

# ETUDE GEOTECHNIQUE D'AVANT-PROJET (Mission G2 AVP)

Poste source La Verpillière  
Construction de salles HTA

Rue Joseph Perrotin / chemin de Bret  
LA VERPILLIERE (38 290)



*Dossier 6901660 v0 - Juillet 2018*



**ENEDIS**  
DR Sillon Rhodanien  
Bureau Régional d'Ingénierie Postes Sources  
7 boulevard Pacatianus  
38 200 VIENNE


## CLIENT

|                                     |  |
|-------------------------------------|--|
| <b>NOM</b>                          | ENEDIS BRIPS RAB                           |
| <b>ADRESSE</b>                      | 7 boulevard de Pacatianus<br>38 200 VIENNE |
| <b>INTERLOCUTEUR/MAITRE D'ŒUVRE</b> | M. DE CEGLIE Brice                         |

## ECR ENVIRONNEMENT

|                              |              |
|------------------------------|--------------|
| <b>RESPONSABLE DE REGION</b> | F. COME      |
| <b>CHARGE D'AFFAIRES</b>     | M. BANVILLET |

| DATE       | INDICE | OBSERVATION / MODIFICATION | REDACTEUR    | VERIFICATEUR |
|------------|--------|----------------------------|--------------|--------------|
| 26/07/2018 | 00     | -                          | M. BANVILLET | A. MARION    |
|            |        |                            |              |              |
|            |        |                            |              |              |
|            |        |                            |              |              |

| Rédacteur  | Contrôle interne   |
|--|--|
| <br>M. BANVILLET<br>Chargé d'Affaires | <br><br><br><br><br><br><br><br><br>F. COME<br>Responsable de Région |



## SOMMAIRE

|           |   |           |
|-----------|---|-----------|
| <b>1.</b> | <b>INTRODUCTION.....</b>                            | <b>4</b>  |
| 1.1.      | OPERATION – INTERVENANTS .....                      | 4         |
| 1.2.      | MISSION .....                                       | 4         |
| 1.3.      | INVESTIGATIONS REALISEES.....                       | 5         |
| 1.4.      | DOCUMENTS DE REFERENCE .....                        | 5         |
| <b>2.</b> | <b>SITE ET PROJET .....</b>                         | <b>6</b>  |
| 2.1.      | PLAN DE SITUATION .....                             | 6         |
| 2.2.      | DESCRIPTION DU SITE.....                            | 7         |
| 2.3.      | CONTEXTE GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE .....        | 8         |
| 2.4.      | RISQUES NATURELS .....                              | 8         |
| 2.5.      | DESCRIPTION DU PROJET.....                          | 9         |
| <b>3.</b> | <b>RESULTATS DES INVESTIGATIONS.....</b>            | <b>11</b> |
| 3.1.      | NIVELLEMENT .....                                   | 11        |
| 3.2.      | LITHOLOGIE .....                                    | 11        |
| 3.3.      | STABILITE DES PAROIS.....                           | 12        |
| 3.4.      | CARACTERISTIQUES GEOMECHANQUES .....                | 12        |
| 3.5.      | HYDROGEOLOGIE .....                                 | 12        |
| 3.6.      | ESSAIS DE LABORATOIRE .....                         | 12        |
| 3.7.      | FONDATIONS MITOYENNES.....                          | 13        |
| 3.8.      | DONNEES PARASISMQUES REGLEMENTAIRE .....            | 14        |
| <b>4.</b> | <b>SYNTHESE.....</b>                                | <b>15</b> |
| <b>5.</b> | <b>PRECONISATIONS POUR L'AVANT-PROJET .....</b>     | <b>16</b> |
| 5.1.      | TERRASSEMENTS GENERAUX.....                         | 16        |
| 5.1.1.    | <i>Principe .....</i>                               | <i>16</i> |
| 5.1.2.    | <i>Conditions de terrassement.....</i>              | <i>16</i> |
| 5.1.3.    | <i>Drainage en phase chantier.....</i>              | <i>16</i> |
| 5.1.4.    | <i>Préparation de la plateforme du dallage.....</i> | <i>17</i> |
| 5.1.5.    | <i>Talutages .....</i>                              | <i>17</i> |
| 5.1.6.    | <i>Avoisinants.....</i>                             | <i>18</i> |
| 5.2.      | NIVEAU BAS DU SOUS-SOL .....                        | 18        |
| 5.2.1.    | <i>Principe .....</i>                               | <i>18</i> |
| 5.2.2.    | <i>Structure du dallage.....</i>                    | <i>18</i> |
| 5.2.3.    | <i>Hypothèse de dimensionnement .....</i>           | <i>19</i> |
| 5.2.4.    | <i>Estimation des tassements.....</i>               | <i>19</i> |
| 5.2.5.    | <i>Contrôle .....</i>                               | <i>19</i> |
| 5.3.      | FONDATIONS.....                                     | 20        |
| 5.3.1.    | <i>Principe .....</i>                               | <i>20</i> |



|           |   |           |
|-----------|---|-----------|
| 5.3.2.    | Méthodologie pour le dimensionnement des fondations .....                 | 20        |
| 5.3.3.    | Contraintes de calcul sous charge verticale centrée (Etats limites) ..... | 21        |
| 5.3.4.    | Estimation des tassements .....   | 22        |
| 5.3.5.    | Recommandations pour les fondations .....                                 | 22        |
| 5.3.6.    | Murs enterrés .....   | 23        |
| 5.4.      | AVOISINANTS .....   | 23        |
| 5.5.      | DRAINAGE ET REMBLAIEMENT PERIPHERIQUES .....                              | 24        |
| <b>6.</b> | <b>OBSERVATIONS .....</b>   | <b>25</b> |

|                |
|----------------|
| <b>ANNEXES</b> |
|----------------|

Annexe 1 : Extrait de la norme NF P 94-500

Annexe 2 : Conditions particulières

Annexe 3 : Résultats des investigations

Annexe 4 : Procès-verbaux des essais en laboratoire



## 1. INTRODUCTION

### 1.1. Opération – Intervenants

Opération : Poste source de la Verpillière - Construction de salles HTA

Adresse : rue Joseph Perrotin – 38290 LA VERPILLIERE

Maître d'ouvrage : ENEDIS

### 1.2. Mission

La présente étude a été réalisée par le bureau d'étude ECR Environnement, agence de Lyon, à la demande et pour le compte de la société ENEDIS. Elle honore notre offre du 16/04/2018.

Il s'agit d'une mission de type G2 AVP au sens de la norme NF P 94-500 de novembre 2013 sur les missions d'ingénierie géotechnique jointe en Annexe 1.

L'étude répond aux objectifs suivants :

- préciser le contexte géologique et hydrogéologique général du site ;
- reconnaître la nature et les caractéristiques géomécaniques des sols au droit des ouvrages projetés (résistance, portance, déformabilité des sols, ...) ;
- reconnaître les niveaux d'eau (nappe, circulations ...) ;
- reconnaître les fondations des avoisinants/mitoyens (mur de clôture préfabriqué, ...) ;
- suggérer la réalisation de travaux liées à la présence d'eau et au type de sol (drainage, ...) ;
- définir les modes de fondation envisageables en fonction des éléments communiqués ;
- étudier les conditions de faisabilité et de mise en œuvre des dallages ;
- fournir les paramètres de dimensionnement des fondations proposées (niveaux d'assise, taux de travail admissible du sol, contraintes de calcul aux ELU et aux ELS, ...) ;
- estimer les tassements en fonction des descentes de charges transmises ;
- définir la catégorie des sols et les données parasismiques réglementaires vis-à-vis des règles sismiques de l'Eurocode 8 et les préconisations ;
- indiquer les caractéristiques intrinsèques des sols (cohésion et angle de frottement) pour l'étude des ouvrages de soutènements ;
- évaluer les sujétions d'exécution des travaux de terrassements, de traitement et de fondations liées aux conditions géotechniques du site et aux caractéristiques du projet (talutages, soutènements, avoisinants, stabilité de site...).



### 1.3. Investigations réalisées

La campagne d'investigations suivante a été réalisée pour les besoins de l'étude :

Essais in situ :

- 2 sondages pressiométriques (SP1 et SP2) descendus à 10.0 m de profondeur ;
- 1 reconnaissance de fondation (RF1) descendue à 1.7 m de profondeur et réalisée au droit d'un poteau du mur de clôture Nord du poste électrique ;
- 4 sondages à la pelle mécanique (PU1 à PU4) descendus entre 2.5 et 3.1 m de profondeur.

Essais en laboratoire :

- 2 identifications GTR des sols (analyse granulométrique, teneur en eau et VBS) réalisées sur des échantillons de sol prélevés au droit du sondage RF1 entre 0.8 et 1.7 m de profondeur et au droit du sondage PU3 entre 1.7 et 2.5 m de profondeur.

L'implantation des sondages, les coupes des sondages et les résultats des essais in-situ sont joints en Annexe 3. Les résultats des essais en laboratoire sont joints en annexe 4.

### 1.4. Documents de référence

Les documents suivants ont été utilisés dans le cadre de cette étude :

- mail de consultation daté du 12/02/2018 ;
- plans de masse de l'existant et du projet, plans des niveaux et coupes établis par FORCLUM.





## 2. SITE ET PROJET

### 2.1. Plan de situation

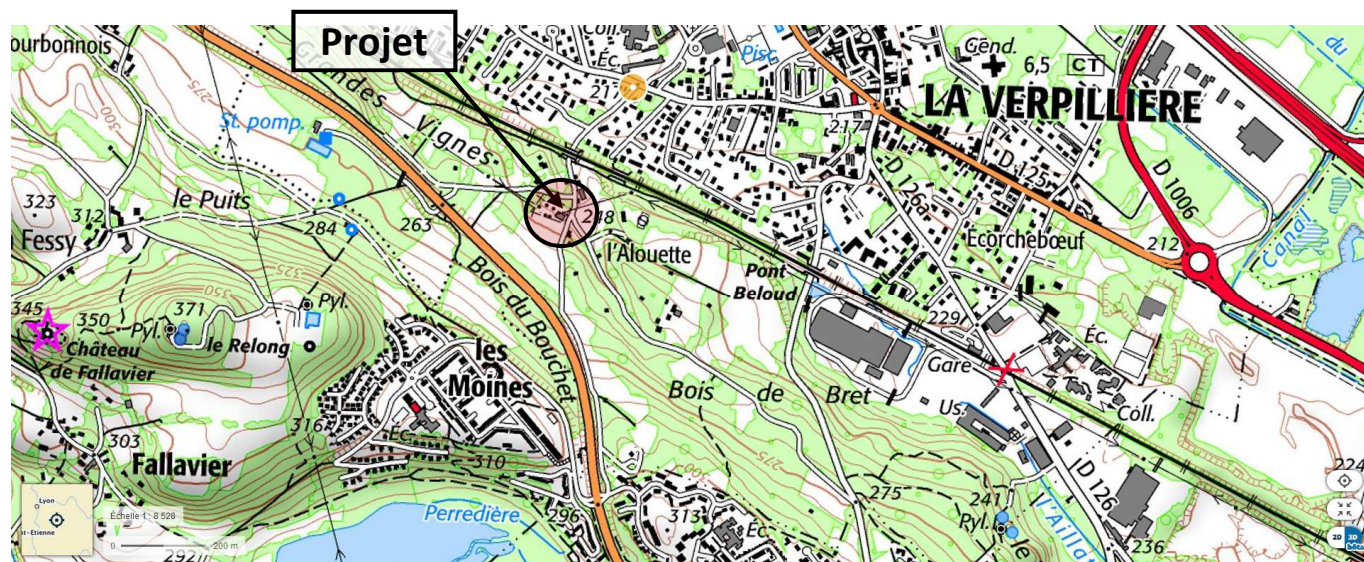


Fig. 1 - Extrait de la carte topographique 1/25 000, Géoportail (IGN)

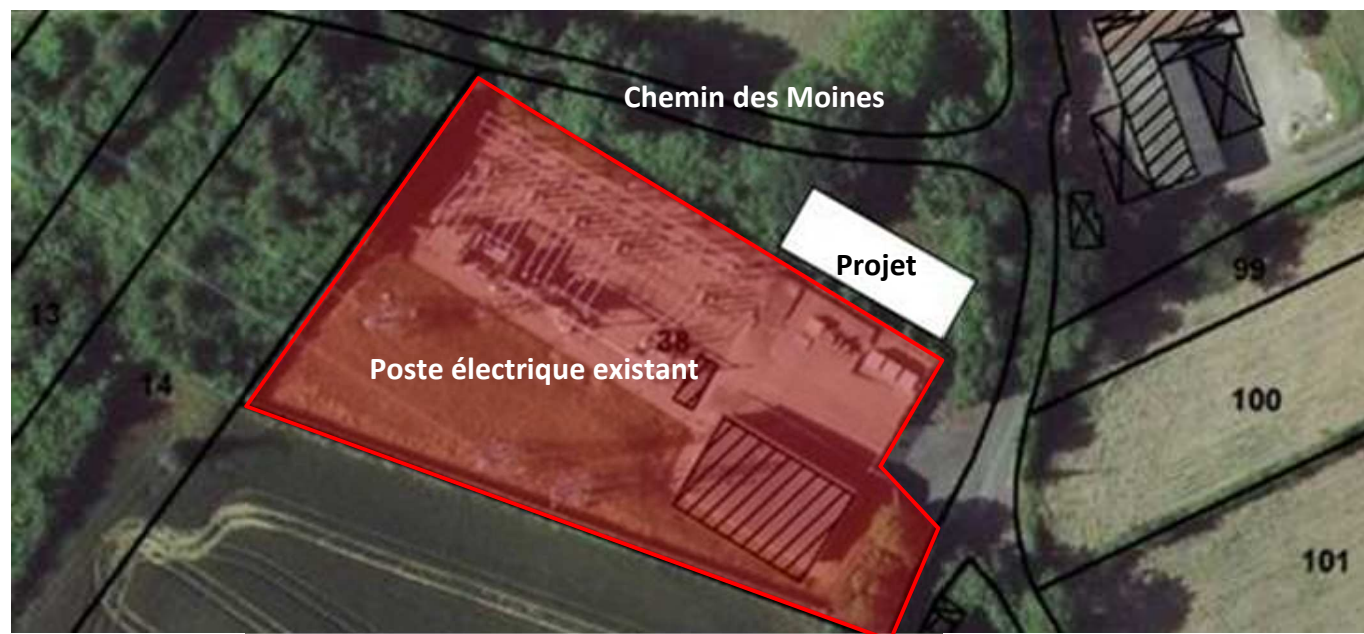


Fig. 2 – Extrait de la vue aérienne du site avec insertion du projet, ENEDIS





## 2.2. Description du site

Le poste électrique est localisé rue Joseph Perrotin au Sud de la commune de La Verpillière (38). Il est clôturé par un mur en béton préfabriqué et délimité par le chemin des Moines au Nord, la rue Joseph Perrotin à l'Est, un pré cultivé au Sud et des bois à l'Ouest.

La parcelle concernée par le projet est située au Nord du poste électrique existant et à l'extérieur de ce dernier. Le site est actuellement occupé par un terrain en friche (pré et végétation arbustive essentiellement). Il est délimité par :

- au Nord, un talus assez important (environ 2.5/3.0 m de hauteur) surplombant le chemin des Moines ;
- à l'Est, un talus moins important délimitant le chemin de Bret.

La topographie du site présente une légère pente orientée vers le Nord. Son altitude est calée vers 245 m NGF.



*Photos 1 et 2 – Site du projet, ECR Environnement*



*Photos 3 et 4 – Talus au Nord de la parcelle surplombant le chemin des Moines, ECR Environnement*





### 2.3. Contexte géologique et hydrogéologique

D'après la carte géologique de BOURGOIN-JALLIEU à l'échelle 1/50 000 et nos connaissances locales, le sous-sol du site est constitué, sous d'éventuels remblais, par le complexe morainique würmien (Stade de la Bourbre).

D'après le contexte géographique et la Banque de Données du Sous-Sol du BRGM, le site n'est a priori pas le siège d'une nappe à faible profondeur (< 10 m).

### 2.4. Risques naturels

Sismique (décret n°2010-1255 du 22/10/2010) :

La commune de La Verpillière (38) est située en zone de sismicité 3 (aléa modéré).

L'ouvrage concerné par la présente étude est de classe IV. Dans ces conditions, l'application des prescriptions parasismiques particulières de l'Eurocode 8 est obligatoire. La classe du bâtiment devra être confirmée par le maître d'ouvrage.

Inondation :

D'après le site de prévention des risques majeurs « georisques.gouv », trois arrêtés de reconnaissance de catastrophe naturelle ont été pris sur la commune de La Verpillière (38) entre 1982 et 1983 suite à des inondations et des coulées de boue.

D'après le site du BRGM « Inondations nappes », le site est classé en zone de sensibilité faible vis-à-vis des risques de remontée de nappe.

Mouvements de terrain :

D'après le site de prévention des risques majeurs « georisques.gouv », un arrêté de reconnaissance de catastrophe naturelle a été pris sur la commune de La Verpillière (38) en 1983 suite à un glissement de terrain.

Retrait gonflement des sols argileux :

D'après le site du BRGM « infoterre.fr », le site est classé en zone d'aléa faible vis-à-vis du risque de retrait gonflement des sols.



## 2.5. Description du projet

Il est prévu la construction d'un bâtiment pour deux salles HTA de type RdC sur sous-sol semi-enterré (2.0 m de hauteur environ) de dimensions 11 m x 5 m (type pas 800). Une dalle de transition semi-périphérique à usage de cheminement et livraison est prévue au Sud et sur les côtés du bâtiment projeté pour la jonction entre l'existant et le projet.

Le niveau altimétrique de référence (+ 0.00 m) pris pour le poste source existant est celui du RdC du bâtiment existant contenant les cellules HTA actuelles. Dans la présente étude, nous avons pris comme référence altimétrique le pied du poteau Nord du portail du poste électrique. D'après le plan de masse de l'existant (cf. § 1.4 - Documents de référence), cette référence est calée à - 2.00 m/+ 0.00.

Dans ces conditions, les niveaux bas du bâtiment projeté seront a priori calés de la manière suivante :

- RdC salles HTA à - 1.78 m/ + 0.00, soit sensiblement sur le niveau du terrain actuel côté poste existant ;
- sous-sol salles HTA semi-enterré (2.0 m de hauteur) à - 3.78 m/+ 0.00.

A noter que le niveau intermédiaire (au Nord du futur bâtiment) calé à - 2.78 m/+ 0.00 n'est pas à proprement parler un niveau bas du bâtiment, mais correspond sensiblement au niveau du terrain actuel de la parcelle existante.

Le futur bâtiment présente les avoisinants suivants :

- poteaux du mur de clôture Nord du poste électrique existant à environ 3.0 m du bâtiment projeté ;
- fosses maçonnées de traitement des eaux venant des transformateurs à environ 1.5 m du bâtiment projeté ;
- mur intérieur des condos à environ 2.0 m du projet ;
- talus avals du chemin des Moines et de la rue Joseph Perrotin/chemin de Bret, situés respectivement au Nord et à l'Est du site (cf. Photos 3 et 4).

Les terrassements suivants seront à prévoir :

- en déblais de l'ordre de 1.0 m de hauteur seront à prévoir pour la réalisation du sous-sol semi-enterré ; dans ces conditions, les terres seront maintenues à l'abri de talus adaptés ;
- en légers remblais (< 1.0 m) au niveau de la dalle de transition au droit de la façade Sud ;
- en reprofilage de site (+/- 0.5 m) à l'arrière du bâtiment projeté, au Nord.



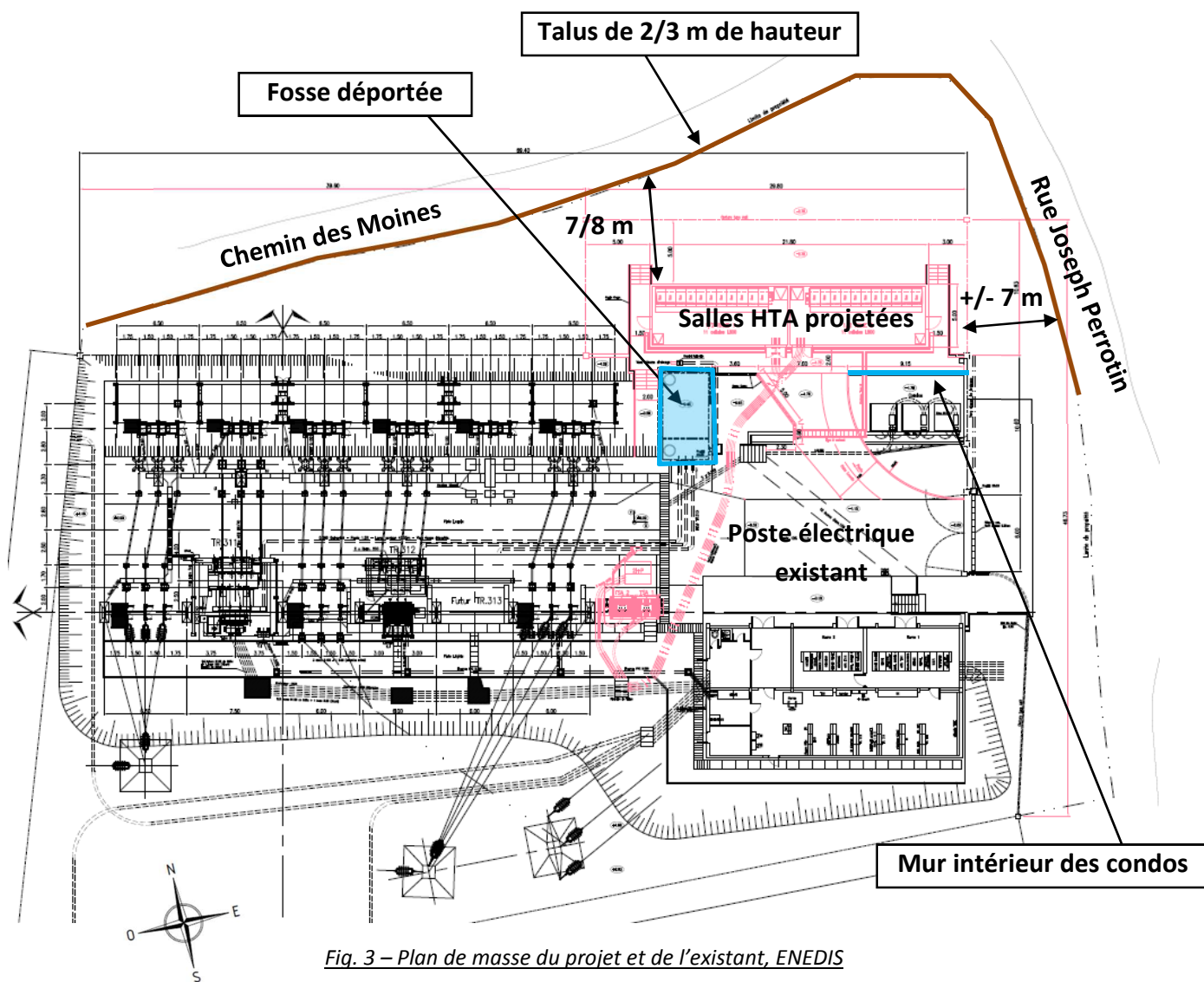


Fig. 3 – Plan de masse du projet et de l'existant, ENEDIS



### 3. RESULTATS DES INVESTIGATIONS

#### 3.1. Nivellement

La position des sondages et du repère topographique figure sur le plan d'implantation des sondages en Annexe 3. L'implantation a été réalisée au mieux des conditions d'accès, de la précision des plans remis pour la campagne de reconnaissance et de la présence des réseaux enterrés et aériens.

Les points de sondages ont été nivelés en prenant comme référence le pied du poteau du portail d'entrée du poste électrique (cf. Plan d'implantation des sondages). Nous avons appliqué à ce point la cote de 100.00 m NI (Nivellement indépendant).

| Sondage     | SP1   | SP2   | PU1   | PU2   | PU3   | PU4   | RF1   |
|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Cote (m NI) | 99.40 | 98.91 | 99.33 | 98.93 | 98.42 | 98.90 | 99.17 |

#### 3.2. Lithologie

Les coupes des sondages sont jointes en Annexe 3. Les profondeurs citées dans le présent rapport ont été mesurées par rapport au niveau du terrain tel qu'il était lors de nos interventions (juin 2018).

Les sondages ont permis d'établir la coupe lithologique suivante :

##### Formation 1 : terrains de couverture

Terre végétale limono-sableuse brune rencontrée sur une faible épaisseur : 30 à 40 cm.

##### Formation 2 : limons +/- sablo-argileux

Cette formation est composée de limons sableux bruns et de limons +/- argilo-sableux à galets ocre rougeâtre. Elle a été reconnue au droit des sondages jusqu'à une profondeur comprise entre 1.1 et > 1.7 m/TA. Sa compacité n'a pas pu être mesurée.

##### Formation 3 : graves +/- sablo-argileuses

Cette formation est composée de graves +/- sablo-argileuses beige gris à passées ocre rougeâtre. Elle a été reconnue jusqu'au terme des sondages entre 1.7 et 10.0 m/TA et présente de bonnes caractéristiques géomécaniques.



### 3.3. Stabilité des parois

Lors de la réalisation des reconnaissances de fondation et des sondages à la pelle mécanique, la tenue des parois de fouille s'est avérée être bonne dans les limons +/- sablo-argileux (formation 2) et moyenne dans les graves +/- sablo-argileuses (formation 3).

### 3.4. Caractéristiques géomécaniques

Les caractéristiques géomécaniques des formations sont reportées dans le tableau suivant :

| Formation                       | Prof. toit<br>(m/TA) | Pression limite $p_l^*$ (MPa) |      | Module pressiométrique $E_M$ (MPa) |      |
|---------------------------------|----------------------|-------------------------------|------|------------------------------------|------|
|                                 |                      | Mini                          | Maxi | Mini                               | Maxi |
| 2 - limons +/- sablo-argileux   | 0.3 à 0.4            | -                             |      | -                                  |      |
| 3 - graves +/- sablo-argileuses | 1.1 à > 1.7          | 2.83                          | 3.39 | 28.2                               | 89.1 |

### 3.5. Hydrogéologie

Aucun niveau d'eau n'a été rencontré au droit des sondages descendus entre 1.7 et 10.0 m/TA, au moment des investigations (juin 2018).

Toutefois, il est toujours possible de rencontrer des circulations d'eau ponctuelles et aléatoires qui n'auraient pas été interceptées au droit des sondages, notamment à la faveur de périodes de précipitations.

#### Remarque importante :

*Le niveau piézométrique d'une nappe est directement influencé par les conditions météorologiques, l'environnement et la perméabilité de l'aquifère. Ce qui peut se traduire par des remontées lors des périodes d'apport ou au contraire conduire à des baisses à la suite de périodes déficitaires.*

### 3.6. Essais de laboratoire

Une série d'essais en laboratoire a été réalisée pour déterminer les caractéristiques des terrains au droit des sondages RF1 et PU3.



Le tableau suivant présente les principaux résultats des essais en laboratoire :

| Sondage | Formation                       | Prof.<br>(m/TA) | Analyse granulométrique |                     |                      | Teneur<br>en eau<br>(%) | VBS<br>(g de bleu /<br>100g de sol) | Classe<br>GTR |
|---------|---------------------------------|-----------------|-------------------------|---------------------|----------------------|-------------------------|-------------------------------------|---------------|
|         |                                 |                 | % passant<br>à 80 µm    | % passant<br>à 2 mm | % passant<br>à 50 mm |                         |                                     |               |
| RF1     | 2 - limons +/- sablo-argileux   | 0.8 à 1.7       | 65.2                    | 87.7                | -                    | 17.55                   | 1.88                                | A1            |
| PU3     | 3 - graves +/- sablo-argileuses | 1.7 à 2.5       | 6.4                     | 23.9                | 81.6                 | 1.68                    | 0.20                                | C1B4          |

Conformément à la classification GTR 2000, les limons +/- sablo-argileux (formation 2) ont été classés A1 et les graves +/- sablo-argileuses (formation 3) en C1B4. Ces sols sont sensibles à l'eau pour leur fraction fine.

Les procès-verbaux des résultats des essais en laboratoire sont présentés en Annexe 4.

### 3.7. Fondations mitoyennes

Afin de déterminer la géométrie des fondations mitoyennes existantes et leurs niveaux d'assise, une reconnaissance de fondation (RF1) a été réalisée au niveau d'un poteau du mur de clôture Nord du poste existant.

Les fondations des ouvrages présentent les caractéristiques suivantes :

| Sondage  | RF1                           |
|--|-------------------------------|
| Ouvrage concerné                                       | Poteau du mur de clôture Nord |
| Type de fondation                                      | Massif ponctuel en gros béton |
| Profondeur de la base de la fondation (m/TA)           | 0.30                          |
| Cote de la base de la fondation (m NI)                 | 98.87                         |
| Débord de la fondation par rapport au nu du poteau (m) | 0.05                          |
| Epaisseur de la fondation (m)                          | 0.30                          |
| Nature du sol d'assise                                 | 2 - limons +/- sablo-argileux |

La coupe schématique et les photos de la reconnaissance sont présentées en Annexe 3.





### 3.8. Données parasismiques réglementaire

Selon la norme EC8, les principales données parasismiques déduites des reconnaissances effectuées dans le cadre de cette étude sont les suivantes :

| Données parasismiques réglementaires |  |
|--------------------------------------|--|
| Zone de sismicité                    | Zone 3 – aléa modéré                     |
| Catégorie du bâtiment                | IV (à confirmer par le maître d'ouvrage) |
| Accélération                         | $a_{gr} = 1.1 \text{ m/s}^2$             |
| Classe de sol                        | B  |
| Coefficient de sol S                 | 1.35                                     |
| Coefficient d'importance $Y_I$       | 1.4 (pour un bâtiment de classe IV)      |

La classe du bâtiment devra être confirmée par le maître d'ouvrage.



## 4. SYNTHÈSE

Rappelons que le projet concerne la construction de salles HTA de type RdC sur sous-sol semi-enterré.

Compte tenu de notre nivellement et du recalage altimétrique par rapport à la référence du poste existant, les niveaux finis du projet seront calés de la façon suivante :

- RdC : - 1.78 m/+ 0.00, soit à 100.22 m NI ;
- sous-sol semi-enterré : - 3.78 m/+ 0.00, soit à 98.22 m NI.

Des terrassements en déblais de l'ordre de 1.0 m de hauteur seront à prévoir pour la réalisation du sous-sol. Les terres seront maintenues à l'abri de talus adaptés. Des terrassements en légers remblais (< 1.0 m) au Sud et en profil rasant au Nord du futur bâtiment seront également à prévoir.

### Contexte géotechnique :

- terre végétale (formation 1) sur une faible épaisseur ;
- limons +/- sablo-argileux (formation 2), classés GTR A1, jusqu'à 1.1 à > 1.7 m/TA ;
- graves +/- sablo-argileuses (formation 3), classées GTR C1B4, de bonnes caractéristiques géomécaniques au-delà ;
- aucun niveau d'eau reconnu au droit des sondages descendus entre 1.7 et 10.0 m/TA, lors des investigations (juin 2018) ;
- zone de sismicité 3.

### Éléments importants à prendre en compte pour le projet :

- site du projet en légère pente vers le Nord ;
- présence de talus avoisinants : au Nord, talus d'environ 2.5/3.0 m de hauteur à environ 7/8 m de distance du projet et à l'Est à environ 7.0 m de distance du projet ;
- fosse déportée et mur intérieur des condos avoisinants au projet :  $\leq 2.0$  m en projection horizontale ;
- projet avec sous-sol semi-enterré.

### Orientations à prendre en compte pour le projet :

Compte tenu des éléments précédents (avoisinants/mitoyennetés, lithologie), de la nature et des caractéristiques du projet, on pourra s'orienter vers les solutions suivantes :

- fondations superficielles ancrées uniformément dans les graves +/- sablo-argileuses (formation 3) sous réserve de respecter les conditions de mitoyenneté ;
- niveau bas du sous-sol traité en dallage sur terre-plein à condition de préparer soigneusement la plateforme et de mettre une couche de forme.



## 5. PRECONISATIONS POUR L'AVANT-PROJET

### 5.1. Terrassements généraux

#### 5.1.1. Principe

Compte tenu du calage du projet, le projet impliquera la réalisation des terrassements en déblais sur une hauteur de l'ordre de 1.0 m.

Les terrassements recouperont les formations suivantes : la terre végétale (formation 1), les limons +/- sablo-argileux (formation 2) et les graves +/- sablo-argileuses (formation 3).

Au droit du projet, la plateforme se situera soit dans les limons +/- sablo-argileux (formation 2), soit dans les graves +/- sablo-argileuses (formation 3).

Les terrassements ne devraient a priori pas recouper de venues d'eau importantes.

#### 5.1.2. Conditions de terrassement

Les terrassements dans les terrains du site (formations 1, 2 et 3) ne présenteront pas de difficultés particulières et pourront être réalisés avec une pelle de moyenne puissance.

Les terrains du site (formation 2 notamment) sont sensibles à l'eau. Il est donc recommandé de réaliser les terrassements par temps sec pour faciliter la circulation des engins de chantier.

Il est important de noter la mauvaise tenue des terrains dans les graves +/- sablo-argileuses (formation 3). Dans ces conditions, il conviendra de prévoir des dispositifs de blindage des fouilles le cas échéant lors de la réalisation des fondations.

#### 5.1.3. Drainage en phase chantier

En principe, les terrassements ne devraient pas recouper le niveau de la nappe.

Toutefois, compte tenu de la sensibilité à l'eau des sols du site (formations 2 et 3), il est recommandé de drainer la plateforme pour la protéger contre les eaux de ruissellement et d'infiltration dès le démarrage des travaux et de prévoir des dispositifs d'évacuation des eaux (tranchées drainantes amont, cunettes, pentes avec collecte et évacuation des eaux vers un exutoire adapté...).

Toutes les dispositions seront prises pour garder la plateforme au sec.





---

#### 5.1.4. Préparation de la plateforme du dallage

Après décapage de la terre végétale (formation 1), il conviendra de purger les éléments suivants sur toute leur épaisseur au droit des ouvrages :

- les éventuels remblais et matériaux évolutifs ;
- les éventuelles poches de matériaux médiocres, foisonnés ou décomprimés.

Le rattrapage éventuel des cotes du projet devra être réalisé avec des matériaux granulaires, bien graduées, non gélifs, insensibles à l'eau (matériaux type D3, R21, R61, ou équivalent) et soigneusement compactés.

Les terrains en place sont sensibles à l'eau, il est donc recommandé de :

- réaliser les terrassements en situation météorologique favorable ;
- terrasser la dernière couche en rétro sans faire évoluer d'engins sur la pleine masse ;
- régler la plateforme avec des pentes suffisantes pour faciliter l'évacuation des eaux pluviales vers un exutoire adapté ;
- mettre en place la couche de forme à l'avancement des terrassements ;
- protéger la plateforme des intempéries (fermeture rapide, protection avec bâches en polyane, ...).

À tout moment du chantier, toutes les dispositions seront prises pour que les voies d'accès et la plateforme restent au sec.

---

#### 5.1.5. Talutages

Il est rappelé que des terrassements en déblais seront à prévoir au droit du projet.

En première approche, hors d'eau et hors mitoyenneté, et pour des talus d'une hauteur inférieure à 3.0 m, les pentes maximales des talus provisoires des terrassements en déblais seront les suivantes :

- 1H/1V (1 Horizontal pour 1 Vertical) dans les limons +/- sablo-argileux (formations 2).
- 3H/2V (3 Horizontal pour 2 Vertical) dans les graves +/- sablo-argileuses (formation 3).

Les pentes des talus provisoires pourront être à adapter en fonction des matériaux rencontrés et de la tenue réelle des fouilles.

En phase provisoire, les dispositions suivantes devront être respectées :

- collecter les eaux en amont des talus (cunettes en crêtes de talus ...) et les évacuer vers un exutoire adapté ;
- éviter tout dépôt de matériel ou circulation d'engins de chantier en crêtes de talus (notamment pour les talus provisoires comme pour les talus existants) ;



- protéger les talus provisoires des intempéries par des bâches en polyane soigneusement fixées ;
- garder une banquette minimale de 2.0 m entre la tête des talus et les avoisinants (notamment à proximité des talus aval Nord et Est).

Les pentes des talus provisoires devront absolument être validées en phase projet lors d'une mission de type G2 PRO lorsque les terrassements seront mieux identifiés.

Dans le cas où les pentes des talus ne pourraient pas être respectées (en présence de mitoyens et/ou d'avoisinants notamment), en cas de déstabilisation des talus, et pour une hauteur supérieure à 3.0 m, un ouvrage de soutènement pourra être à prévoir.

#### 5.1.6. Avoisinants

Il est rappelé la proximité du projet avec les parties du mur de clôture non démoli, la fosse déportée, le mur intérieur des condos et avec les talus aval Nord et Est de la parcelle concernée par le projet.

La base des massifs du mur de clôture a été reconnue à 0.3 m/TA (98.87 m NI). Les fondations de la fosse déportée et du mur intérieur des condos n'ont pas pu être reconnus compte tenu de la présence des existants.

Lors de la réalisation du sous-sol du bâtiment, on veillera à ne pas déchausser les fondations existantes. Toutes les précautions seront prises pour éviter les désordres sur les fondations existantes tant en phase provisoire qu'en phase définitive.

## **5.2. Niveau bas du sous-sol**

### 5.2.1. Principe

Il est rappelé que les niveaux bas seront calés de la manière suivante :

- RdC à - 1.78 m/+ 0.00, soit à 100.22 m NI environ ;
- sous-sol semi-enterré à - 3.78 m/+ 0.00, soit à 98.22 m NI environ.

Le niveau bas du sous-sol pourra être traité en dallage sur terre-plein sous réserve de préparer soigneusement la plateforme (cf. chapitre 5.1.4) et de mettre en place une couche de forme. Le dallage sera conçu et réalisé conformément au DTU 13.3.

### 5.2.2. Structure du dallage

La structure du dallage sera réalisée de la manière suivante :

- purge et substitution des zones décomprimées ou détériorées par les engins de chantier ;
- pose d'un géotextile anticontaminant ;



- mise en œuvre d'une couche de forme d'au minimum 30 cm d'épaisseur en matériaux d'apport type 0/80 mm ;
- mise en œuvre d'une couche de réglage d'au minimum 10 cm d'épaisseur en matériaux d'apport type 0/31.5 mm ;
- compactage de la plateforme à 95 % de l'optimum Proctor Normal (OPN) avec des engins adaptés.

Ces valeurs sont valables en conditions météorologiques favorables.

La structure du dallage devra être réalisée en matériaux granulaires, durs, non gélifs, bien triés, insensibles à l'eau (matériaux type D3, R21, R61, ou équivalent) et soigneusement compactés.

### 5.2.3. Hypothèse de dimensionnement

Les hypothèses à retenir pour le dimensionnement du dallage sont les suivantes :

| Formation                     | Epaisseur (m) | $\alpha$ | Module $E_s$ (MPa) |
|-------------------------------|---------------|----------|--------------------|
| 2 - limons +/- sablo-argileux | 0.7 à 1.4     | 1/2      | 5 (estimé)         |
| 3 - graves sablo-argileuses   | > 0.7 à 8.9   | 1/3      | 180                |

### 5.2.4. Estimation des tassements

Les tassements du dallage peuvent être évalués à partir des essais pressiométriques grâce à la relation suivante :

$$S = \frac{\alpha \times q \times h}{E_M}$$

Avec :

$S$  : Tassement (m) ;

$\alpha$  : coefficient rhéologique du sol ;

$h$  : hauteur de sol déformable (m) ;

$q$  : contrainte appliquée sur le sol ( $t/m^2$ ) ;

$E_M$  : Module pressiométrique du sol ( $t/m^2$ ).

Pour des surcharges d'exploitation de  $1 t/m^2$ , et pour autant que les conditions de sols et d'eau rencontrées soient en accord avec les hypothèses retenues, le tassement maximum du dallage sera inférieur à 1 cm.

Ces déformations sous charges devront impérativement être vérifiées en phase projet lors d'une mission de type G2 PRO en fonction des surcharges d'exploitation du dallage et des niveaux des terrassements.

### 5.2.5. Contrôle

Les couches de fondation seront réceptionnées par essais de chargement à la plaque (selon le mode opératoire du LCPC).



Les critères de réception à atteindre sont les suivants :

- $K_w > 50 \text{ MPa/m}$  ;
- $EV2 > 50 \text{ MPa}$  ;
- $EV2 / EV1 < 2$ .

### 5.3. Fondations

#### 5.3.1. Principe

Compte tenu des caractéristiques du projet, le bâtiment pourra être fondé par l'intermédiaire de fondations superficielles, filantes ou isolées, descendues dans les graves sablo-argileuses (formation 3) rencontrées à partir de 1.1 à > 1.7 m/TA.

Les fondations du bâtiment devront respecter les critères suivants :

- un ancrage minimum de 0.3 m dans le sol support (formation 3) ;
- encastrement minimum de 0.8 m par rapport à la plus proche surface exposée aux intempéries (condition de mise hors gel des fondations) ;
- les conditions de mitoyenneté (cf. chapitre 5.6).

#### 5.3.2. Méthodologie pour le dimensionnement des fondations

La justification par calcul des fondations superficielles sera établie selon les dispositions relatives au calcul des fondations superficielles aux ELS et ELU (Etats Limites de Service et Etats Limites Ultimes) suivant les recommandations de l'Eurocode 7 (NF P 94-261).

##### Portance

La vérification de l'état-limite de portance s'effectue en satisfaisant l'inégalité suivante pour tous les cas de charge et de combinaisons de charge aux états limites ultimes et de services :

$$V_d - R_0 \leq R_{v,d} \quad [NF P 94-261 - \text{formule 9.1.1}]$$

Avec :

$V_d$  : composante verticale de la charge transmise par la fondation superficielle au terrain ;

$R_0 = A \cdot q_0$  avec  $A$ , la surface de la semelle et  $q_0$ , la contrainte totale verticale à la base de la fondation après travaux en faisant abstraction de celle-ci ;

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



Pour une fondation superficielle,  $R_{v;d}$  se détermine au moyen de la formule suivante :

$$R_{v;d} = \frac{R_{v;k}}{\gamma_{R;v}} \quad \text{Et} \quad R_{v;k} = \frac{A' q_{net}}{\gamma_{R;d;v}} \quad [NF P 94-261 - \text{formule 9.1.3 et 9.1.4}]$$

Au final, on obtient :

$$V_d \leq \frac{A' q_{net}}{\gamma_{R;v} \gamma_{R;d;v}} \quad \text{Avec :}$$

$A'$  : surface effective de la semelle (en fonction de la géométrie de la fondation (cf. NF P 94-261 Annexe Q) ;

$q_{net}$  : contrainte associée à la résistance nette du terrain ;

$\gamma_{R;v}$  : facteur partiel de portance (1.4 à l'ELU fondamental, 1.2 à l'ELU accidentel, 2.3 à l'ELS (cf. NF P 94-261 §D.1(2)) ;

$\gamma_{R;d;v}$  : facteur de résistance partiel (1.2 à l'ELU fondamental, à l'ELU accidentel et à l'ELS (cf. NF P 94-261 §D.1(2)).

Détermination de la contrainte nette du terrain ( $q_{net}$ ) sous les fondations superficielles à partir des essais pressiométriques

$$q_{net} = k_p \cdot p_{le}^* \cdot i_\delta \cdot i_\beta \quad [NF P 94-261 \text{ Equation D.2.1}]$$

Avec :

$k_p$  : facteur de portance ;

$p_{le}^*$  : pression limite nette équivalente ;

$i_\delta$  : coefficient de réduction lié à l'inclinaison du chargement. Ici  $i_\delta = 1$  (charges supposées verticales) ;

$i_\beta$  : coefficient de réduction lié à la proximité d'un talus. Ici,  $i_\beta = 1$  (charges éloignées de tout talus).

### Excentricité

La vérification des excentricités s'effectue en satisfaisant les inégalités données aux paragraphes 9.5 et 13.3 de la norme NF P 94-261 relative aux fondations superficielles.

#### 5.3.3. Contraintes de calcul sous charge verticale centrée (Etats limites)

D'après les différentes vérifications présentées ci-dessus, il vient, dans le cas du projet étudié, que les conditions à satisfaire sont :

Graves sablo-argileuses (formation 3) :

- $V_d$  ELU Accidentelles /  $A' < i_\delta \cdot i_\beta \cdot 570 \text{ kPa}$  ;
- $V_d$  ELU Fondamental /  $A' < i_\delta \cdot i_\beta \cdot 490 \text{ kPa}$  ;
- $V_d$  ELS Quasi Permanent et Caractéristique /  $A' < i_\delta \cdot i_\beta \cdot 300 \text{ kPa}$ .





Avec :

$V_d$  : composante verticale de la charge transmise par la fondation superficielle au terrain ;

$A'$  : surface effective de la semelle (en fonction de la géométrie de la fondation : cf. NF P 94-261 Annexe Q).

A titre d'information, pour une charge verticale centrée (sans excentricité), il vient :

| Formation                   | Contraintes de calcul (kPa) |       |             |
|-----------------------------|-----------------------------|-------|-------------|
|                             | ELU A                       | ELU F | ELS QP et C |
| 3 - graves sablo-argileuses | 570                         | 490   | 300         |

Pour rappel, les conditions d'excentricité données au paragraphe 9.5 et 13.3 de la norme NF P 94-261 relative aux fondations superficielles devront également être satisfaites.

#### 5.3.4. Estimation des tassements

Conformément aux recommandations de l'EC7, les tassements ont été estimés avec la formule Ménard à partir des résultats des essais pressiométriques.

Pour des contraintes verticales centrées de l'ordre de celle données aux ELS (300 kPa), et pour autant que les conditions de sols et d'eau rencontrées soient en accord avec les hypothèses retenues, les tassements ne devraient pas dépasser le centimètre.

#### 5.3.5. Recommandations pour les fondations

Les dispositions constructives suivantes devront être respectées :

- réaliser des fondations de largeur minimum 0.5 m pour des semelles filantes, 0.7 pour des semelles isolées ;
- régler horizontalement le fond de fouille ;
- contrôler la qualité et l'homogénéité du fond de fouille ;
- purger les éventuelles poches de matériaux médiocres, foisonnés ou décomprimés et les substituer par du gros béton ;
- couler pleine fouille les fondations immédiatement après ouverture de manière à limiter la durée d'exposition aux intempéries et éviter la décompression des terrains ;
- prévoir des blindages provisoires dans le cas où la tenue des parois des fouilles au travers des graves sablo-argileuses (formation 3) serait précaire ;
- mettre en place des joints de construction (y compris au niveau des fondations) entre les parties d'un même bâtiment présentant des descentes de charge et/ou un mode de fondations hétérogène et entre le bâtiment et les ouvrages mitoyens le cas échéant ;



- respecter les règles du PS 92 concernant les fondations assises à des niveaux décalés ou à proximité de talus (pente de 3 pour 1 entre les fondations) ; cette remarque est valable notamment entre les fondations à créer et celles existantes (ouvrages avoisinants).

#### 5.3.6. Murs enterrés

Les murs enterrés devront être dimensionnés pour reprendre la poussée des terres et les poussées dues aux éventuelles surcharges.

Ils devront également présenter une étanchéité relative et un système de drainage sur toute leur hauteur reliée à un drain de pied avec la mise en place d'un exutoire pérenne en aval du projet.

### 5.4. Avoisinants

Il est rappelé les éléments suivants :

- fondations du projet descendues dans les graves sablo-argileuses (formation 3) rencontrées à partir de 1.1 à > 1.7 m/TA ;
- poteaux du mur de clôture mitoyen fondés par l'intermédiaire de massifs isolés descendus dans les limons sablo-argileux (formation 2) à 0.3 m/TA avec un débord de 0.05 m environ ;
- fondations des autres ouvrages avoisinants (fosse déportée et mur intérieur des condos) non reconnues ;
- talus aval au Nord et à l'Est du projet.

#### Cas des ouvrages avoisinants :

Compte tenu de la présence d'un sous-sol semi-enterré au droit du bâtiment projeté, les fondations du projet, prévue vers 2.5/3.0 m/TA, seront descendues à une profondeur plus importante que les fondations existantes des poteaux du mur de clôture Nord dont l'assise a été reconnue à 0.3 m/TA (98.87 m/NI) et vraisemblablement des fondations du mur intérieur des condos. Dans ces conditions, il conviendra :

- soit de respecter un espacement minimum de 3.0 m entre les fondations (condition de mitoyenneté du PS92 - cf. § 5.3.5) ;
- soit de reprendre en sous-œuvre les ouvrages avoisinants jusqu'au même niveau que les fondations du projet (vers 1.5/2.0 m/TA) ;
- soit de concevoir les murs du sous-sol afin de reprendre les poussées supplémentaires dues aux massifs du mur de clôture (à la charge du BET Structures).

Concernant la fondation de la fosse déportée (a priori sur radier), il est rappelé qu'elle n'a pas pu être reconnue en phase avant-projet compte des accès et des existants. Dans ces conditions, il conviendra en phase travaux



#### Cas des talus avoisinants :

Dans ce cas, les fondations du projet devront respecter un espacement minimum de 3.0 m entre les fondations et les têtes du talus (condition de mitoyenneté du PS92). Compte tenu des distances des talus vis-à-vis des nus des murs Nord et Est du projet, cette condition sera vérifiée dans le cadre du projet.

Les dispositions vis-à-vis des mitoyennetés devront être affinées et éventuellement dimensionnées en phase G2 PRO dans la suite du projet. Dans tous les cas, en particulier au moment de la réalisation des terrassements et des fondations du projet, toutes les précautions seront prises pour éviter les désordres sur les fondations existantes tant en phase provisoire qu'en phase définitive.

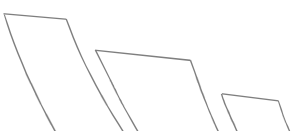
### **5.5. Drainage et remblaiement périphériques**

Pour la pérennité de l'ouvrage, il est conseillé de protéger toutes les parties enterrées contre les infiltrations d'eau au moyen d'un dispositif drainant (ex. : drains périphériques réalisés selon les règles de l'art).

Le drainage et le remblaiement périphériques seront réalisés suivant les recommandations du DTU 20.1. Le drainage périphérique devra faire l'objet d'un entretien régulier pour assurer son bon fonctionnement dans le temps.

Le remblaiement à l'arrière des murs enterrés devra être réalisé avec des matériaux granulaires, bien gradués, drainants et soigneusement compactés (sables et graviers sans fines) avec récupération et évacuation des eaux pluviales vers un exutoire adapté.

En phase travaux/chantier, il conviendra de vérifier la perméabilité des terrains du site (formations 2 et 3) par la réalisation d'essais d'infiltration au droit du fond de forme afin de déterminer s'il est nécessaire de prévoir un drainage de ce dernier sous le dallage.



## 6. OBSERVATIONS

Cette étude a été réalisée au stade de l'avant-projet (mission G2 AVP). Nous rappelons que conformément à la norme NF P 94 500 de novembre 2013 sur les missions d'ingénierie géotechnique, des études complémentaires doivent être réalisées au stade du projet et de l'exécution pour une analyse détaillée des ouvrages géotechniques.

Au stade du projet (mission G2 PRO), il conviendra notamment de :

- valider les pentes des talus provisoires ;
- préciser le dimensionnement des fondations aux différents états limites et les calculs des déformations sous charges (tassements) en fonction des sollicitations réelles du projet.

Nous recommandons par ailleurs de confier au géotechnicien une mission de suivi géotechnique d'exécution (mission type G4 - phase travaux) pour notamment :

- réceptionner les fonds de fouille des fondations ;
- vérifier la perméabilité des terrains du site au droit du fond de forme ;
- reconnaître les fondations des avoisinants non reconnus en phase avant-projet ;
- vérifier et valider la portance de la plateforme du dallage ;
- vérifier l'exécution des éventuels ouvrages de soutènement provisoires.



## **Annexe 1**

---

### **Extrait de la norme NF P 94 500**





### Extrait de la Norme NF P 94-500 – Novembre 2013

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

#### ÉTAPE 1 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE PRÉALABLE (G1)

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

Elle comprend deux phases :

##### Phase Étude de Site (ES)

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

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

##### Phase Principes Généraux de Construction (PGC)

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

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

#### ÉTAPE 2 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE DE CONCEPTION (G2)

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

##### Phase Avant-projet (AVP)

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

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

##### Phase Projet (PRO)

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

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

##### Phase DCE / ACT

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

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



- Assister éventuellement le maître d'ouvrage pour la sélection des entreprises, analyser les offres techniques, participer à la finalisation des pièces techniques des contrats de travaux.

### ÉTAPE 3 : ÉTUDES GÉOTECHNIQUES DE RÉALISATION (G3 et G 4, distinctes et simultanées) ÉTUDE ET SUIVI GÉOTECHNIQUES D'EXECUTION (G3)

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

G2 DCE/ACT. Elle comprend deux phases interactives :

#### Phase Étude

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

#### Phase Suivi

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

### SUPERVISION GÉOTECHNIQUE D'EXECUTION (G4)

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

#### Phase Supervision de l'étude d'exécution

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

#### Phase Supervision du suivi d'exécution

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

### DIAGNOSTIC GÉOTECHNIQUE (G5)

Pendant le déroulement d'un projet ou au cours de la vie d'un ouvrage, il peut être nécessaire de procéder, de façon strictement limitative, à l'étude d'un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques, dans le cadre d'une mission ponctuelle.

Ce diagnostic géotechnique précise l'influence de cet ou ces éléments géotechniques sur les risques géotechniques identifiés ainsi que leurs conséquences possibles pour le projet ou l'ouvrage existant.

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



---

## **Annexe 2**

### **Conditions particulières**



## CONDITIONS PARTICULIERES

Le présent rapport ou procès-verbal ainsi que toutes annexes constituent un ensemble indissociable.

La société ECR ENVIRONNEMENT serait dégagée de toute responsabilité dans le cas d'une mauvaise utilisation de toute communication ou reproduction partielle de ce document, sans accord écrit préalable. En particulier, il ne s'applique qu'aux ouvrages décrits et uniquement à ces derniers.

Si en l'absence de plans précis des ouvrages projetés, nous avons été amenés dans le présent rapport à faire une ou des hypothèses sur le projet, il appartient à notre client ou à son maître d'œuvre de communiquer par écrit à la société ECR ENVIRONNEMENT ses observations éventuelles sans quoi, il ne pourrait en aucun cas et pour aucune raison nous être reproché d'avoir établi notre étude pour le projet que nous avons décrit.

Cette étude est basée sur des reconnaissances dont le caractère ponctuel ne permet pas de s'affranchir des aléas des milieux naturels, et ne peut prétendre traduire le comportement du sol dans son intégralité.

Ainsi, tout élément nouveau mis en évidence lors de l'exécution des fondations ou de leurs travaux préparatoires et n'ayant pu être détecté lors de la reconnaissance des sols (ex. : remblais anciens ou nouveaux, cavités, hétérogénéités localisées, venue d'eau, etc.) doit être signalé à ECR ENVIRONNEMENT qui pourra reconsidérer tout ou une partie du rapport. Pour ces raisons, et sauf stipulation contraire explicite de notre part, l'utilisation de nos résultats pour chiffrer à forfait le coût de tout ou une partie des ouvrages d'infrastructure ne saurait en aucun cas engager notre responsabilité.

De même, des changements concernant l'implantation, la conception ou l'importance des ouvrages par rapport aux hypothèses de base de cette étude, peuvent conduire à modifier les conclusions et prescriptions du rapport et doivent être portés à la connaissance d'ECR ENVIRONNEMENT.

La société ECR ENVIRONNEMENT ne saurait être rendue responsable des modifications apportées à son étude que dans le cas où elle aurait donné son accord écrit sur lesdites modifications.

Les altitudes indiquées pour chaque sondage (qu'il s'agisse de cote de références rattachées à un repère arbitraire ou de cotes NGF) ne sont données qu'à titre indicatif. Seules font foi les profondeurs mesurées depuis le sommet des sondages et comptées à partir du niveau du sol au moment de la réalisation des essais. Pour que ces altitudes soient garanties, il convient qu'elles soient relevées par un Géomètre-Expert. Il en va de même pour l'implantation des sondages sur le terrain.



---

## **Annexe 3**

### **Résultats des investigations**



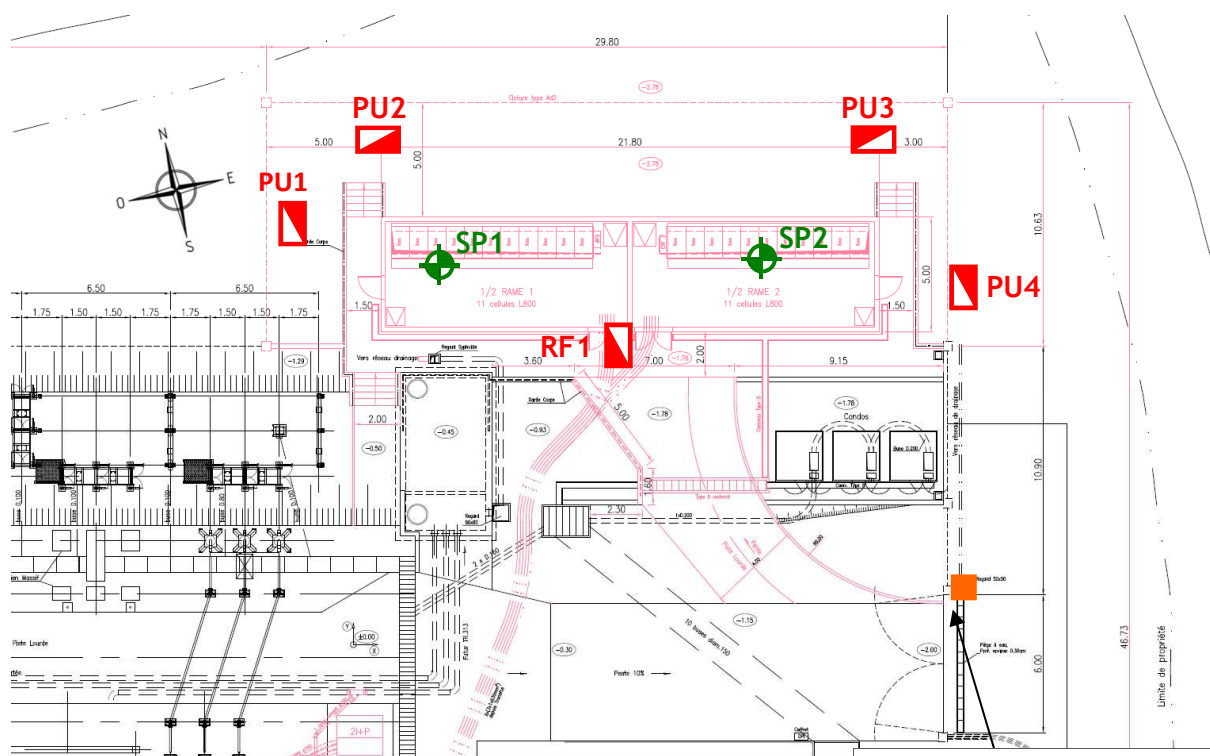


## PLAN D'IMPLANTATION DES SONDAGES

**Affaire :** PS La Verpillière (38) – Construction de salles HTA

**Client :** ENEDIS

**N° Dossier :** 6901660



Référence nivellement :  
pied du poteau Nord du portail  
d'entrée à 100.00 m NI

### Légende :

Sondages pressiométriques (SP) :

Sondages à la pelle (PU) et reconnaissance de fondation (RF) :

Référence du nivellement (m NI) :



## Poste source de La Verpillière (38)

Contrat 6901660

## Construction de salles HTA

ENEDIS

Date début : 13/06/2018

Cote NI : 99.40 m

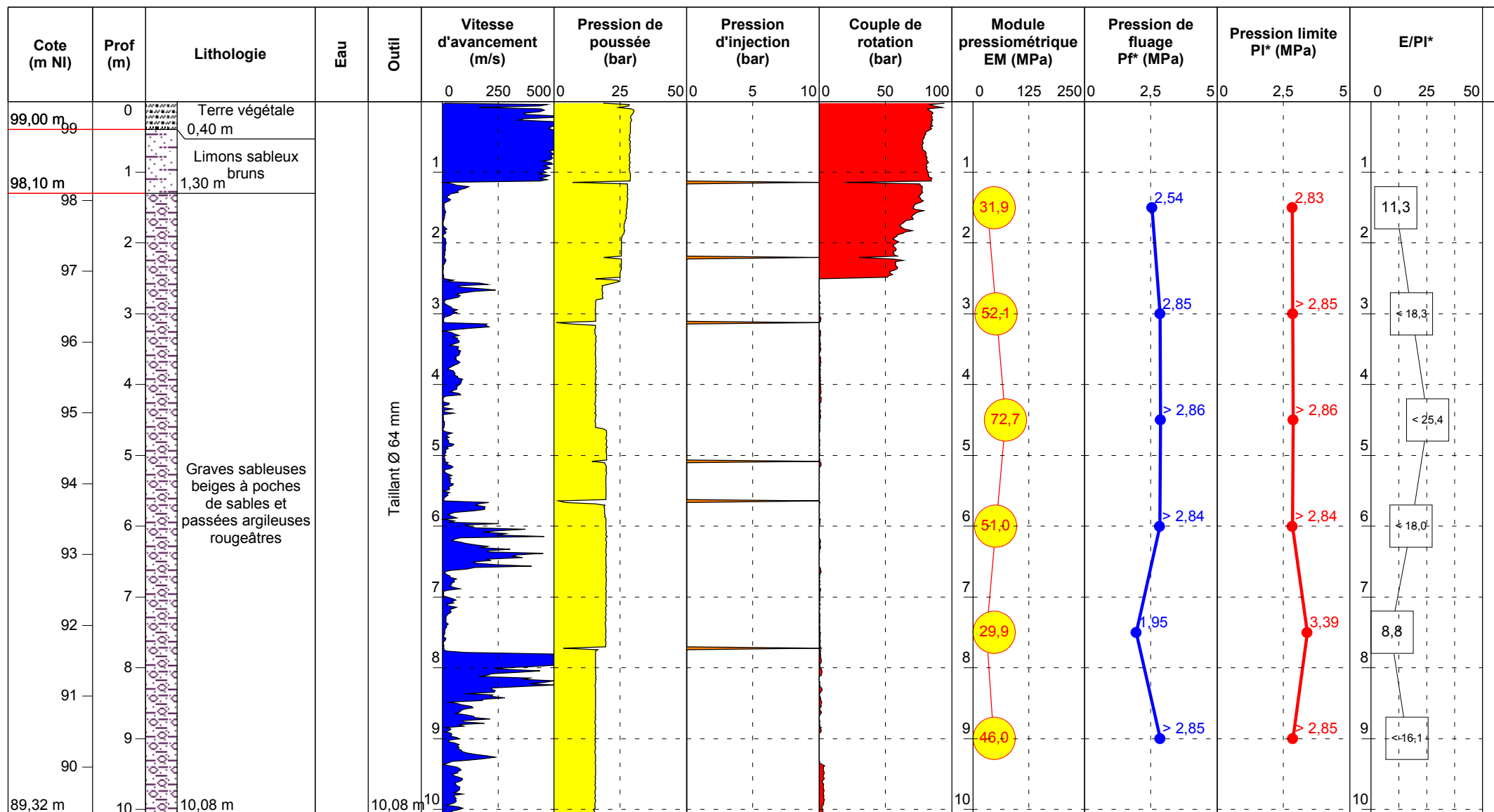
Profondeur : 0,00 - 10,08 m

Machine : Ecofore 402

1/75

## Forage : SP1

EXGTE 3.19/LUT3EPF506FR





Poste source de La Verpillière (38)

Contrat 6901660

Construction de salles HTA

ENEDIS

Date début : 13/06/2018

Cote NI : 98.91 m

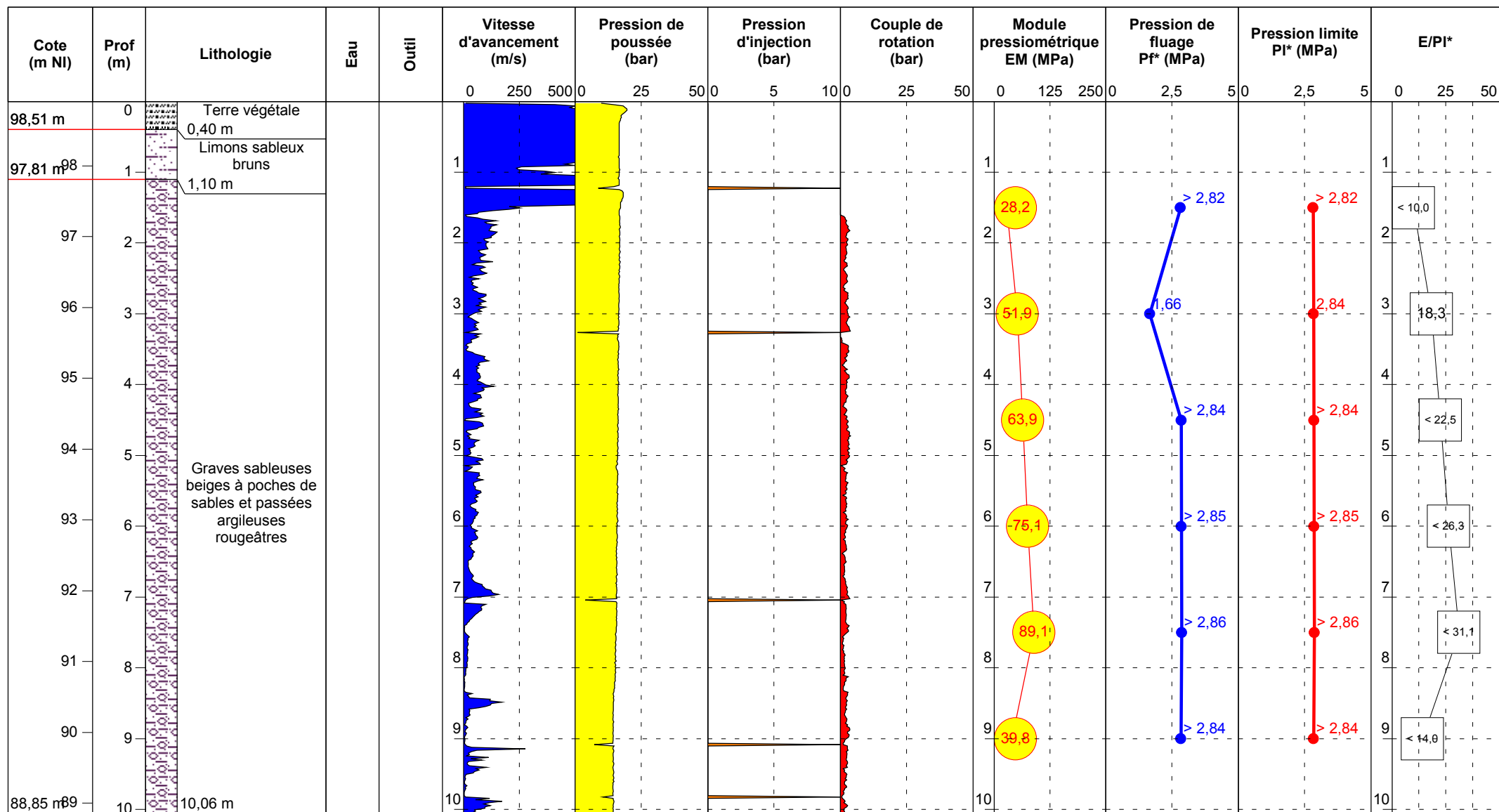
Profondeur : 0,00 - 10,06 m

Machine : Ecofore 402

1/75

Forage : SP2

EXGTE 3.19/LUT3EPF506FR





**Poste source de La Verpillière (38)**  
**Construction de salles HTA**  
**ENEDIS**

(Contrat 6901660)

Date début : 19/06/2018

Cote NI : 99.33 m



Profondeur : 0,00 - 2,80 m

Machine : Mini-pelle 5 t

1/25

**Forage : PU1**

EXGTE 3.19/GTE

| Cote<br>(m NI) | Prof.<br>(m) | Lithologie  | Eau | Outil  | Photos  |
|----------------|--------------|---|-----|--------|---|
| 99,03 m        | 0            | Terre végétale limono-argilo-sableuse brune                                   |     |        |  |
| 99             |              | 0,30 m  |     |        |   |
| 98,53 m        |              | Limons argilo-sableux bruns à galets  |     |        |  |
|                |              | 0,80 m  |     |        |   |
| 98             | 1            | Limons argilo-sablo-graveleux rougeâtre rouille                               |     |        |   |
| 97,73 m        |              | 1,60 m  |     |        |   |
| 97,03 m        | 2            | Graves sablo-argileuses rougeâtre rouille (galets : Dmax 10 cm)               |     |        |   |
| 97             |              | 2,30 m  |     |        |   |
| 96,53 m        |              | Graves sableuses beige gris (galets : Dmax 10 cm)<br>Tenue de fouille moyenne |     | 2,80 m |   |

Mini-pelle 5 t



**Poste source de La Verpillière (38)**  
**Construction de salles HTA**  
**ENEDIS**

(Contrat 6901660)

Date début : 19/06/2018

Cote NI : 98.93 m


Profondeur : 0,00 - 2,50 m

Machine : Mini-pelle 5 t

1/25

**Forage : PU2**

EXGTE 3.19/GTE

| Cote<br>(m NI) | Prof.<br>(m) | Lithologie   | Eau | Outil          | Photos  |
|----------------|--------------|--|-----|----------------|---|
| 98,63 m        | 0            | Terre végétale limono-sableuse brune<br>0,30 m   |     |                |  |
| 98             | 1            | Limons sablo-graveleux bruns<br>1,60 m   |     | Mini-pelle 5 t |   |
| 97,33 m        | 2            | Graves sableuses brun beige<br>(galets : Dmax 20 cm)<br>Tenue de fouille moyenne<br>2,50 m |     | 2,50 m         |   |





**Poste source de La Verpillière (38)**  
**Construction de salles HTA**  
**ENEDIS**

(Contrat 6901660)

Date début : 19/06/2018

Cote NI : 98.42 m



Profondeur : 0,00 - 2,50 m

Machine : Mini-pelle 5 t

1/25

**Forage : PU3**

EXGTE 3.19/GTE

| Cote<br>(m NI) | Prof.<br>(m) | Lithologie   | Eau | Outil          | Photos   |
|----------------|--------------|--|-----|----------------|--|
| 98,12 m        | 0            | Terre végétale limono-sableuse brune<br>0,30 m                         |     |                |   |
| 98             | 1            | Limons sablo-argilo-graveleux bruns<br>(galets : Dmax 15 cm)<br>1,70 m |     | Mini-pelle 5 t |  |
| 96,72 m        | 2            | Graves sableuses beige brun<br>(galets : Dmax 20 cm)<br>2,50 m         |     | 2,50 m         |  |



**Poste source de La Verpillière (38)**  
**Construction de salles HTA**  
**ENEDIS**

(Contrat 6901660)

Date début : 19/06/2018

Cote NI : 98.90 m



Profondeur : 0,00 - 3,10 m

Machine : Mini-pelle 5 t

1/25

**Forage : PU4**

EXGTE 3.19/GTE

| Cote<br>(m NI)      | Prof.<br>(m) | Lithologie  | Eau | Outil                    | Photos  |
|---------------------|--------------|---|-----|--------------------------|---|
| 98,50 m             | 0            | Terre végétale limono-sableuse brune<br>0,40 m                                      |     |                          |  |
| 98,10 m             |              | Limons argilo-sablo-graveleux bruns<br>(galets : Dmax 10 cm)<br>0,80 m              |     |                          |   |
| 98<br>97,60 m       | 1            | Limons sablo-argilo-graveleux rougeâtre<br>ocre (galets : Dmax 10 cm)<br>1,30 m     |     |                          |   |
| 97<br>96<br>95,80 m | 2<br>3       | Graves sableuses grises<br>(galets et blocs +/- émoussés : Dmax 40<br>cm)<br>3,10 m |     | Mini-pelle 5 t<br>3,10 m |  |



# Reconnaissance de fondation RF1

(Mur de clôture Nord - Pilier)

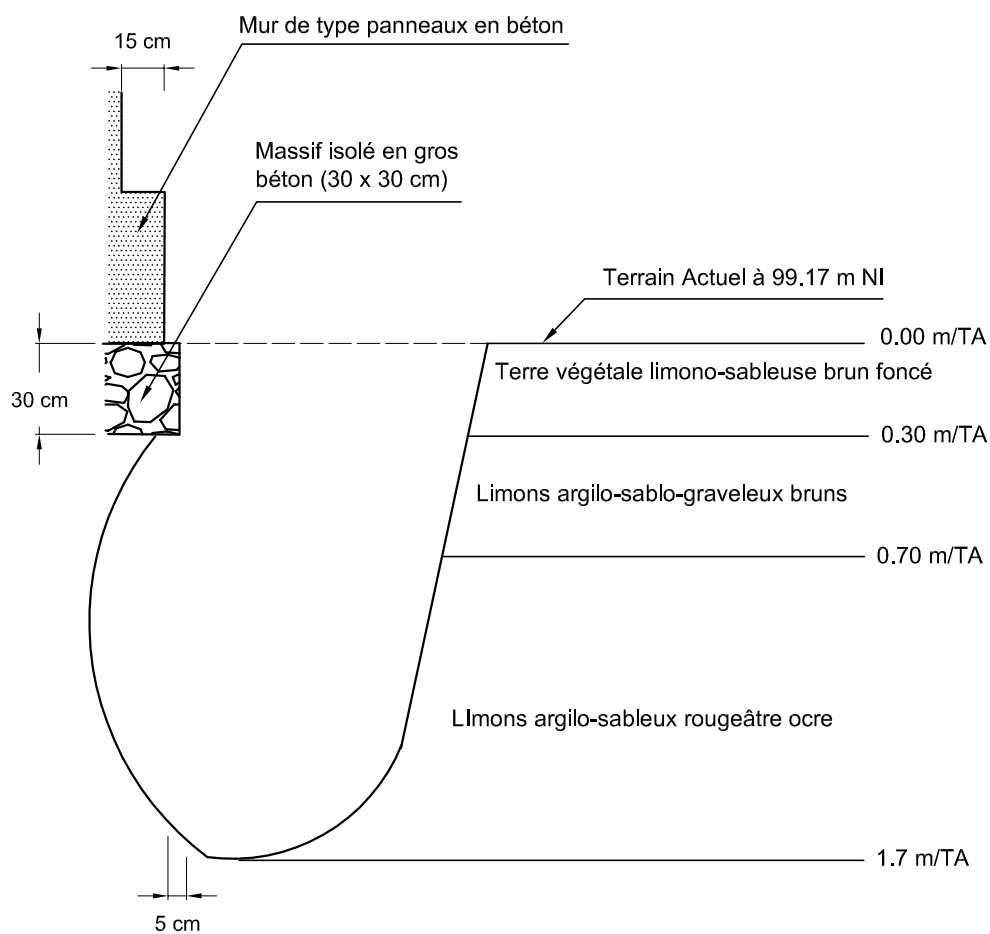


**Affaire :** PS La Verpillière (38) - Construction de salles HTA

**Client :** ENEDIS

**N°dossier :** 6901660 - **Date :** 19/06/2018

**Vue en coupe - Echelle 1/25**



---

## **Annexe 4**

### **Procès-verbaux des essais en laboratoire**



| Informations générales |                  |                       | Informations sur l'échantillon |               |                                      |
|------------------------|------------------|-----------------------|--------------------------------|---------------|--------------------------------------|
| Dossier n°:            | 69010660         | Mode de prélèvement:  | pelle                          | Sondage n°:   | RF1                                  |
| Chantier:              | Verpillière      | Date de prélèvement:  | -                              | Profondeur:   | 0,8-1,7m                             |
| client:                | ECRenvironnement | Mode de conservation: | sac                            | Date d'essai: | 21/06/2018                           |
| Ouvrage:               | -                | N° d'identification:  | 272                            | Description:  | Limon légèrement graveleux<br>marron |
|                        |                  | Date de réception:    | 21/06/2018                     |               |                                      |

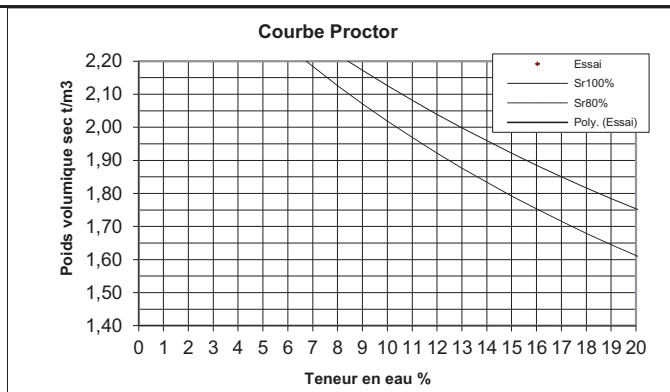
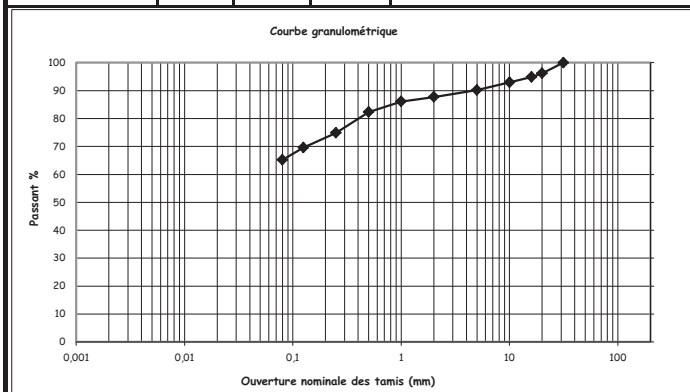
| 1 - Granulométrie suivant NF P 94-056 |     |     |    |    |    |       |      |      |      |      |      |      |      |      |       |      |
|---------------------------------------|-----|-----|----|----|----|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|------|
| Ouverture tamis mm                    | 120 | 100 | 80 | 63 | 50 | 31,5  | 20   | 16   | 10   | 5    | 2    | 1    | 0,5  | 0,25 | 0,125 | 0,08 |
| %passant sur 0/D                      |     |     |    |    |    | 100,0 | 96,2 | 94,9 | 92,9 | 90,2 | 87,7 | 86,1 | 82,3 | 74,9 | 69,5  | 65,2 |
| %passant sur 0/50mm                   |     |     |    |    |    |       |      |      |      |      |      |      |      |      |       |      |

| 2 - Teneur en eau suivant NF P 94-050 |       |   | 3 - Valeur au bleu suivant NF P 94-068 |      |                    | 4 - Limites d'Atterberg suivant NF P 94-051+ 052-1 |  |  |
|---------------------------------------|-------|---|--|------|--------------------|--|--|--|
| W =                                   | 17,55 | % | VBS =                                  | 1,88 | g de bleu/100g sol | WL% =  |  |  |
|                                       |       |   |  |      |                    | Wp% =  |  |  |
|                                       |       |   |  |      |                    | IP =   |  |  |
|                                       |       |   |  |      |                    | Ic =   |  |  |

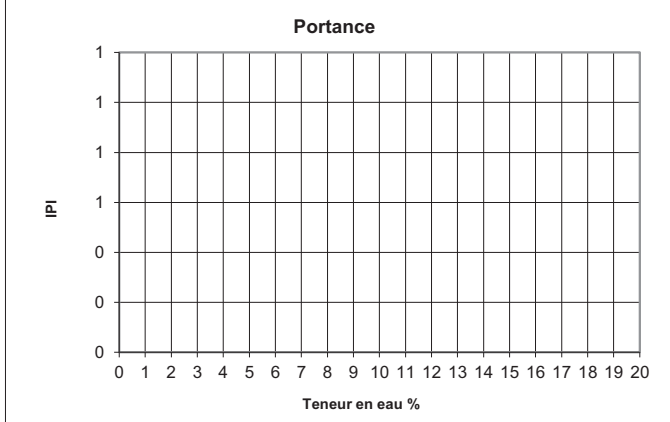
| 5 - Teneur CaCO3 suivant NF-P 94-048 |   |  | 6 - Friabilité des sables suivant P 18-576 |   |  | 7 - LA/MDE suivant NF EN P1097-1 et 2 |   |   |
|--------------------------------------|---|--|--|---|--|---------------------------------------|---|---|
| CaCO3                                | % |  | FS   | % |  | LA =                                  | % |   |
|                                      |   |  |  |   |  | MDE                                   |   | % |

| 8- Essai Proctor normal suivant NF P 94-093 sur fraction 0/20 |                              |         |          |                                 |         |  |
|---|------------------------------|---------|----------|---------------------------------|---------|--|
|   | Point 1                      | Point 2 | Point 3  | Point 4                         | Point 5 |  |
| Teneur en eau   | W%                           |         |          |                                 |         |  |
| Poids vol sec   | $\rho_d$ (t/m <sup>3</sup> ) |         |          |                                 |         |  |
| Résultats   |                              | Brut    | Corrigé* | proportion 20/D=                |         |  |
|   | W%                           |         |          | Masse vol des particules du sol |         |  |
|   | $\rho_d$ (t/m <sup>3</sup> ) |         |          | $\rho_s = 2,7$ t/m3 (estimé)    |         |  |

| 9- Portances suivant NF P 94-078 |         |         |         |         |         |
|----------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|
|                                  | Point 1 | Point 2 | Point 3 | Point 4 | Point 5 |
| Teneur en eau %                  |         |         |         |         |         |
| IPI                              |         |         |         |         |         |
| CBR immersion                    |         |         |         |         |         |
| Gonflement G %                   |         |         |         |         |         |



| Observations :                          |  |
|---|--|
| Le responsable des essais<br>J.COLOVRAY |  |
|   |  |
| Classe du matériau<br>A1                |  |



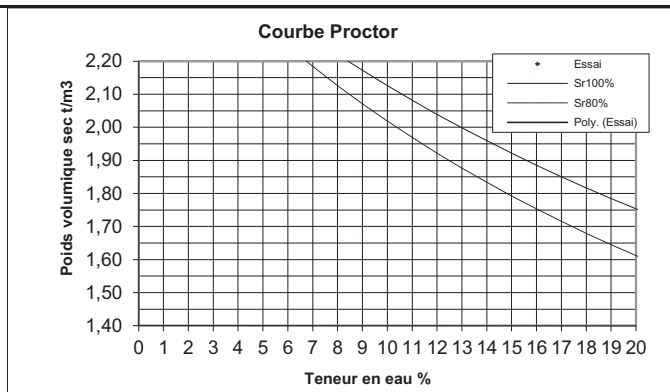
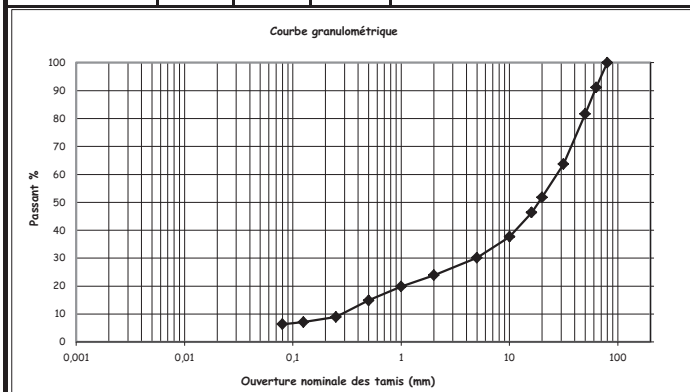
| Informations générales |                  | Informations sur l'échantillon |                |
|------------------------|------------------|--------------------------------|----------------|
| Dossier n°:            | 69010660         | Mode de prélèvement:           | pelle          |
| Chantier :             | Verpillière      | Date de prélèvement:           | -              |
| client :               | ECRenvironnement | Mode de conservation :         | sac            |
| Ouvrage :              | -                | N° d'identification :          | 273            |
|                        |                  | Date de réception :            | 21/06/2018     |
|                        |                  | Sondage n° :                   | PU3            |
|                        |                  | Profondeur :                   | 1,7-2,5m       |
|                        |                  | Date d'essai :                 | 21/06/2018     |
|                        |                  | Description :                  | Grave sableuse |
|                        |                  | visuelle                       |                |

| 1 - Granulométrie suivant NF P 94-056 |     |     |       |      |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |       |      |
|---------------------------------------|-----|-----|-------|------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|------|
| Ouverture tamis mm                    | 120 | 100 | 80    | 63   | 50    | 31,5 | 20   | 16   | 10   | 5    | 2    | 1    | 0,5  | 0,25 | 0,125 | 0,08 |
| %passant sur 0/D                      |     |     | 100,0 | 91,1 | 81,6  | 63,7 | 51,8 | 46,4 | 37,7 | 30,2 | 23,9 | 19,8 | 14,9 | 9,0  | 7,1   | 6,4  |
| %passant sur 0/50mm                   |     |     |       |      | 100,0 | 78,0 | 63,5 | 56,8 | 46,1 | 37,0 | 29,3 | 24,3 | 18,2 | 11,0 | 8,7   | 7,8  |

| 2 - Teneur en eau suivant NF P 94-050 |        | 3 - Valeur au bleu suivant NF P 94-068 |                         | 4 - Limites d'Atterberg suivant NF P 94-051+ 052-1 |  |       |  |
|---------------------------------------|--------|--|-------------------------|--|--|-------|--|
| W =                                   | 1,68 % | VBS =                                  | 0,20 g de bleu/100g sol | WI% =  |  | Wp% = |  |
|                                       |        |  |                         | IP =   |  | Ic =  |  |

| 5 - Teneur CaCO3 suivant NF-P 94-048 |   | 6 - Friabilité des sables suivant P 18-576 |   | 7 - LA/MDE suivant NF EN P1097-1 et 2 |   |     |   |
|--------------------------------------|---|--|---|---------------------------------------|---|-----|---|
| CaCO3                                | % | FS   | % | LA =                                  | % | MDE | % |

| 8- Essai Proctor normal suivant NF P 94-093 sur fraction 0/20 |                              |         |          |                                 |         |  | 9- Portances suivant NF P 94-078 |         |         |         |         |         |
|---|------------------------------|---------|----------|---------------------------------|---------|--|----------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|
|   | Point 1                      | Point 2 | Point 3  | Point 4                         | Point 5 |  |                                  | Point 1 | Point 2 | Point 3 | Point 4 | Point 5 |
| Teneur en eau   | W%                           |         |          |                                 |         |  | Teneur en eau %                  |         |         |         |         |         |
| Poids vol sec   | $\rho_d$ (t/m <sup>3</sup> ) |         |          |                                 |         |  | IPI                              |         |         |         |         |         |
| Résultats   |                              | Brut    | Corrigé* | proportion 20/D=                |         |  | CBR immersion                    |         |         |         |         |         |
|   | W%                           |         |          | Masse vol des particules du sol |         |  | Gonflement G %                   |         |         |         |         |         |
|   | $\rho_d$ (t/m <sup>3</sup> ) |         |          | $\rho_s = 2,7$ t/m3 (estimé)    |         |  |                                  |         |         |         |         |         |



| Observations :                          |  |
|---|--|
| Le responsable des essais<br>J.COLOVRAY |  |
| Classe du matériau<br>C1B4              |  |

