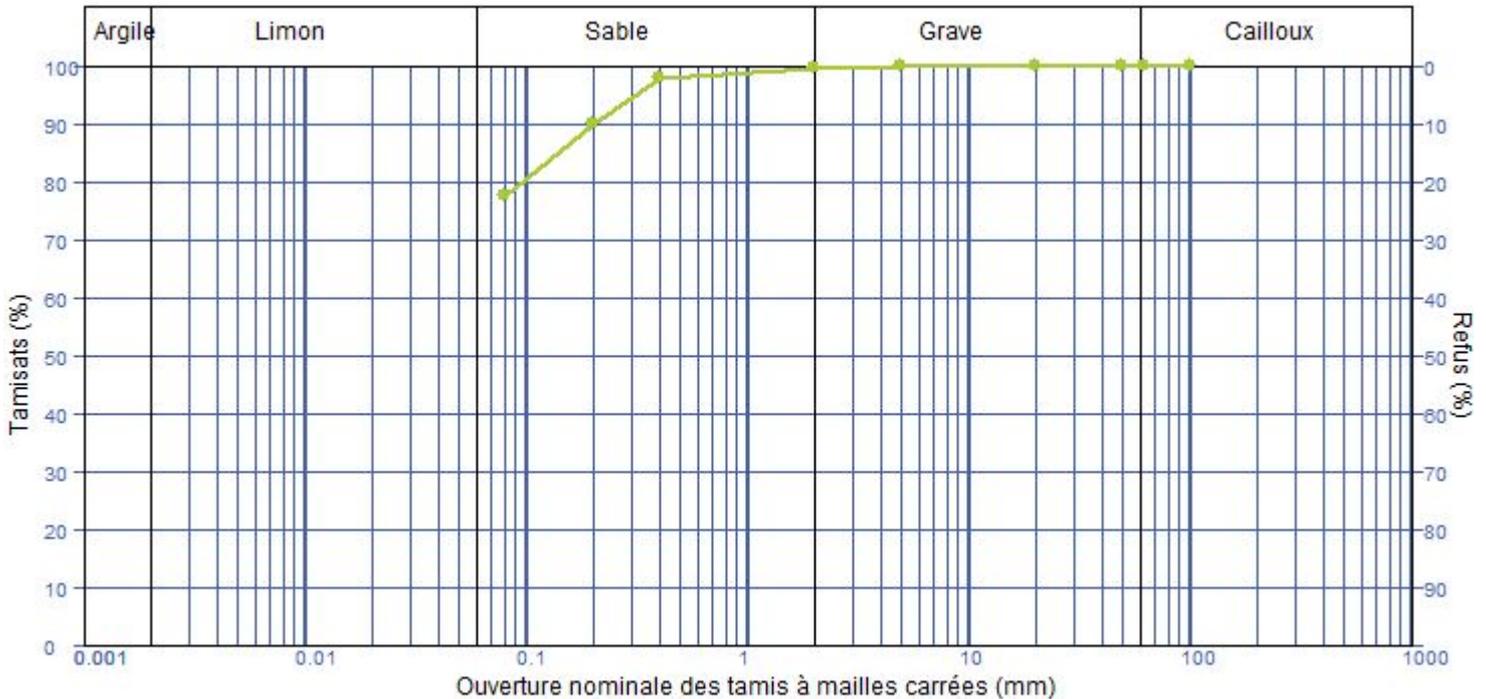
### Analyse granulométrique (NF P 94-056) sur 0/D mm

| Tamis à mailles carrées (mm) | 100 mm | 63 mm | 50 mm | 20 mm | 5 mm | 2 mm | 400 µm | 200 µm | 80 µm |
|------------------------------|--------|-------|-------|-------|------|------|--------|--------|-------|
| Passant cumulé (%)           | 100.0  | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 99.9 | 99.5 | 97.8   | 89.7   | 77.2  |

Facteur d'uniformité  $C_u = (N.D.)$

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

Facteur de symétrie  $C_s = (N.D.)$



### Observations :

Dérogation à la norme NF P 94-056: La fin du tamisage sur chaque tamis est déterminée visuellement

Technicien supérieur  
J. HARDY



**Mesure de la capacité d'absorption de bleu de méthylène d'un sol ou d'un matériaux rocheux par l'essai à la tâche  
NF P 94-068**

GINGER CEBTP VANNES  
6 RUE BLAISE PASCAL  
ZA DE TREHUINEC  
56890 PLESCOP

**Informations générales**

|                    |                                     |                   |                       |
|--------------------|-------------------------------------|-------------------|-----------------------|
| N° dossier :       | <b>OVA2.HR039.0001</b>              | Client / MO :     | ST MALO AGGLOMERATION |
| Désignation :      | <b>DECHETTERIE - ZA BRETONNIERE</b> | Demandeur / MOE : |                       |
| Localité :         | CANCALE                             |                   |                       |
| Chargé d'affaire : | MARTIN ERWAN                        |                   |                       |

**Informations sur l'échantillon N° 17OVA-0074**

|                        |                              |              |             |
|------------------------|------------------------------|--------------|-------------|
| Mode de prélèvement :  | Sondage à la Pelle Mécanique | Sondage :    | PM10        |
| Prélevé par :          | GINGER CEBTP                 | Profondeur : | 0.55/1.35 m |
| Date prélèvement :     | 20/07/17                     |              |             |
| Mode de conservation : | Ech. prélevé en sac          |              |             |
| Date de livraison :    | 26/07/17                     |              |             |
|                        |                              | dm (mm) :    | 20          |
| Description :          | Sable limoneux               |              |             |

**Informations sur l'essai**

|                   |         |              |             |
|-------------------|---------|--------------|-------------|
| Mode de séchage : | Etuvage | Technicien : | L. BLANPAIN |
| Température :     | 105°C   | Date essai : | 02/08/17    |

**Résultats**

|       |  |     |      |         |      |
|-------|--|-----|------|---------|------|
| VBs = | 1.03 g de bleu pour 100 g de matériaux sec | C = | 99.9 | W (%) : | 18.2 |
|-------|--|-----|------|---------|------|

C= proportion de la fraction 0/5 mm dans la fraction 0/50 mm (%) - Si dm = 5 mm, alors C=100 %

**Observations :**

Technicien supérieur  
J. HARDY



**MESURE DES INDICES PORTANT IMMEDIATS (IPI - I.CBRimmédiate)**  
**Mesure sur échantillon compacté au moule CBR**  
**NF P 94-078**

 GINGER CEBTP VANNES  
 6 RUE BLAISE PASCAL  
 ZA DE TREHUINEC  
 56890 PLESCOP

**Informations générales**

|                    |                              |                   |                       |
|--------------------|------------------------------|-------------------|-----------------------|
| N° dossier :       | <b>OVA2.HR039.0001</b>       | Client /MO :      | ST MALO AGGLOMERATION |
| Désignation :      | DECHETTERIE - ZA BRETONNIERE | Demandeur / MOE : |                       |
| Localité :         | CANCALE                      |                   |                       |
| Chargé d'affaire : | MARTIN ERWAN                 |                   |                       |

**Informations sur l'échantillon** **N° 17OVA-0076**

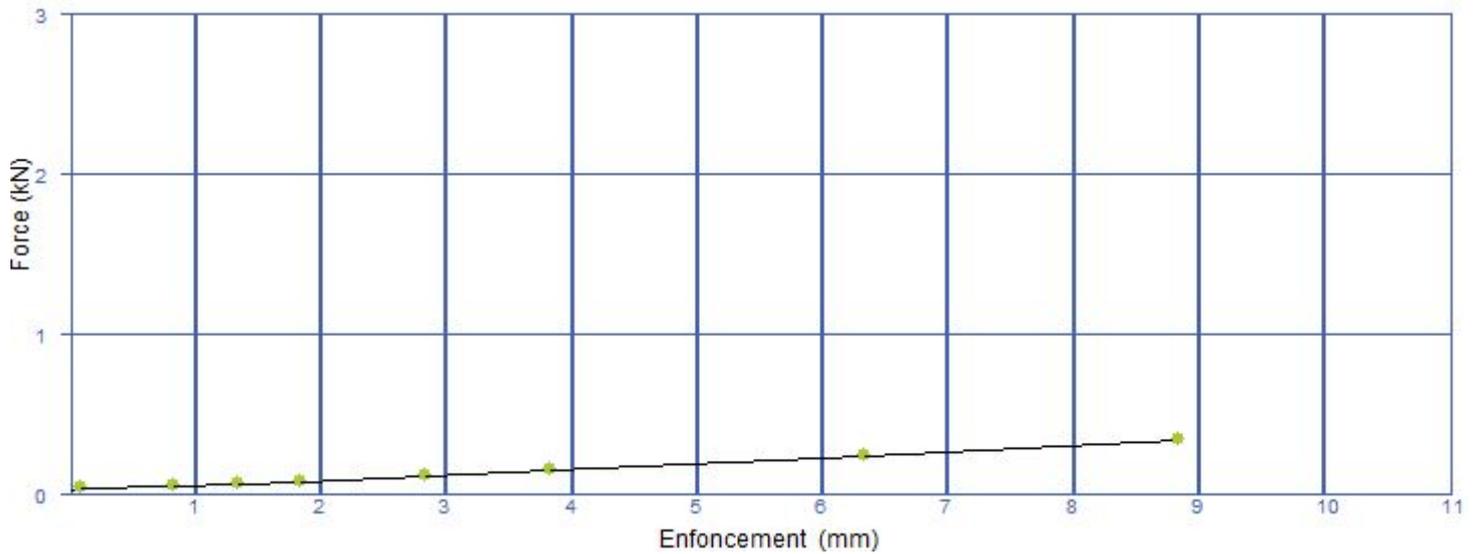
|                        |                              |              |             |
|------------------------|------------------------------|--------------|-------------|
| Mode de prélèvement :  | Sondage à la Pelle Mécanique | Sondage :    | PM8         |
| Prélevé par :          | GINGER CEBTP                 | Profondeur : | 0.80/1.30 m |
| Date prélèvement :     | 20/07/17                     |              |             |
| Mode de conservation : | Ech. prélevé en sac          |              |             |
| Date de livraison :    | 26/07/17                     |              |             |
| Description :          | Limon marron                 |              |             |

**Informations sur l'essai**

|                                |             |                         |            |                           |             |
|--------------------------------|-------------|-------------------------|------------|---------------------------|-------------|
| Mode de séchage :              | Etuvage     | Température :           | 105°C      | Technicien :              | L. BLANPAIN |
| Type de moule :                | Moule CBR   | Date essai :            | 28/07/2017 | Essai sur matériau :      | Non traité  |
| Dame - Energie de compactage : | A - Normale | Liant(s) et dosage(s) : |            | Préparation du matériau : | Manuelle    |
| Fraction testée :              | 0/D mm      |                         |            |                           |             |

**Essai IPI**

Force anneau: 2 KN


**Résultats sur la fraction 0/D mm**

|                        |           |   |      |
|------------------------|-----------|---|------|
| Teneur en eau initiale | W (%)     | = | 20.1 |
| Masse volumique sèche  | d (Mg/m3) | = | 1.62 |
| (Indice corrigé)       | IPI       | = | 1    |

**Pourcentage par rapport à la référence optimale**

|                             |   |
|-----------------------------|---|
| W moulage CBR / W OPT (%)   | = |
| ρd moulage CBR / ρd OPT (%) | = |

Remarque:

**Observations :**

 Technicien supérieur  
 J. HARDY



**Informations générales**

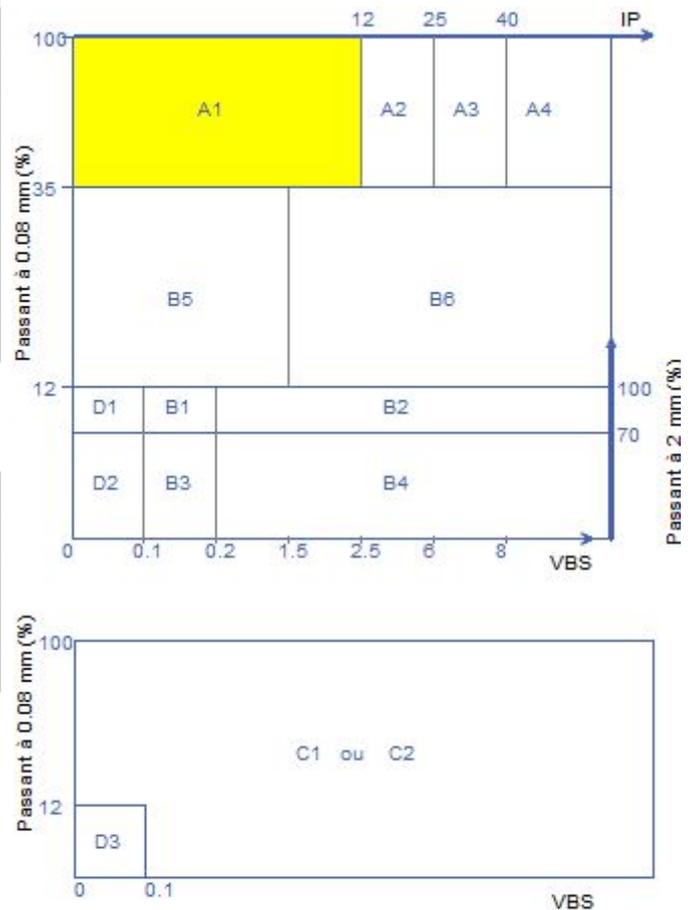
|                    |                              |                   |                       |
|--------------------|------------------------------|-------------------|-----------------------|
| N° dossier :       | <b>OVA2.HR039.0001</b>       | Client / MO :     | ST MALO AGGLOMERATION |
| Désignation :      | DECHETTERIE - ZA BRETONNIERE | Demandeur / MOE : |                       |
| Localité :         | CANCALE                      |                   |                       |
| Chargé d'affaire : | MARTIN ERWAN                 |                   |                       |

**Informations sur l'échantillon**
**N° 17OVA-0076**

|                        |                              |              |             |
|------------------------|------------------------------|--------------|-------------|
| Mode de prélèvement :  | Sondage à la Pelle Mécanique | Sondage :    | PM8         |
| Prélevé par :          | GINGER CEBTP                 | Profondeur : | 0.80/1.30 m |
| Date prélèvement :     | 20/07/17                     |              |             |
| Mode de conservation : | Ech. prélevé en sac          |              |             |
| Date de livraison :    | 26/07/17                     |              |             |
| Description :          | Limon marron                 |              |             |

**Paramètres de nature**

| Désignation de l'essai             | Norme      | Résultats | Unité                |
|------------------------------------|------------|-----------|----------------------|
| Dmax                               | NF P94-056 | 5         | mm                   |
| Passant à 50 mm                    | NF P94-056 | 100.0     | %                    |
| Passant à 2 mm (fraction 0/50 mm)  | NF P94-056 | 99.8      | %                    |
| Passant à 80 µm (fraction 0/50 mm) | NF P94-056 | 95.9      | %                    |
| 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 | 1.62      | g de bleu pour 100 g |

**CLASSIFICATION NF P 11-300 : A1 th**

**Paramètres d'état hydrique**

| Désignation de l'essai        | Norme          | Résultats | Unité |
|-------------------------------|----------------|-----------|-------|
| Teneur en eau naturelle - Wn  | NF P94-050     | 20.1      | %     |
| Indice Portant immédiat - IPI | NF P94-078     | 1         |       |
| Indice de Consistance - Ic    | (WL - Wn) / IP |           |       |
| Wn / W <sub>OPN</sub>         | NF P94-093     |           |       |

**Pour information:**

|  |  |
|--|--|
| Teneur en eau Optimale W <sub>OPN</sub> (%) :                          |  |
| Masse volumique sèche Optimale ρ <sub>OPN</sub> (Mg/m <sup>3</sup> ) : |  |

**Observations :**

 Technicien supérieur  
 J. HARDY



GINGER CEBTP VANNES  
6 RUE BLAISE PASCAL  
ZA DE TREHUINEC  
56890 PLESCOP

### Informations générales

|  |                                     |
|--|-------------------------------------|
| N° dossier : <b>OVA2.HR039.0001</b>        | Client / MO : ST MALO AGGLOMERATION |
| Désignation : DECHETTERIE - ZA BRETONNIERE | Demandeur / MOE :                   |
| Localité : CANCALE                         |                                     |
| Chargé d'affaire : MARTIN ERWAN            |                                     |

### Informations sur l'échantillon **N° 17OVA-0076**

|  |                          |
|--|--------------------------|
| Mode de prélèvement : Sondage à la Pelle Mécanique | Sondage : PM8            |
| Prélevé par : GINGER CEBTP                         | Profondeur : 0.80/1.30 m |
| Date prélèvement : 20/07/17                        |                          |
| Mode de conservation : Ech. prélevé en sac         |                          |
| Date de livraison : 26/07/17                       | dm (mm) : 5              |
| Description : Limon marron                         |                          |

### Informations sur l'essai

|                           |                          |
|---------------------------|--------------------------|
| Mode de séchage : Etuvage | Technicien : L. BLANPAIN |
| Température : 105°C       | Date essai : 26/07/17    |

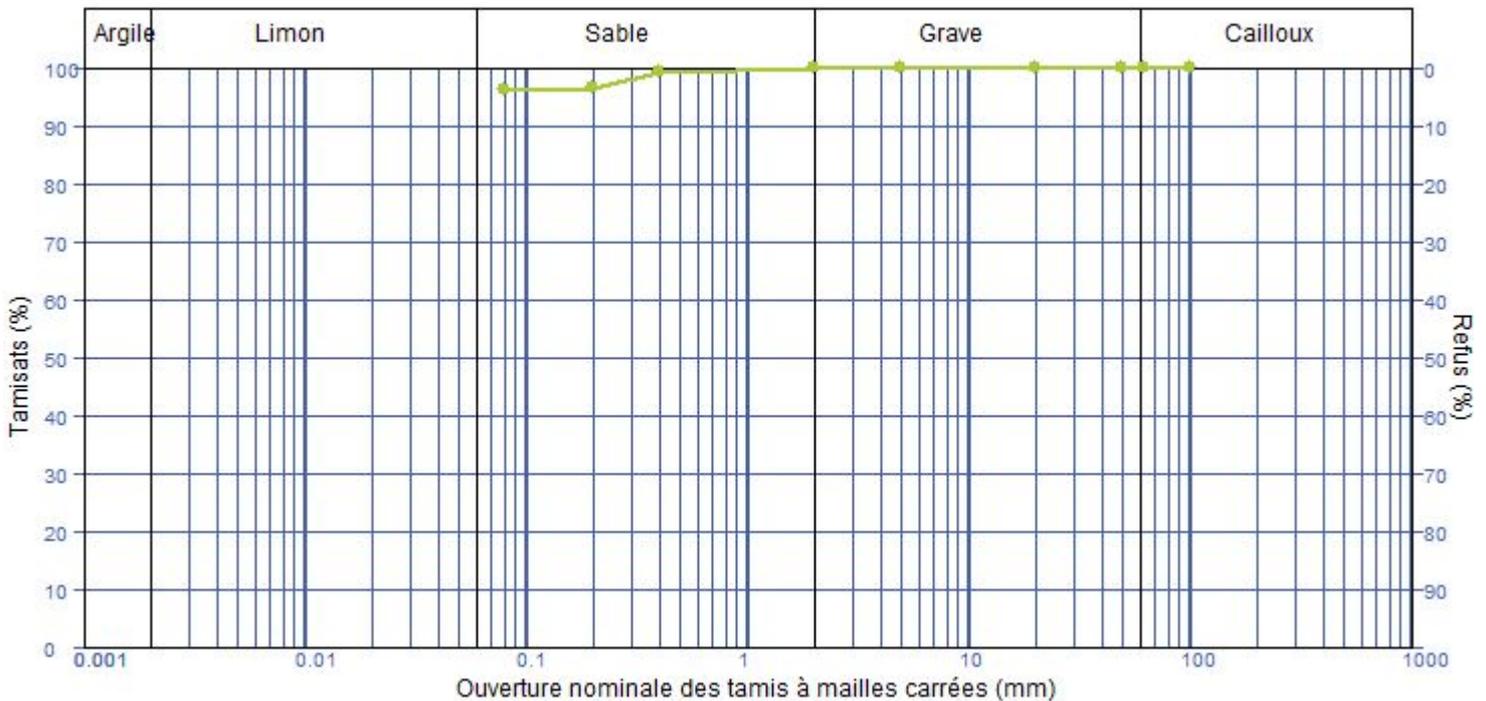
### Analyse granulométrique (NF P 94-056) sur 0/D mm

| Tamis à mailles carrées (mm) | 100 mm | 63 mm | 50 mm | 20 mm | 5 mm  | 2 mm | 400 µm | 200 µm | 80 µm |
|------------------------------|--------|-------|-------|-------|-------|------|--------|--------|-------|
| Passant cumulé (%)           | 100.0  | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 99.8 | 99.1   | 96.5   | 95.9  |

Facteur d'uniformité  $C_u = (N.D.)$

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

Facteur de symétrie  $C_s = (N.D.)$



### Observations :

Dérogation à la norme NF P 94-056: La fin du tamisage sur chaque tamis est déterminée visuellement

Technicien supérieur  
J. HARDY



**Mesure de la capacité d'absorption de bleu de méthylène d'un sol ou d'un matériaux rocheux par l'essai à la tâche  
NF P 94-068**

## Informations générales

|                    |                                     |                   |                       |
|--------------------|-------------------------------------|-------------------|-----------------------|
| N° dossier :       | <b>OVA2.HR039.0001</b>              | Client / MO :     | ST MALO AGGLOMERATION |
| Désignation :      | <b>DECHETTERIE - ZA BRETONNIERE</b> | Demandeur / MOE : |                       |
| Localité :         | CANCALE                             |                   |                       |
| Chargé d'affaire : | MARTIN ERWAN                        |                   |                       |

Informations sur l'échantillon **N° 17OVA-0076**

|                        |                              |              |             |
|------------------------|------------------------------|--------------|-------------|
| Mode de prélèvement :  | Sondage à la Pelle Mécanique | Sondage :    | PM8         |
| Prélevé par :          | GINGER CEBTP                 | Profondeur : | 0.80/1.30 m |
| Date prélèvement :     | 20/07/17                     |              |             |
| Mode de conservation : | Ech. prélevé en sac          |              |             |
| Date de livraison :    | 26/07/17                     |              |             |
|                        |                              | dm (mm) :    | 5           |
| Description :          | Limon marron                 |              |             |

## Informations sur l'essai

|                   |         |              |             |
|-------------------|---------|--------------|-------------|
| Mode de séchage : | Etuvage | Technicien : | L. BLANPAIN |
| Température :     | 105°C   | Date essai : | 26/07/17    |

## Résultats

|       |  |     |       |         |      |
|-------|--|-----|-------|---------|------|
| VBs = | 1.62 g de bleu pour 100 g de matériaux sec | C = | 100.0 | W (%) : | 19.9 |
|-------|--|-----|-------|---------|------|

C= proportion de la fraction 0/5 mm dans la fraction 0/50 mm (%) - Si dm = 5 mm, alors C=100 %

## Observations :

Technicien supérieur  
J. HARDY

**GINGER CEBTP**  
**Monsieur David GICQUERE**  
6 Rue Blaise Pascal  
ZA de Tréhuinec  
56890 PLESCOP

## RAPPORT D'ANALYSE

**Dossier N° : 17E075952**

Version du : 01/09/2017

N° de rapport d'analyse : AR-17-LK-094438-01

Date de réception : 25/08/2017

Référence Dossier : N° Projet : OVA2.HR039

Nom Projet : CANCALE

Référence Commande :

Coordinateur de projet client : Stéphanie André / StephanieAndre@eurofins.com / +33 3 88 02 33 85

| N° Ech | Matrice               | Référence échantillon |
|--------|-----------------------|-----------------------|
| 001    | Eau souterraine (ESO) | PZ = 2.81m            |

**RAPPORT D'ANALYSE**
**Dossier N° : 17E075952**

Version du : 01/09/2017

N° de rapport d'analyse : AR-17-LK-094438-01

Date de réception : 25/08/2017

Référence Dossier : N° Projet : OVA2.HR039

Nom Projet : CANCALE

Référence Commande :

N° Echantillon

**001**

Référence client :

**PZ = 2.81m**

Matrice :

**ESO**

Date de prélèvement :

**21/08/2017**

Date de début d'analyse :

**25/08/2017**
**Paramètres in situ**

|   |           |  |      |
|---|-----------|--|------|
| LS3R4 : <b>Température de l'eau (in situ) (non accrédité)</b> | °C        |  | 14.4 |
| LS3R2 : <b>Mesure du pH (in situ) (non accrédité)</b>         | Unités pH |  | 7.2  |

**Préparation Physico-Chimique**

|                                   |  |  |           |
|-----------------------------------|--|--|-----------|
| LS025 : <b>Filtration 0.45 µm</b> |  |  | Effectuée |
|-----------------------------------|--|--|-----------|

**Analyses immédiates**

|  |      |   |       |
|--|------|---|-------|
| LS001 : <b>Mesure du pH</b>                        |      |   | # 7.3 |
| pH   |      |   |       |
| Température de mesure du pH                        | °C   |   | 20.2  |
| LS019 : <b>Titre Alcalimétrique (TA)</b>           | °F   | * | <2.00 |
| LS020 : <b>Titre Alcalimétrique Complet (TAC)</b>  | °F   | * | 33.4  |
| LS028 : <b>Anhydride carbonique (CO2) agressif</b> | mg/l |   | 0.00  |

**Indices de pollution**

|   |            |   |        |
|---|------------|---|--------|
| LS02L : <b>Azote Nitrique / Nitrates (NO3)</b>      |            |   |        |
| Nitrates  | mg NO3/l   |   | # 29.3 |
| Azote nitrique                                      | mg N-NO3/l |   | # 6.62 |
| LS02I : <b>Chlorures (Cl)</b>                       | mg/l       | * | 69.9   |
| LS02R : <b>Ammonium</b>                             | mg NH4/l   |   | # 0.19 |
| LS02Z : <b>Sulfates (SO4)</b>                       | mg/l       | * | 108    |
| LSRDB : <b>Classe d'agressivité selon NF EN 206</b> |            |   | <XA1   |

**Métaux**

|                                       |      |   |      |
|---------------------------------------|------|---|------|
| LS204 : <b>Calcium (Ca) dissous</b>   | mg/l | * | 140  |
| LS206 : <b>Magnésium (Mg) dissous</b> | mg/l | * | 24.3 |
| LS207 : <b>Potassium (K) dissous</b>  | mg/l | * | 10.6 |
| LS208 : <b>Sodium (Na) dissous</b>    | mg/l | * | 39.2 |

D : détecté / ND : non détecté

## RAPPORT D'ANALYSE

**Dossier N° : 17E075952**

Version du : 01/09/2017

N° de rapport d'analyse : AR-17-LK-094438-01

Date de réception : 25/08/2017

Référence Dossier : N° Projet : OVA2.HR039

Nom Projet : CANCALE

Référence Commande :

| Observations  | N° Ech | Réf client |
|---|--------|------------|
| Les délais de mise en analyse sont supérieurs à ceux indiqués dans notre dernière étude de stabilité ou aux délais normatifs pour les paramètres identifiés par '#' et donnent lieu à des réserves sur les résultats, avec retrait de l'accréditation. L'échantillon a néanmoins été conservé dans les meilleures conditions de stockage. | (001)  | PZ = 2.81m |
| Spectrophotométrie visible : l'analyse a été réalisée sur l'échantillon filtré à 0.45µm.  | (001)  | PZ = 2.81m |

La reproduction de ce document n'est autorisée que sous sa forme intégrale. Il comporte 5 page(s). Le présent rapport ne concerne que les objets soumis à l'essai.

Seules certaines prestations rapportées dans ce document sont couvertes par l'accréditation. Elles sont identifiées par le symbole \*.

L'information relative au seuil de détection d'un paramètre n'est pas couverte par l'accréditation Cofrac.

Les résultats précédés du signe < correspondent aux limites de quantification, elles sont la responsabilité du laboratoire et fonction de la matrice.

Tous les éléments de traçabilité sont disponibles sur demande.

Pour les résultats issus d'une sous-traitance, les rapports émis par des laboratoires accrédités sont disponibles sur demande.

Laboratoire agréé par le ministre chargé de l'environnement - se reporter à la liste des laboratoires sur le site internet de gestion des agréments du ministère chargé de l'environnement : <http://www.labeau.ecologie.gouv.fr>

Laboratoire agréé pour la réalisation des prélèvements et des analyses terrains et/ou des analyses des paramètres du contrôle sanitaire des eaux – portée détaillée de l'agrément disponible sur demande.

Laboratoire agréé par le ministre chargé des installations classées conformément à l'arrêté du 11 Mars 2010. Mention des types d'analyses pour lesquels l'agrément a été délivré sur : [www.eurofins.fr](http://www.eurofins.fr) ou disponible sur demande.



Jean-Paul Klaser  
Coordinateur de Projets Clients

## Annexe technique

**Dossier N° : 17E075952**

N° de rapport d'analyse :AR-17-LK-094438-01

Emetteur :

Commande EOL : 006-10514-262496

Nom projet : CANCALE

Référence commande :

### Eau souterraine

| Code  | Analyse   | Principe et référence de la méthode   | LQI  | Unité      | Prestation réalisée sur le site de :         |
|-------|---|---|------|------------|--|
| LS001 | Mesure du pH<br>pH<br>Température de mesure du pH             | Potentiométrie - NF EN ISO 10523  |      | °C         | Eurofins Analyse pour l'Environnement France |
| LS019 | Titre Alcalimétrique (TA)                                     | Volumétrie - NF EN ISO 9963-1   | 2    | °F         |  |
| LS020 | Titre Alcalimétrique Complet (TAC)                            |   | 2    | °F         |  |
| LS025 | Filtration 0.45 µm  | Filtration - Méthode interne  |      |            |  |
| LS028 | Anhydride carbonique (CO2) agressif                           | Calcul - Calcul   |      | mg/l       |  |
| LS02I | Chlorures (Cl)  | Spectrophotométrie (UV/VIS) [Spectrophotométrie visible automatisée] - NF ISO 15923-1 | 1    | mg/l       |  |
| LS02L | Azote Nitrique / Nitrates (NO3)<br>Nitrates<br>Azote nitrique | Spectrophotométrie (UV/VIS) - NF ISO 15923-1  | 1    | mg NO3/l   |  |
|       |   |   | 0.2  | mg N-NO3/l |  |
| LS02R | Ammonium  | Spectrophotométrie (UV/VIS) [Spectrophotométrie visible automatisée] - NF ISO 15923-1 | 0.05 | mg NH4/l   |  |
| LS02Z | Sulfates (SO4)  | Spectrophotométrie (UV/VIS) [Spectrophotométrie visible automatisée] - NF ISO 15923-1 | 5    | mg/l       |  |
| LS204 | Calcium (Ca) dissous  | ICP/AES - NF EN ISO 11885   | 1    | mg/l       |  |
| LS206 | Magnésium (Mg) dissous  |   | 0.01 | mg/l       |  |
| LS207 | Potassium (K) dissous   |   | 0.1  | mg/l       |  |
| LS208 | Sodium (Na) dissous   |   | 0.05 | mg/l       |  |
| LS3R2 | Mesure du pH (in situ) (non accrédité)                        | Potentiométrie -  | 2    | Unités pH  | Prestation réalisée par vos soins            |
| LS3R4 | Température de l'eau (in situ) (non accrédité)                | Thermométrie [Méthode à la sonde] -   |      | °C         |  |
| LSRDB | Classe d'agressivité selon NF EN 206                          | Calcul  |      |            | Eurofins Analyse pour l'Environnement France |

## Annexe de traçabilité des échantillons

*Cette traçabilité recense les flaconnages des échantillons scannés dans EOL sur le terrain avant envoi au laboratoire*

**Dossier N° : 17E075952**

N° de rapport d'analyse : AR-17-LK-094438-01

Emetteur :

Commande EOL : 006-10514-262496

Nom projet : N° Projet : OVA2.HR039  
CANCALE

Référence commande :

### Eau souterraine

| Référence Eurofins | Référence Client | Date&Heure Prélèvement | Code-barre | Nom flacon |
|--------------------|------------------|------------------------|------------|------------|
| 17E075952-001      | PZ = 2.81m       | 21/08/2017             |            |            |



[www.groupe-cebtp.com](http://www.groupe-cebtp.com)

## CONTACTS BRETAGNE

### **VANNES (56)**

6 rue Blaise Pascal – ZA de Tréhuinec  
56890 PLESCOP  
Téléphone +33 (0)2 97 40 25 65  
[cebtp.vannes@groupe-cebtp.com](mailto:cebtp.vannes@groupe-cebtp.com)

### **BREST (29)**

5 rue de Kervézennec – ZI de Kergonan  
29200 BREST  
Téléphone +33 (0)2 98 30 67 20  
[cebtp.brest@groupe-cebtp.com](mailto:cebtp.brest@groupe-cebtp.com)

### **RENNES (35)**

ZA Beauséjour  
35520 LA MEZIERE  
Téléphone +33 (0)2 99 27 51 10  
[cebtp.rennes@groupe-cebtp.com](mailto:cebtp.rennes@groupe-cebtp.com)

### **QUIMPER (29)**

2 rue Félix Le Dantec – Le Forum  
29000 QUIMPER  
Téléphone +33 (0)2 98 10 12 11  
[cebtp.quimper@groupe-cebtp.com](mailto:cebtp.quimper@groupe-cebtp.com)

[www.groupe-cebtp.com](http://www.groupe-cebtp.com)