HYDROGEOTECHNIQUE NORD ET OUEST

INGENIERIE GEOTECHNIQUE, GEOLOGIQUE, HYDROGEOLOGIQUE ET HYDROLOGIQUE
APPLIQUEE AUX BATIMENTS, GENIE-CIVIL, INFRASTRUCTURES ET A L'ENVIRONNEMENT.
SONDAGES – ESSAIS DE SOLS IN SITU ET EN LABORATOIRE

RENNES METROPOLE

Déchetterie

SAINT ERBLON (35)

RAPPORT D'ÉTUDE GÉOTECHNIQUE

Mission G2-AVP

Dossier n°	Indice	Date	Rédigé par :	Vérifié par :	Approuvé par :
C.16.32063	0	03/01/2017	Agathe Fontaine	Matthias Ferreira	Matthias Ferreira

Le présent rapport et ses annexes constituent un tout indissociable

Direction Régionale Bretagne
ZAC du Chêne Vert, 7 rue de la Barberais, 35650 LE RHEU – Tél. 02.99.26.17.44 - Fax 02.99.26.17.45
e-mail : bretagne@hydrogeotechnique.com

SARL au capital de 60 980 Euros – Site : www.hydrogeotechnique.com - Qualifications OPQIBI : 1001 – 1002 – 1106 – 1201
SIEGE SOCIAL : 28 / 30 avenue Jacques Anquetil, BP 90226, 95192 GOUSSAINVILLE CEDEX - R.C.S. Pontoise B 440 317 717 – SIRET 440 317 717 00013 - APE 71.12.B TVA FR 82 440 317 717 - TVA SUR ENCAISSEMENTS

SOMMAIRE

1. INTRODUCTION 5

1.1. MISSIONS 5

1.2. RÉFÉRENTIELS 7

1.3. DESCRIPTION DU PROJET AU STADE DE NOTRE MISSION 8

2. ÉTUDE GÉOTECHNIQUE PRÉLIMINAIRE DE SITE MISSION G1-ES 11

2.1. CONTEXTE SITOLOGIQUE ET HISTORIQUE 11

2.2. CONTEXTE GÉOLOGIQUE 15

2.3. CONTEXTE HYDROGÉOLOGIQUE 15

2.4. RISQUES NATURELS 16

2.4.1. Remontées de nappes 16

2.4.2. Risque inondation 17

2.4.3. Les phénomènes de retrait-gonflement des sols argileux 17

2.4.4. Base de données des cavités souterraines 18

2.4.5. Risque de glissement de terrain 18

2.5. SISMICITÉ 18

2.6. BASE DE DONNÉES DES ANCIENS SITES INDUSTRIELS ET ACTIVITÉS DE SERVICE 19

3. PROGRAMME SPÉCIFIQUE D'INVESTIGATIONS MIS EN ŒUVRE 20

3.1. PROGRAMME SPÉCIFIQUE 20

3.2. IMPLANTATION ET CALAGE ALTIMÉTRIQUE 21

4. RÉSULTATS DES INVESTIGATIONS ET INTERPRÉTATION MISSION G2-AVP22

4.1. LITHOLOGIE ET CARACTÉRISTIQUES GÉOTECHNIQUES 22

4.2. HYDROGÉOLOGIE 27

4.3. CONDITION SISMIQUE 29

5. SYNTHÈSE DES DONNÉES DE SOL ET ALÉAS GÉOTECHNIQUES – MISSION G2-AVP 30

5.1. SYNTHÈSE DES DONNÉES GÉOTECHNIQUES 30

5.2. ALÉAS 31

5.2.1. La géologie 31

5.2.2. La nature des matériaux 31

5.2.3. L'hydrogéologie 31

5.2.4. L'environnement et l'historique du site 32

5.2.5. Les risques naturels 32

6. PRINCIPES GÉNÉRAUX DE CONSTRUCTION – MISSION G2-AVP 33

7. PRINCIPES GÉNÉRAUX DE CONSTRUCTION – MISSION G2-AVP 34

7.1. TRAFICABILITÉ 34
7.2. TERRASSEMENTS 34
7.3. RÉEMPLOI 36
7.4. STABILITÉ DES TALUS DE DÉBLAIS 37
7.5. PLATEFORME HAUTE 38
7.5.1. Réalisation de la plateforme haute 38
7.5.2. Estimation des tassements 39
7.6. DISPOSITIFS D'ASSAINISSEMENT ET DE DRAINAGE 41

8. ÉBAUCHE DIMENSIONNELLE DE LA SOLUTION DE FONDATION SUR SEMELLES FILANTES DES MURS DE QUAIS – MISSION G2-AVP 42
8.1. NIVEAU D'ASSISE 42
8.2. RÉSISTANCE ULTIME ET TASSEMENTS 43
8.2.1. Résistance ultime 43
8.2.2. Tassements à partir des essais pressiométriques 44
8.3. SUJÉTIONS 45

9. ÉBAUCHE DIMENSIONNELLE DE LA SOLUTION DE FONDATION SUPERFICIELLE PAR RADIER DES BÂTIMENTS MODULAIRES (LOCAUX DEEE/DDS ET GARDIEN) – MISSION G2-AVP 47
9.1. PRINCIPE 47
9.2. NIVEAU D'ASSISE 47
9.3. RÉSISTANCE ULTIME ET TASSEMENTS 47
9.3.1. Résistance ultime 47
9.3.2. Tassements 48
9.4. MODULE DE RÉACTION SOUS RADIER 48
9.5. SUJÉTIONS D'EXÉCUTION 49

10. ÉBAUCHE DIMENSIONNELLE DE LA SOLUTION DE FONDATIONS SUPERFICIELLES DE LA RECYCLERIE – MISSION G2-AVP 50
10.1. PRINCIPE 50
10.2. NIVEAU D'ASSISE 50
10.3. RÉSISTANCE ULTIME ET TASSEMENTS 51
10.3.1. Résistance ultime 51
10.3.2. Tassements à partir des essais pressiométriques 51
10.4. SUJÉTIONS D'EXÉCUTION 52

11. ÉBAUCHE DIMENSIONNELLE DES ÉPAISSEURS DE COUCHES DE FORME SOUS VOIRIES, DALLES BÉTON ET DALLAGES – MISSION G2-AVP 54
11.1. GÉNÉRALITÉS 54
11.2. PRÉPARATION DES ARASES 55
11.3. COUCHES DE FORME 56

12. POINTS À ÉTUDIER PARTICULIÈREMENT AU STADE G2-PHASE PRO..... 59

ANNEXES..... 61

ANNEXE 1 Plan d'implantation des sondages

ANNEXE 2 Coupes des sondages pressiométriques

ANNEXE 3 Coupes de sondages au tractopelle et pénétrogrammes

ANNEXE 4 Photographies des sondages au tractopelle

ANNEXE 5 Procès-verbaux des essais laboratoire

ANNEXE 6 Missions géotechniques

1. INTRODUCTION

1.1. MISSIONS

À la demande et pour le compte de **RENNES METROPOLE,** la Direction Régionale Bretagne du Bureau d'Études **HYDROGÉOTECHNIQUE NORD & OUEST** a procédé à l'exécution des sondages, essais et études géotechniques préalables à la **construction d'une déchetterie** située sur la commune de **Saint-Erblon (35).**

Cette étude s'inscrit dans le cadre de la norme 94.500 des missions type d'ingénierie géotechnique de l'AFNOR-USG (Novembre 2013), qui suivent les étapes d'élaboration et de réalisation de tout projet, à savoir :

- ✓ ÉTAPE 1 : étude géotechnique préalable (G1)
  - ES : Phase étude de site,
  - PGC : Phase principes généraux de construction,
- ✓ **ÉTAPE 2 : étude géotechnique de conception (G2)**
  - **AVP : Phase avant projet,**
  - PRO : Phase projet,
  - DCE / ACT
- ✓ ÉTAPE 3 : études géotechniques de réalisation
  - Étude et suivi géotechnique d'exécution (G3)
    1) Phase étude,
    2) Phase suivi.
  - Supervision géotechnique d'exécution (G4)
    3) Phase étude,
    4) Phase suivi.
- ✓ Étude d'éléments spécifiques géotechniques
  - Diagnostic géotechnique (G5).

L'étude géotechnique conduite sur le terrain, ainsi que le présent rapport correspondent à la réalisation d'une mission G2-AVP de l'Union Syndicale Géotechnique. Vous trouverez en annexe la classification, le contenu, et le schéma d'enchaînement de ces missions.

Ce rapport a été rédigé par **Agathe Fontaine**, Ingénieur Géotechnicienne diplômée du master « Dynamique terrestre et risques naturels » de l'Université de Montpellier 2, vérifié et approuvé par **Matthias Ferreira**, Ingénieur Géotechnicien, diplômé de l'Ecole Nationale Supérieure de Géologie de Nancy.

Les objectifs de cette étude sont :

- ✓ L'appréhension des caractéristiques géologiques, hydrogéologiques et géotechniques des sols au droit du projet,
- ✓ la présentation des principes généraux de construction des ouvrages géotechniques, à savoir :
  - les points principaux relatifs au terrassement du projet,
  - les fondations envisageables au droit des bâtiments et des murs de quais,
  - la nature et les épaisseurs des matériaux constitutifs de la plateforme et des voiries,
  - les points principaux relatifs au drainage des bâtiments et des voiries,
- ✓ la justification de quelques ébauches dimensionnelles des ouvrages principaux suivant les règles, normes AFNOR ou fascicules,
- ✓ l'examen de quelques exemples types de fondation en précisant les encastrements et les portances.

Notre mission de type G2-AVP fait suite à une première mission de type G1-PGC réalisée en décembre 2015/janvier 2016, référencée C.15.32082. Elle s'arrête à la remise de ce rapport. Elle devra être suivie des missions de type G2-PRO et DCE/ACT, G4. Ponctuellement une mission G5 à définir par la Maîtrise d'œuvre du projet pourra être réalisée. La mission G3 est à la charge de l'entreprise adjudicataire des travaux.

Le caractère de cette étude est strictement de type géotechnique. Les aspects liés à la recherche de pollution éventuelle ou à la caractérisation des ouvrages enterrés et des incidences des vestiges et fouilles archéologiques et à l'étude des dispositifs d'assainissement sont exclus.

1.2. RÉFÉRENTIELS

La campagne de sondages, ainsi que notre étude suivent les normes et documents français et plus particulièrement :

- ✓ Eurocodes 1 – NF-EN-1991-1 (mars 2003),
- ✓ Eurocodes 7 – NF-EN-1997-1 (juin 2005) et NF-EN-1997-2 (septembre 2007),
- ✓ Eurocodes 8 – NF-EN-1998-5 (septembre 2005),
- ✓ Arrêtés du 22 octobre 2010 et du 19 juillet 2011 relatifs à la classification et aux règles de construction parasismique applicables aux bâtiments de la classe dite « à risque normal »,
- ✓ NFP 94-261 : Calcul géotechnique – Fondations superficielles (juin 2013),
- ✓ DTU 13.12 – Règles pour le calcul des fondations superficielles (mars 1988),
- ✓ DTU 13.3 – Conception, calcul et exécution des dallages (mars 2005),
- ✓ Guide technique pour les remblais et les couches de forme (septembre 1992),
- ✓ Normes relatives aux essais in situ.

Pour mener à bien notre mission, les documents suivants nous ont été fournis par le Maître d'Ouvrage :

- ✓ Cahier des charges de l'étude géotechnique, non daté,
- ✓ Un plan topographique au 1/750ème daté du 03/04/2007, avec implantation des sondages souhaités, fourni au stade de la mission G1-PGC,
- ✓ Un rapport d'étude géotechnique de cette parcelle réalisé par l'entreprise GEOSIS en date du 26/06/2000, fourni au stade de la mission G1-PGC,
- ✓ Plan de masse du projet (Esquisse N°3 c), en date du 23/08/2016, échelle 1/500ème, réalisé par le Cabinet Bourgois,
- ✓ Plan de voirie, stade avant-projet, en date du 05/10/2016, échelle 1/500ème, réalisé par le Cabinet Bourgois,
- ✓ Plan des réseaux assainissement eaux usées eaux pluviales, stade avant-projet, en date du 05/10/2016, échelle 1/500ème, réalisé par le Cabinet Bourgois.

Nous disposons aussi du document suivant :

- ✓ Le rapport d'étude géotechnique mission G1-PGC réalisé par nos services, daté du 18/01/2016, numéro d'affaire C.15.32082,
- ✓ Un rapport d'étude géotechnique réalisé par nos services concernant la partie Nord de la parcelle daté du 10/09/2015, numéro d'affaire C.15.32046.

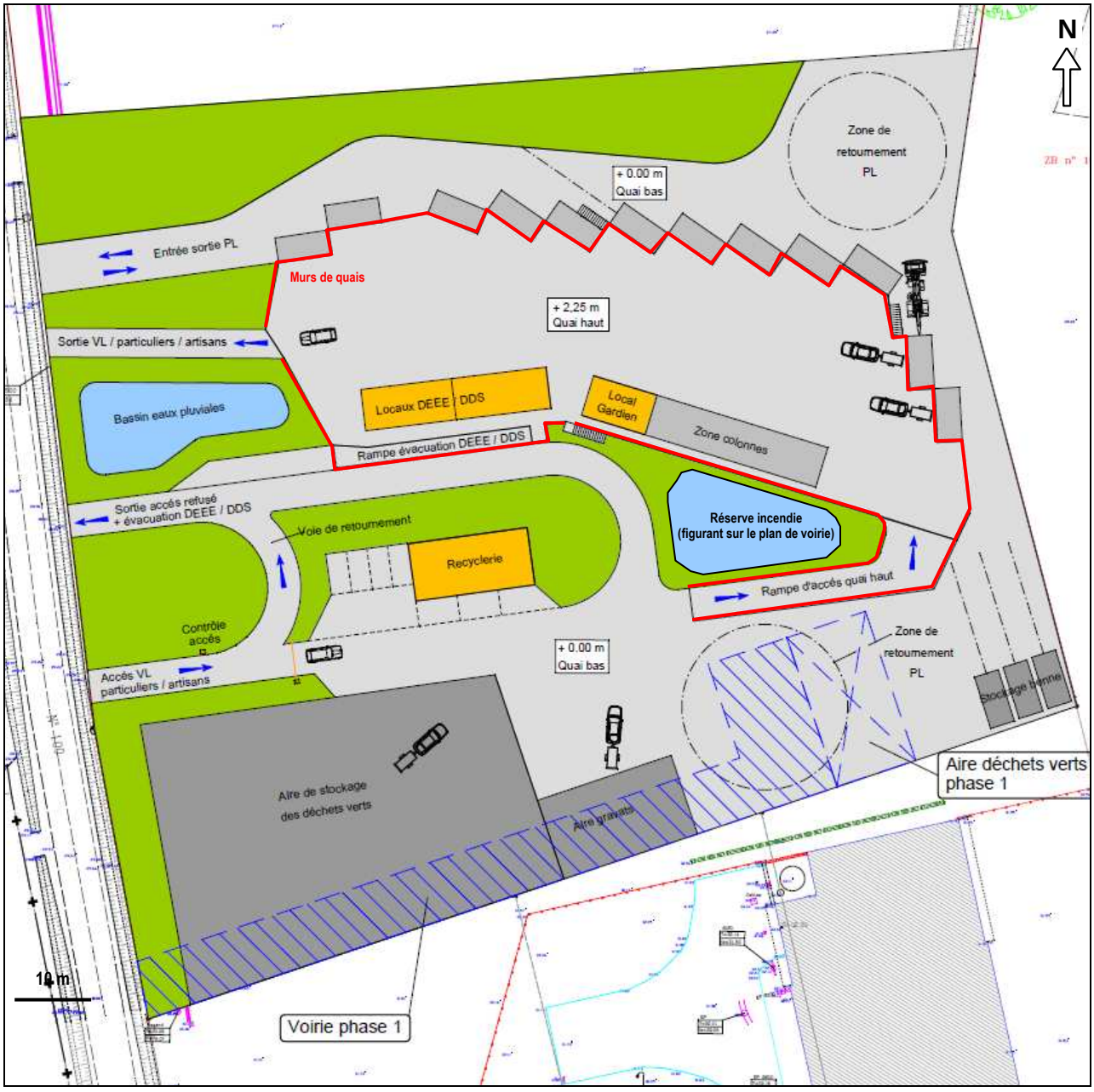
1.3. DESCRIPTION DU PROJET AU STADE DE NOTRE MISSION

Le projet concerne la **construction d'une déchetterie** au lieu-dit « Le Perray », sur la commune de **Saint-Erblon (35).** Le terrain correspond à la parcelle n°102, localisé e le long de la D36 et en bordure de la station d'épuration.

Les principales caractéristiques du projet sont données ci-dessous :

- ✓ Quais bas et hauts : les quais bas seront plus ou moins au niveau du terrain naturel actuel, voire légèrement surélevés par rapport au TN. Il est donc prévu un remblaiement pour les quais hauts, de 2.5m maximum environ. Les murs de quais auront globalement une hauteur de 2.25m,
- ✓ Bassin d'eaux pluviales : cote du fond entre 26.53 et 26.69m NGF, pour un terrain naturel entre 28.16 et 28.57m NGF environ, ce qui implique un talus de l'ordre de 1.6 à 2.0m de haut,
- ✓ Réserve incendie : cote du fond à 25.77m NGF, pour un terrain naturel vers 28.58m NGF environ, ce qui implique un talus d'environ 2.8m de haut,
- ✓ Voiries : elles sont toutes en remblai, plus ou moins important. La différence de cote entre le TN actuel et la cote voirie est d'environ 2.5m maximum. Il y a des voiries lourdes et légères,
- ✓ Dalles béton : il est prévu la construction de dalles béton à vocation d'aire de stockage des déchets verts, des gravats, pour les bennes. Elles seront légèrement surélevées par rapport au terrain naturel actuel (environ 0.3m), pour la partie aire de stockage déchets verts/gravats,
- ✓ Locaux DEEE/DDS et gardien (bâtiments modulaires). Ils sont situés sur les quais hauts.
- ✓ Recyclerie : bâtiment de type industriel.

Un plan de masse du projet et un modèle 3D sont présentés pages suivantes.



Extrait du plan de masse – Esquisse N°3 c, en date du 23/08/2016, échelle initiale 1/500ème

Modèle 3D du projet, sans échelle

D'après les informations fournies par le maître d'ouvrage, le projet étudié est classé en **catégorie géotechnique 2 :**

Catégorie géotechnique *	Classe de conséquence	Conditions de site	Base des justifications
1	CC1	Simples et connues	Expérience et reconnaissance géotechnique qualitative
2	CC1	Complexes	**Reconnaissance géotechnique et calcul**
2	**CC2**	**Simples**	
3	CC2	Complexes	Reconnaissance géotechnique et calculs approfondis
3	CC3	Simples ou complexes	

** Cette classification est à confirmer par le maître d'ouvrage.*

Tous changements d'implantation ou d'importance du projet par rapport aux hypothèses prises lors de l'établissement de ce rapport doivent nous être communiqués et recevoir notre accord par écrit. Ces changements peuvent modifier les conclusions de notre étude.

2. ÉTUDE GÉOTECHNIQUE PRÉLIMINAIRE DE SITE MISSION G1-ES

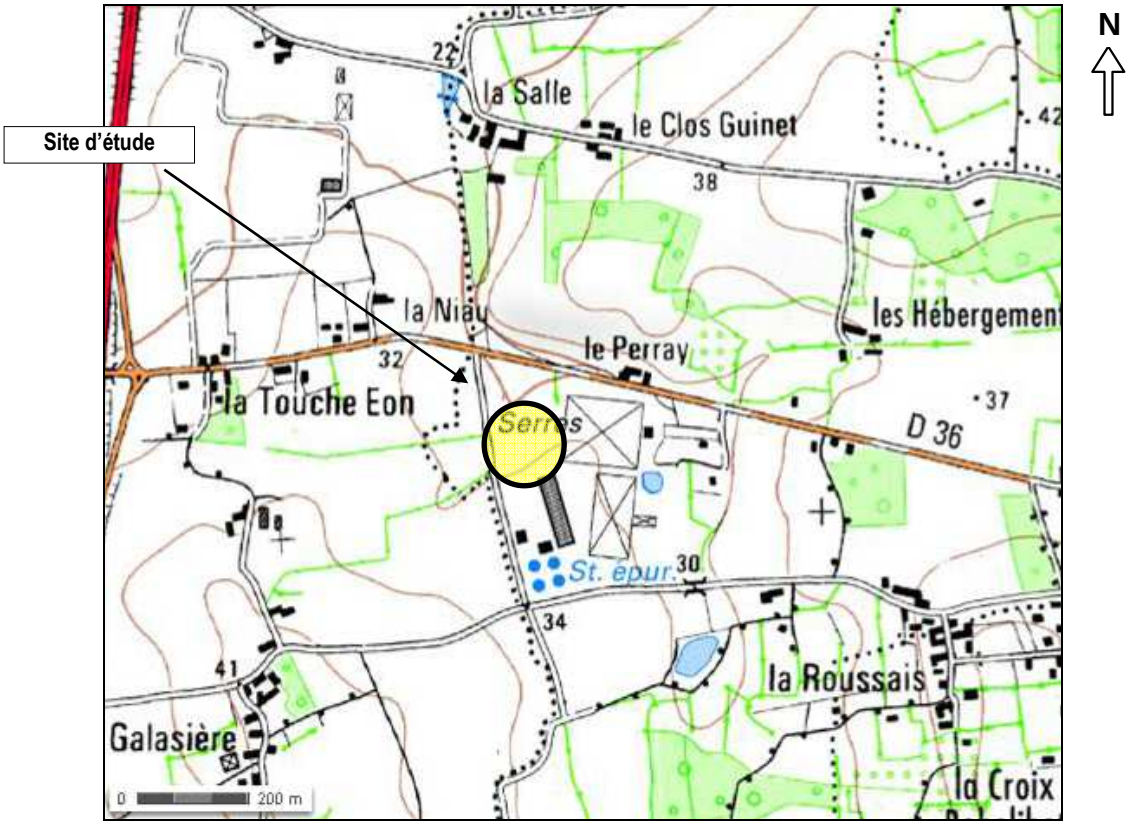
2.1. CONTEXTE SITOLOGIQUE ET HISTORIQUE

Le site est localisé sur la commune de **Saint-Erblon** (**35**), au lieu-dit « Le Perray ». La zone d'étude présente une pente faible en direction du Nord. Le chemin rural n°100 borde le côté Ouest du site. Au Nord-est, un fossé de 1m de profondeur et d'environ 1.80m de large a été noté. Un fossé est également observable plus à l'intérieur de la parcelle, dans le secteur Sud-est. La parcelle est mitoyenne au Sud avec le site de la station d'épuration et des serres.

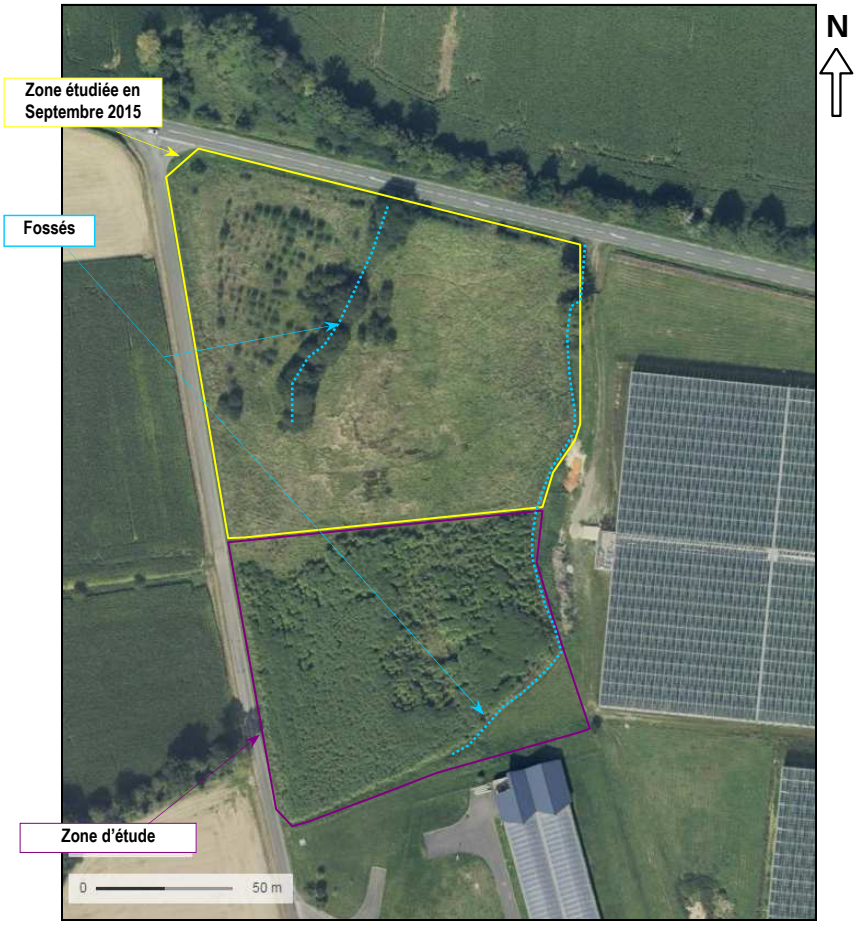
D'après le plan topo fourni :

- ✓ le point le plus haut situé en bordure Sud est calé à la cote NGF 31.27m,
- ✓ le point le plus bas en bordure Nord de la zone étudiée est à la cote NGF 27.64m.

Du Miscanthus géant est actuellement cultivé sur la parcelle (N°102). Cette plante, avec d'importants besoins en eau, peut induire un drainage de la parcelle. Son enracinement peut être important : le rhizome s'installe jusqu'à 25-30cm de profondeur et les racines peuvent descendre jusqu'à plus de 1m. Il s'agit d'une plante non invasive. En revanche, la plante, difficile à détruire, peut poser des problèmes lors d'un changement d'affectation de la parcelle et devenir un adventice.

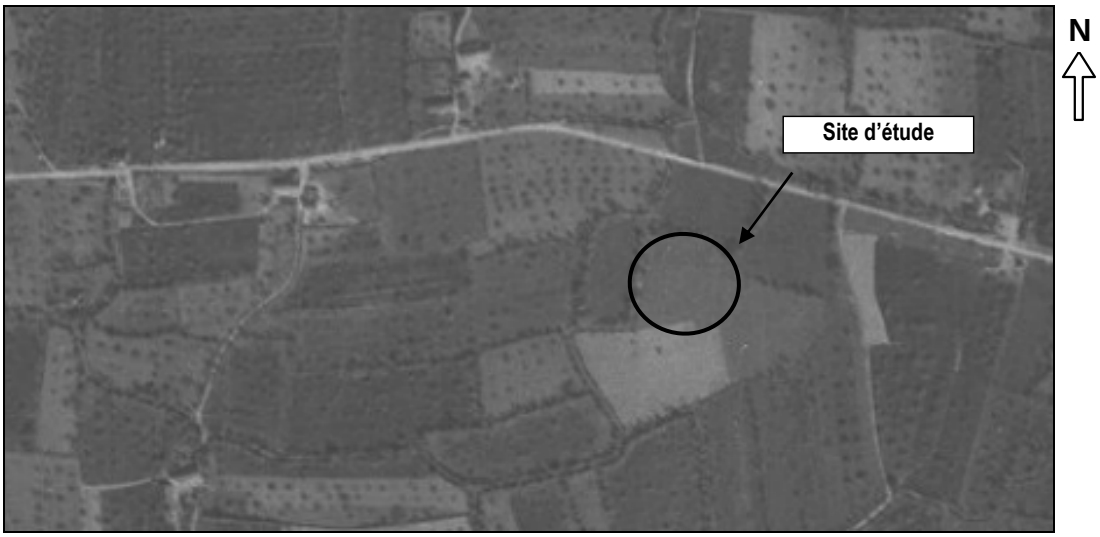


Extrait de la carte IGN

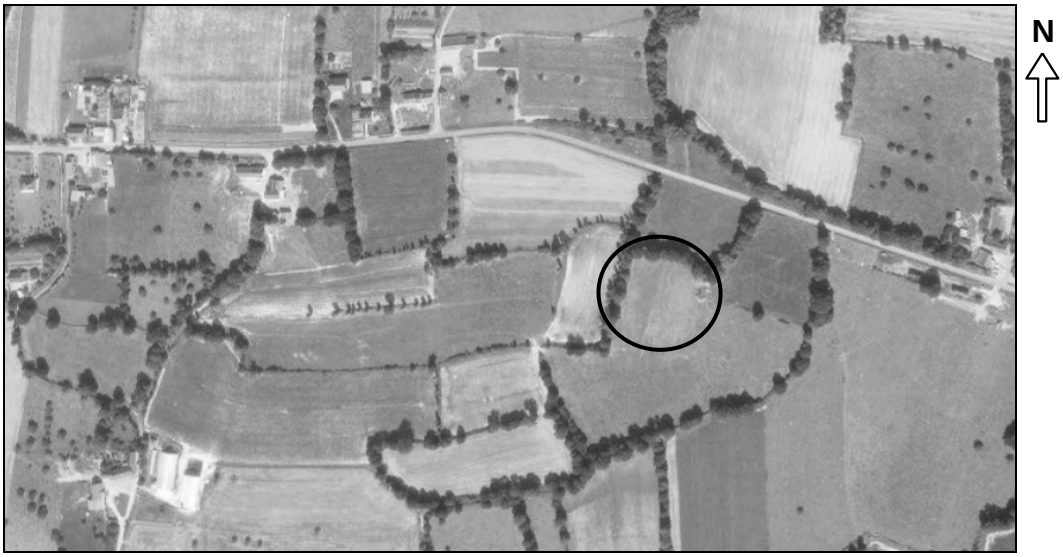


Photographie aérienne du site d'étude, en date de 2014

Aucune information concernant l'historique du site ne nous a été transmise. Cependant, en regardant les anciennes photographies aériennes, il semble que depuis 1952, le terrain ait toujours été en pâture ou terre agricole. Jusqu'entre 1978 et 1990, le découpage des parcelles n'était pas tout à fait le même qu'actuellement, et la route située à l'Ouest de la parcelle actuelle a été construite pendant cette période. La construction de la serre sur la parcelle mitoyenne a commencé entre 1990 et 1995.



Photographie aérienne de 1948, échelle initiale 1/25468ème (échelle modifiée)



Photographie aérienne de 1978, échelle initiale 1/14144ème (échelle modifiée)

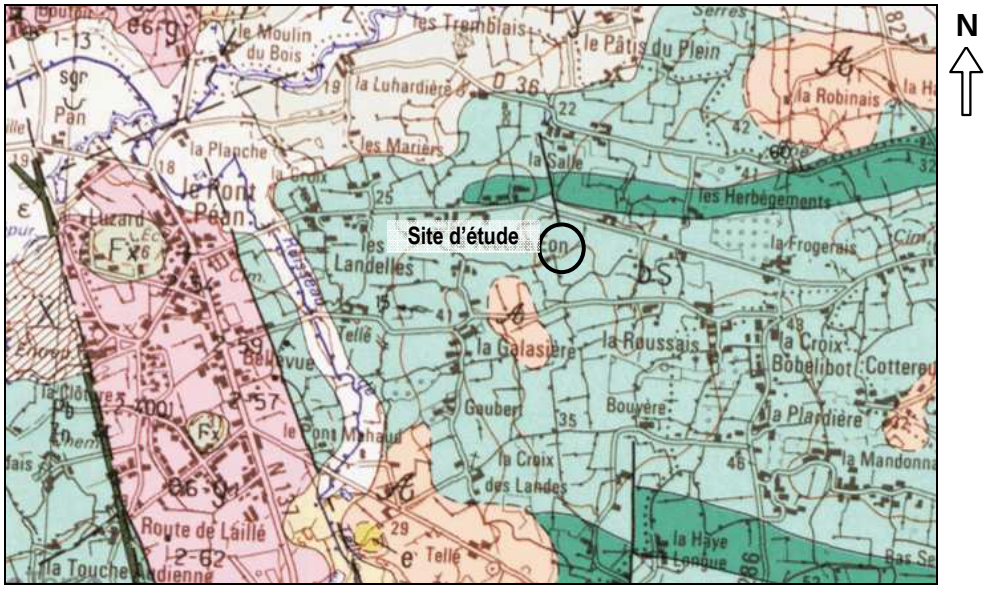
Photographie aérienne de 1990, échelle initiale 1/26102ème (échelle modifiée)

Photographie aérienne de 1995, échelle initiale 1/30954ème (échelle modifiée)

2.2. CONTEXTE GÉOLOGIQUE

La carte géologique (éditions du BRGM) au 1/50000 de JANZÉ montre que la zone d'étude se situe au niveau des formations suivantes, sous les remblais et les formations de surface et d'altération non mentionnées par le document :

- ✓ **A** : Altérites argileuses non datées (formation en rose sur la carte),
- ✓ **bS :** Siltites argileuses, argilites et grès tendres grossiers, vert jaunâtre – Briovérien (formation en vert pâle sur la carte).



Extrait de la carte géologique de Janzé au 1/50000ème (échelle modifiée)

On note la présence d'une faille dans le secteur d'étude, pouvant induire des formations localement différentes (zones broyées, etc.).

2.3. CONTEXTE HYDROGÉOLOGIQUE

Dans ce contexte, on peut s'attendre à :

- ✓ Une nappe pédologique dans les formations de tête (terre végétale),
- ✓ Une nappe dans les horizons d'altération,
- ✓ Un aquifère fissuré dans le substratum, avec une nappe semi-captive dépendante de la fracturation et de l'altération.

2.4. RISQUES NATURELS

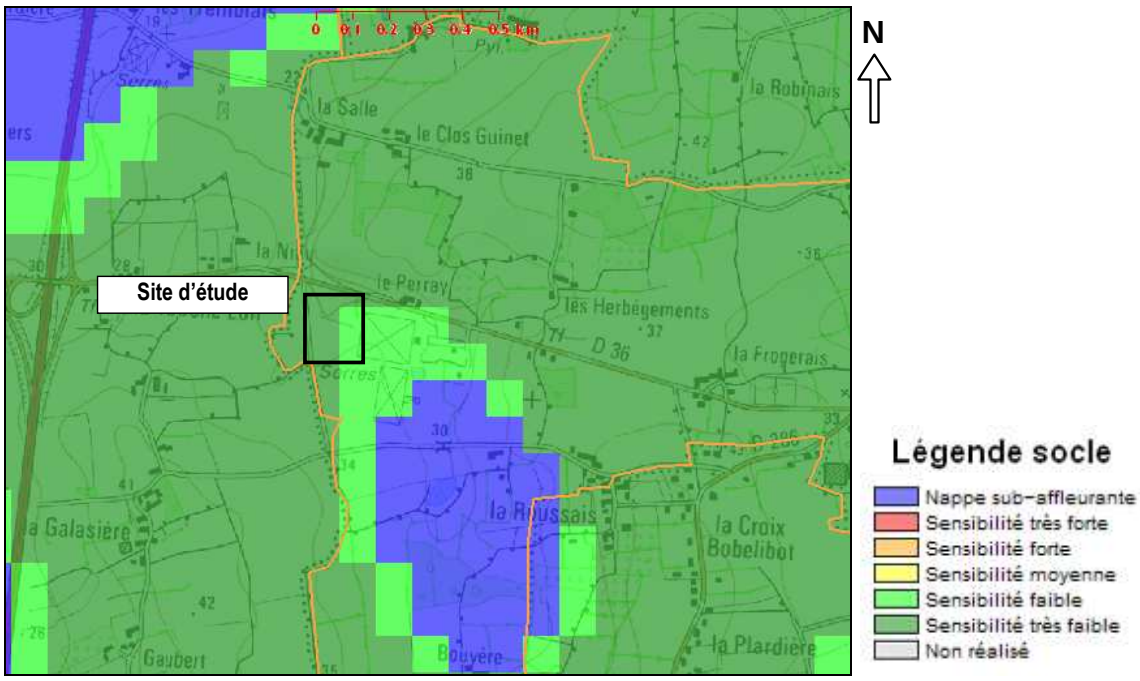
Selon le portail de prévention des risques majeurs du ministère de l'Écologie, du développement durable, des transports et des logements, les arrêtés de catastrophes naturelles pris sur la commune sont les suivants :

Type de catastrophe	Début le	Fin le	Arrêté du	Sur le JO du
Tempête	15/10/1987	16/10/1987	22/10/1987	24/10/1987
Inondations et coulées de boue	18/05/1988	18/05/1988	05/01/1989	14/01/1989
Inondations et coulées de boue	17/01/1995	31/01/1995	06/02/1995	08/02/1995
Inondations, coulées de boue et mouvements de terrain	25/12/1999	29/12/1999	29/12/1999	30/12/1999
Inondations et coulées de boue	05/01/2001	05/01/2001	12/02/2001	23/02/2001

Tableau des arrêtés de reconnaissance de catastrophe naturelle extrait du site http://macommune.prim.net

2.4.1. Remontées de nappes

Le portail Internet (www.inondationsnappes.fr) classe le site en **zone de sensibilité très faible à faible** vis-à-vis des remontées de nappe dans le socle, pour des ouvrages fondés superficiellement.

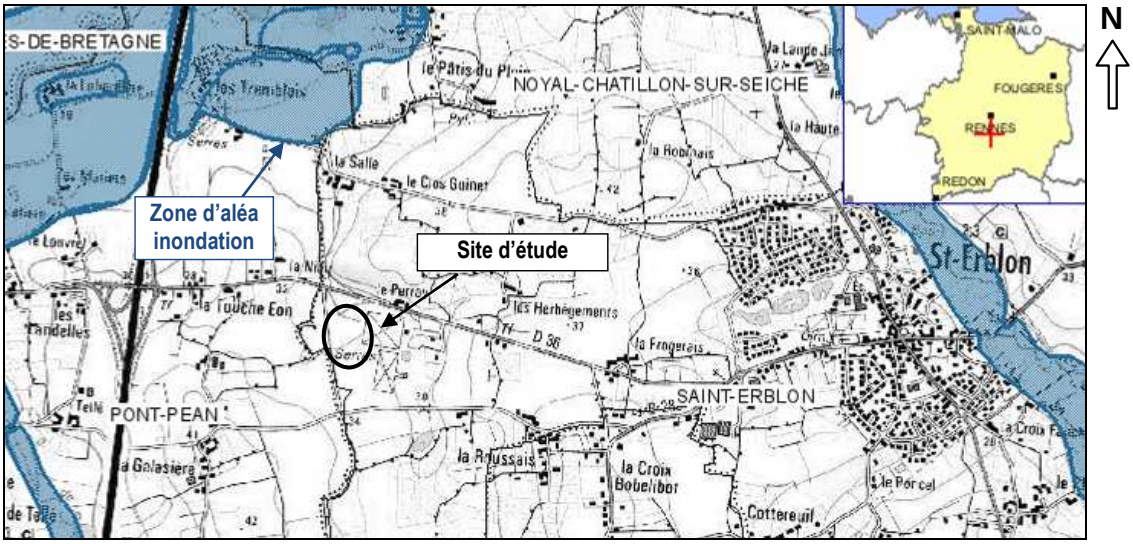


Extrait de la carte des remontées de nappes dans le socle

Une zone de nappe sub-affleurante se dessine au Sud-est du secteur. Il peut s'agir d'un effet géomorphologique de cuvette de rétention des eaux de ruissellement.

2.4.2. Risque inondation

Le site d'étude est concerné par le PPRI (Plan de Prévention du Risque Inondation) du bassin de la Vilaine, mais il se situe, a priori, **hors zone inondable**.



Zones d'aléas du PPRI de la Vilaine (http://cartorisque.prim.net)

2.4.3. Les phénomènes de retrait-gonflement des sols argileux

La cartographie de l'aléa des sols argileux aux phénomènes de retrait gonflement dont un extrait est présenté ci-après classe le site en **zone d'aléa a priori nul**. Cet aléa est calqué sur le contour des formations superficielles (alluvions, altérites, etc.).

Carte d'aléas retrait-gonflement des argiles (http://argiles.fr)

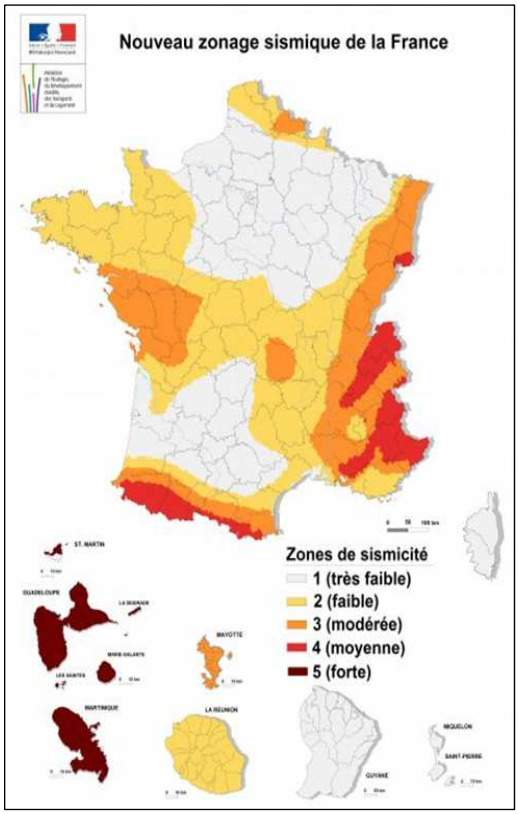
2.4.4. Base de données des cavités souterraines

Aucune cavité souterraine n'a été recensée par le BRGM au droit de la zone d'étude.

2.4.5. Risque de glissement de terrain

La zone d'étude ne se situe pas en zone de glissement de terrain.

2.5. SISMICITÉ



Depuis le 22 octobre 2010, la France dispose d'un nouveau zonage sismique divisant le territoire national en cinq zones de sismicité croissante en fonction de la probabilité d'occurrence des séismes (articles R563-1 à R563-8 du Code de l'Environnement modifiés par les décrets no 2010-1254 du 22 octobre 2010 et no 2010-1255 du 22 octobre 2010, ainsi que par l'Arrêté du 22 octobre 2010) :

- une zone de sismicité 1 où il n'y a pas de prescription parasismique particulière pour les bâtiments à risque normal (l'aléa sismique associé à cette zone est qualifié de très faible),
- quatre zones de sismicité 2 à 5, où les règles de construction parasismique sont applicables aux nouveaux bâtiments, et aux bâtiments anciens dans des conditions particulières.

Les nouvelles règles de constructions parasismiques pour les bâtiments ainsi que le nouveau zonage sismique (qui modifient les articles 563-1 à 8 du Code de l'Environnement) sont entrées en vigueur.

Ici, le site (http://macommune.prim.net) classe la zone étudiée en **zone 2**.

Ces règles doivent être appliquées au moyen d'un coefficient d'importance γ_i attribué à chacune des catégories d'importance du bâtiment. Les valeurs de ces coefficients sont données par le tableau suivant :

CATEGORIE D'IMPORTANCE	COEFFICIENT D'IMPORTANCE g_i
I	0,8
II	**1**
III	1,2
IV	1,4

Ici, on retiendra γ_i = 1, pour des bâtiments (locaux DEEE/DSS et gardien, recyclerie) **de catégorie d'importance II** (à valider par la Maitrise d'Ouvrage ou la Maitrise d'Œuvre).

Le mouvement dû au séisme est représenté par un spectre de réponse élastique en accélération. Il est caractérisé au niveau d'un sol rocheux **(sol de classe A)** par la valeur d'accélération a_{gr}. Les valeurs des accélérations a_{gr} sont données dans le tableau suivant :

ZONES DE SISMICITÉ	a_{gr} (en m/s²)
1 (très faible)	0,4
2 (faible)	**0,7**
3 (modérée)	1,1
4 (moyenne)	1,6
5 (forte)	3

Dans le cadre de cette étude a_{gr} = 0,7 m/s^2.

L'accélération horizontale de calcul est déterminée à partir d'un sol référence de classe A rocheux. Elle est égale au produit de l'accélération **a_{gr}** par le coefficient d'importance γ_i.

On retiendra donc $a_g = a_{gr} \times \gamma_i$ = 0,7 x 1 = 0,7 m/s^2.

2.6. BASE DE DONNÉES DES ANCIENS SITES INDUSTRIELS ET ACTIVITÉS DE SERVICE

Aucun ancien site industriel n'a été recensé par le BRGM au droit de la zone d'étude.

3. PROGRAMME SPÉCIFIQUE D'INVESTIGATIONS MIS EN ŒUVRE

3.1. PROGRAMME SPÉCIFIQUE

Suite à la campagne d'investigations réalisée au stade G1-PGC, comprenant :

- ✓ 9 sondages au tractopelle descendus entre 2.4 et 3.0m de profondeur,
- ✓ 5 essais au pénétromètre dynamique descendus à 6.0m de profondeur,
- ✓ 4 identifications GTR,

Nous avons mis en œuvre les investigations complémentaires suivantes au stade de la mission G2-AVP :

- ✓ **5 sondages de reconnaissance de type semi-destructif,** réalisés à la tarière Ø 64mm, descendus à 10.0m (SP1) et 8.0m de profondeur (SP2 à SP5). Les coupes sont nécessairement approximatives en nature et limite de couches et ne permettent pas de caractériser la blocométrie.
  Les sondages ont été réalisés avec une machine type HF750.

- ✓ **Dans ces forages, 7 + 6 + 3 x 5 = 28 essais pressiométriques,** suivant la norme NF P 94-110-1, suivant une maille adaptée à la lithologie rencontrée et au projet, permettant la mesure, par un essai de chargement in situ :
  - du module de compressibilité : E_M
  - de la pression de fluage : pf
  - de la pression de rupture : pl
  - de la pression horizontale des terres : σHS

  qui permet celle :
  - de la pression limite nette : pl*

- ✓ Pose d'un **piézomètre au droit du sondage SP2**, Ø52-60mm, descendu à 8.0m de profondeur, avec un tube de PVC plein de 0 à 2m, puis crépiné de 2 à 8m, fermé par une tête de protection rouge.

3.2. IMPLANTATION ET CALAGE ALTIMÉTRIQUE

Le plan d'implantation des sondages est en annexe.

Pour rappel, les cotes des têtes de sondages de la campagne d'investigation stade G1-PGC ont été extrapolées à partir du plan topographique mis à notre disposition. Les coordonnées et les cotes des sondages de la campagne stade G2-AVP ont été relevées à partir d'un GPS de précision 1 cm en horizontal et 2 cm en vertical.

Sondages	X (RGF 93)	Y (RGF 93)	Cote NGF (m)
Sondages réalisés au stade G1-PGC			
PM1+PD1	1351072.7	7212686.1	27.9
PM2+PD2	1351104.7	7212699.6	27.8
PM3	1351145.7	7212690.9	27.9
PM4	1351063.7	7212643.3	28.8
PM5+PD5	1351104.5	7212662.5	28.6
PM6+PD6	1351140.2	7212669.6	28.8
PM7+PD7	1351071.8	7212602.6	29.5
PM8	1351100.0	7212622.6	29.9
PM9	1351156.8	7212634.6	29.6
Sondages réalisés au stade G2-AVP			
SP1	1351082.88	7212694.55	27.69
SP2	1351148.20	7212682.41	28.27
SP3	1351103.36	7212665.17	28.25
SP4	1351064.67	7212632.85	28.84
SP5	1351125.81	7212618.36	30.61

Tout changement d'implantation ou d'importance des constructions doit nous être communiqué, ces changements pouvant modifier les conclusions de notre étude.

4. RÉSULTATS DES INVESTIGATIONS ET INTERPRÉTATION MISSION G2-AVP

4.1. LITHOLOGIE ET CARACTÉRISTIQUES GÉOTECHNIQUES

L'analyse des coupes lithologiques des différents sondages permet de schématiser la lithologie de la manière suivante :

Description par couche :

- ✓ Présence en tête, d'une couche **(C0.Tv)** de **terre végétale** limoneuse marron brune**,** reconnue comme suit :

Sondage	PM1+PD1	PM2+PD2	PM3	PM4	PM5+PD5	PM6+PD6	PM7+PD7	PM8	PM9
Prof. toit (m)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Prof. mur (m)	0,20	0,35	0,50	0,35	0,20	0,20	0,25	0,20	0,20
Épaisseur (m)	0,20	0,35	0,50	0,35	0,20	0,20	0,25	0,20	0,20
Sondage	**SP1**	**SP2**	**SP3**	**SP4**	**SP5**				
Prof. toit (m)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0				
Prof. mur (m)	0,6	0,8	0,7	0,5	0,5				
Épaisseur (m)	0,6	0,8	0,7	0,5	0,5				

Cette couche est de **compacité faible à moyenne : 1.0 ≤ qd ≤ 3.6 MPa.**

Sa compacité est directement fonction de son état hydrique et des séquences pluvieuses. Aucun essai pressiométrique n'a été réalisé du fait de sa faible épaisseur.

- ✓ Suivie, d'une couche **(C1.0)** de **limons plus ou moins argileux marron à marron gris verdâtre**, avec par endroit quelques cailloux et cailloutis de quartz (Dmax=6cm), reconnue comme suit :

Sondage	PM1+PD1	PM2+PD2	PM3	PM4	PM5+PD5	PM6+PD6	PM7+PD7	PM8	PM9
Prof. toit (m)	0,20	0,35	0,50	0,35	0,20	0,20	0,25	0,20	0,20
Prof. mur (m)	1,20	0,95	0,65	0,50	0,50	0,80	1,00	0,75	1,00
Épaisseur (m)	1,00	0,60	0,15	0,15	0,30	0,60	0,75	0,55	0,80
Sondage	**SP1**	**SP2**	**SP3**	**SP4**	**SP5**				
Prof. toit (m)	0,6	-	-	-	0,5				
Prof. mur (m)	1,0	-	-	-	1,1				
Épaisseur (m)	0,4	-	-	-	0,6				

Essais au pénétromètre dynamique :

2.1 ≤ qd ≤ 7.2 MPa.

Essais pressiométriques :

Un seul essai a été réalisé dans cette couche. Il donne les valeurs suivantes :

Pl* =0.59 MPa

E_M = 8.5 MPa

Cet horizon est de compacité globalement modeste à moyenne, localement élevée.

Tableau de synthèse des résultats des essais laboratoire pour classification GTR

Sond.	Prof. (m)	GTR	VBS	W%	% passant						
				(0/D)	Dmax (mm)	50 mm	20 mm	5 mm	2 mm	400 µm	80 µm
PM4	0.35-0.50	A1	1.03	21.4	5	100	100	99	96	86	70
PM5	0.30-0.50	A1	0.98	16.7	10	100	100	99	96	85	78

Les matériaux de cette couche sont de classe reconnue **A1** au sens du GTR. Il s'agit de **matériaux sensibles à l'eau**. Ils peuvent voir leurs caractéristiques mécaniques diminuer par imbibition.

✓ Suivie, d'une couche **(C1.1)** de **limons plus ou moins argileux et indurés gris bleu verdâtre**, légèrement bariolés marron ocre par endroits, avec intercalations de niveaux millimétriques discontinus brun noir et nodules noirs, quelques blocs tendres présentant une structure en lamines parallèles, des cailloux et cailloutis de siltite/argilite et de quartz de blocométrie variable atteignant Dmax= 40cm dans PM1, reconnue comme suit :

Sondage	PM1+PD1	PM2+PD2	PM3	PM4	PM5+PD5	PM6+PD6	PM7+PD7	PM8	PM9
Prof. toit (m)	1,20	0,95	0,65	0,50	0,50	0,80	1,00	0,75	1,00
Prof. mur (m)	>3,00*	>2,40**	>2,80**	>3,00**	>2,80**	>3,00**	>3,00**	>2,90**	>3,00**
Épaisseur (m)	>1,80#	>1,40#	>2,15#	>2,50#	>2,30#	>2,20#	>2,00#	>2,15#	>2,00#

Sondage	SP1	SP2	SP3	SP4	SP5
Prof. toit (m)	1,0	0,8	0,7	0,5	1,1
Prof. mur (m)	4,5	>8,0*	>8,0*	4,0	>8,0*
Épaisseur (m)	3,5	>7,2#	>7,3#	3,5	>6,9#

** Arrêt volontaire du sondage*

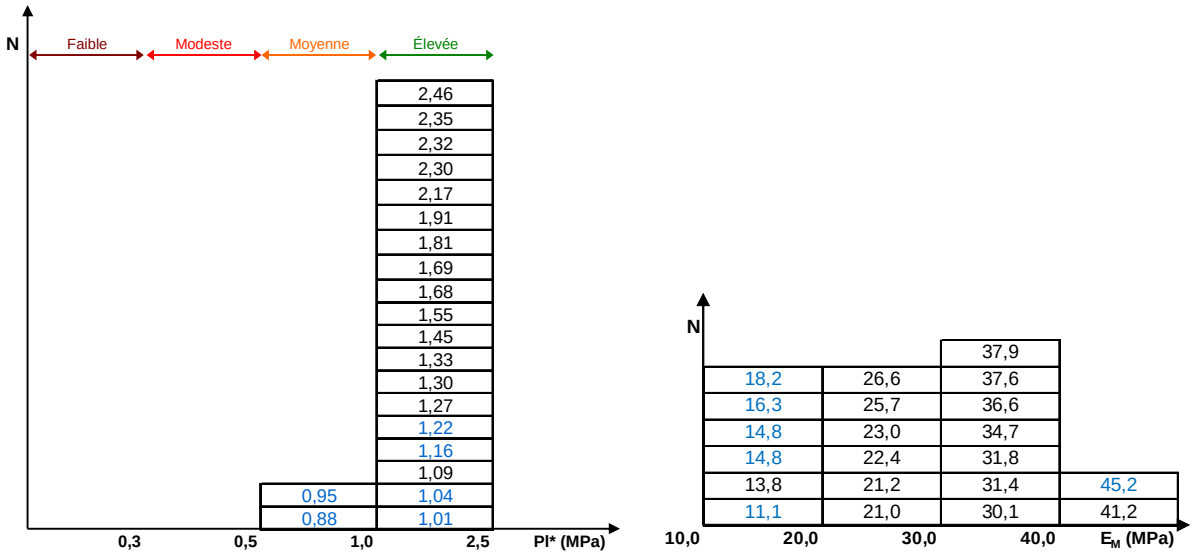
*** Refus du tractopelle*

 # Epaisseur partielle

Essais au pénétromètre dynamique :

4.8 ≤ qd ≤ 16.8 MPa.

Essais pressiométriques :



Cet horizon est de **compacité globalement élevée**.

La forte de valeur E_M = 45,2MPa mesurée à 2m de profondeur au droit du sondage SP2 est probablement liée à un niveau moins altéré au sein de l'horizon C1.1 ou blocailleux, comme observé au droit du sondage au tractopelle PM2 (refus à 2.4m de profondeur) et au droit de l'essai au pénétromètre dynamique PD2 (pic de compacité entre 2.4 et 2.8m de profondeur).

Paramètre	Moyenne géométrique (MPa)	Moyenne arithmétique (MPa)	Ecart-type (MPa)	Coefficient de variation CV	Nombre de valeurs N
Pl* jusqu'à 2,0m	1,0	1,0	0,1	0,1	6
Pl* à partir de 2,0m	1,7	1,8	0,5	0,3	15

Paramètre	Moyenne harmonique (MPa)	Moyenne arithmétique (MPa)	Ecart-type (MPa)	Coefficient de variation CV	Nombre de valeurs N
E_M jusqu'à 2,0m	16	20	13	0,6	6
E_M à partir de 2,0m	27	29	8	0,3	15

On retiendra pour cette couche les valeurs caractéristiques suivantes :

Jusqu'à 2.0m :	**Pl^*_k = 1.0 MPa**	À partir de 2.0m :	**Pl^*_k = 1.7 MPa**
	$E_{M,k}$ = 13 MPa		**$E_{M,k}$ = 27 MPa**

Tableau de synthèse des résultats des essais laboratoire pour classification GTR

Sond.	Prof. (m)	GTR	VBS	W%	% passant						
				(0/D)	Dmax (mm)	50 mm	20 mm	5 mm	2 mm	400 µm	80 µm
PM3	0.65-2.00	A1	0.49	17.4	20	100	92	71	63	55	44
PM8	0.75-2.90	A1	0.41	24.0	20	100	97	86	81	73	68

Les matériaux de cette couche sont de classe reconnue **A1** au sens du GTR. Ils peuvent passer à une classe C1A1 en fonction de la charge en cailloux et blocs. Il s'agit de **matériaux sensibles à l'eau**. Ils peuvent voir leurs caractéristiques mécaniques diminuer par imbibition.

✓ Suivie, d'une couche **(C1.2)** d'**argile limoneuse grise à marron clair gris**, reconnue uniquement au droit de SP1 et SP4 comme suit :

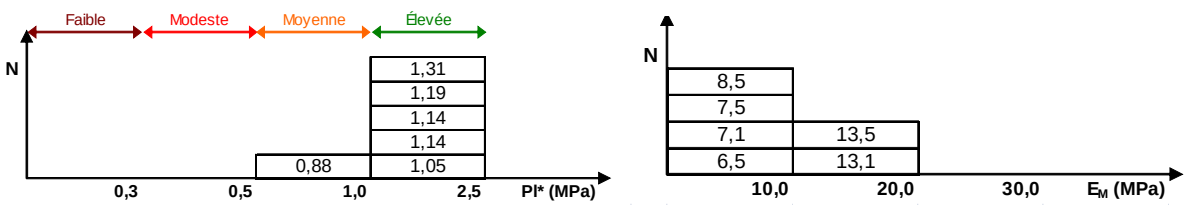
Sondage	PM1+PD1	PM2+PD2	PM3	PM4	PM5+PD5	PM6+PD6	PM7+PD7	PM8	PM9
Prof. toit (m)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Prof. mur (m)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Épaisseur (m)	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Sondage	SP1	SP2	SP3	SP4	SP5
Prof. toit (m)	4,5	-	-	4,0	-
Prof. mur (m)	>10,0*	-	-	>8,0*	-
Épaisseur (m)	>5,5#	-	-	>4,0#	-

** Arrêt volontaire du sondage*

 # Epaisseur partielle

Essais pressiométriques :



Cet horizon est de **compacité globalement élevée**.

Paramètre	Moyenne géométrique (MPa)	Moyenne arithmétique (MPa)	Ecart-type (MPa)	Coefficient de variation CV	Nombre de valeurs N
Pl*	1,1	1,1	0,1	0,1	6

Paramètre	Moyenne harmonique (MPa)	Moyenne arithmétique (MPa)	Ecart-type (MPa)	Coefficient de variation CV	Nombre de valeurs N
E_M	9	9	3	0,3	6

On retiendra pour cette couche les valeurs caractéristiques suivantes :

Pl^*_k = 1.1 MPa

$E_{M,k}$ = 9 MPa

Remarques :

- Suite aux reconnaissances réalisées au stade G2-AVP, nous avons requalifié la couche C2, définie entre 1.1 et 2.4m de profondeur au droit de PM2 au stade mission G1-PGC, en couche C1.1. Il s'agirait plutôt d'un niveau de C1.1 moins altéré.

- Les formations C1.0, C1.1 et C1.2 correspondent vraisemblablement aux altérites des siltites, argilites et grès tendres du Briovérien indiqués sur la carte géologique au droit du site (section 2.2).

- L'horizon C1.1 est à un stade un peu moins avancé de l'altération, la structure de la roche est encore parfois visible. La transition entre les horizons est progressive et parfois difficile à déterminer.

- L'horizon C1.2 est plus argilisé. Il est à un stade d'altération a priori plus avancé que C1.1. Ceci est probablement à mettre en relation avec la présence de la nappe reconnue à plus faible profondeur (cf. chapitre 4.2 suivant).

- On notera que la géologie du site est en accord avec celle rencontrée sur la partie Nord lors de nos investigations en septembre 2015 (cf rapport C.15.32046). La partie Sud semble toutefois moins sableuse.

4.2. HYDROGÉOLOGIE

Le fossé connu du terrain (section 2.1) était sec lors de nos interventions en décembre 2015 et décembre 2016. On gardera à l'esprit que ces secteurs ont vraisemblablement tendance à collecter le ruissellement superficiel et drainer les écoulements souterrains.

Lors de la réalisation des sondages au tractopelle le 28 décembre 2015, aucune arrivée d'eau n'a été constatée dans nos sondages. Le niveau de nappe semble un peu plus bas. En effet, en août 2015 (cf rapport C.15.32046) nous avions relevé des arrivées d'eau dans certains sondages à la pelle à entre 2.0 et 2.5m de profondeur et des traces d'humidité sur les tiges du pénétromètre dynamique au droit de PD1 et PD4 à partir de 3.6m et 4.5m de profondeur respectivement. Ces sondages étant situés à une cote NGF plus basse (environ -1.5m) cela peut expliquer pourquoi nous n'avons pas atteint le niveau d'eau lors de nos sondages en partie Sud.

Lors des sondages semi-destructifs réalisés en décembre 2016, nous avons relevé les niveaux d'eau suivants :

Sondages	SP1	SP2	SP3	SP4	SP5
Niveau	Profondeur (m)				
1ère rencontre	4,5	5,5	7,0	5,0	7,0
Fin de forage	3,3	3,8	3,3	3,9	5,7

Compte tenu des observations faites sur l'humidité des matériaux prélevés lors des sondages à la tarière, le niveau de la nappe correspondrait plus au niveau de la 1ère rencontre qu'au niveau relevé en fin de forage. Ce qui est également plus en adéquation avec les niveaux et arrivées d'eau observées lors des précédentes campagnes d'investigations.

On ne connaît pas les fluctuations piézométriques de cette nappe.

Dans le cadre de cette mission, un piézomètre a été installé au droit de SP2 dont le but est justement de pouvoir suivre l'évolution de la réponse des niveaux d'eau. Celui-ci a été équipé en tube PVC Ø52-60mm, plein de 0 à 2m, puis crépiné de 2 à 8m avec bouchon de fond et tête de protection. Nous conseillons vivement au Maître d'Ouvrage de procéder ou de faire procéder à un suivi piézométrique à des intervalles réguliers, notre mission s'arrêtant, quant à elle, à la remise du présent rapport.

On retiendra de ce site :

- ✓ Une nappe pédologique pouvant se développer dans C0.TV en situation météorologique défavorable,
- ✓ L'existence de circulations erratiques et intermittentes à différentes profondeurs au sein de toutes les couches, au-dessus de la nappe, fortement conditionnées par la météorologie,
- ✓ La couche C1.0 potentiellement aquifère, susceptible de se recharger par infiltration pluviale,
- ✓ L'existence d'une nappe dans les horizons C1.1 et C1.2, soumise à fluctuations saisonnières, dont les variations ne sont pas connues,
- ✓ Les risques de remontées capillaires,
- ✓ La présence du Miscanthus drainant probablement la parcelle. Lorsque celui-ci sera détruit, il est possible que les horizons superficiels soient plus humides qu'actuellement.

Remarque :

Les sondages de reconnaissance se font sur une période de courte durée et le niveau de la nappe indiqué dans le rapport ne reflète pas forcément le niveau maximum. On ne connaît pas les fluctuations piézométriques des différents aquifères.

L'origine des fluctuations possibles est, soit naturelle (sécheresse, crue de nappe en relation avec la situation météorologique par exemple), soit dues à des travaux ou une modification de l'environnement aux alentours immédiats (pompages, rejets, effets).

Nous conseillons au maître d'ouvrage de suivre ou faire suivre le piézomètre installé sur la parcelle.

4.3. CONDITION SISMIQUE

Au sens de la norme NF-EN-1998-1, on retiendra que le sol est à priori de **classe E** ce qu'il conviendrait le cas échéant de valider par une mesure directe du VS30 par méthode MASW par exemple. Le tableau ci-après décrit les différentes classes de sol disponibles dans la norme.

Classe de sol	Description du profil stratigraphique	Paramètres		
		$v_{s,30}$ (m/s)	N_{SPT} (coups/30 cm)	c_u (kPa)
A	Rocher ou autre formation géologique de ce type comportant une couche superficielle d'au plus 5 m de matériau moins résistant	> 800	-	-
B	Dépôts raides de sable, de gravier ou d'argile sur-consolidée, d'au moins plusieurs dizaines de mètres d'épaisseur, caractérisés par une augmentation progressive des propriétés mécaniques avec la profondeur	360 – 800	> 50	> 250
C	Dépôts profonds de sable de densité moyenne, de gravier ou d'argile moyennement raide, ayant des épaisseurs de quelques dizaines à plusieurs centaines de mètres	180 – 360	15 – 50	70 – 250
D	Dépôts de sol sans cohésion de densité faible à moyenne (avec ou sans couches cohérentes molles) ou comprenant une majorité de sols cohérents mous à fermes	< 180	< 15	< 70
E	Profil de sol comprenant une couche superficielle d'alluvions avec des valeurs de v_s de classe C ou D et une épaisseur comprise entre 5 m environ et 20 m, reposant sur un matériau plus raide avec v_s > 800 m/s			
S_1	Dépôts composés, ou contenant, une couche d'au moins 10 m d'épaisseur d'argiles molles/vases avec un indice de plasticité élevé (PI > 40) et une teneur en eau importante.	< 100 (valeur indicative)	-	10 – 20
S_2	Dépôts de sols liquéfiables d'argiles sensibles ou tout autre profil de sol non compris dans les classes A à E ou S_1.			

5. SYNTHÈSE DES DONNÉES DE SOL ET ALÉAS GÉOTECHNIQUES – MISSION G2-AVP

5.1. SYNTHÈSE DES DONNÉES GÉOTECHNIQUES

Lithologie		Terre végétale	Altérites du substratum briovérien (siltites, argilites, et grès grossiers tendres)		
Description		Terre végétale marron gris à brune	Limons marron à marron gris verdâtre plus ou moins argileux, avec par endroits quelques cailloux et cailloutis de quartz (Dmax=6cm)	Limons plus ou moins argileux et indurés gris bleu verdâtre, légèrement bariolés marron ocre par endroits, avec quelques blocs tendres présentant une structure en lamines parallèles, des cailloux et cailloutis de siltite/argilite et de quartz de blocométrie variable atteignant Dmax=40cm	Argile limoneuse grise à marron clair gris
N° couche		C0.Tv	C1.0	C1.1	C1.2
Prof. de la base des couches (m)	PM1+PD1	0.20	1.20	>3.00	-
	PM2+PD2	0.35	0.95	>2.40*	-
	PM3	0.50	0.65	>2.80	-
	PM4	0.35	0.50	> 3.00	-
	PM5+PD5	0.20	0.50	> 2.80	-
	PM6+PD6	0.20	0.80	> 3.00	-
	PM7+PD7	0.25	1.00	>3.00	-
	PM8	0.20	0.75	> 2.90	-
	PM9	0.20	1.00	> 3.00	-
	SP1	0.6	1.0	4.5	> 10.0
	SP2	0.8	-	> 8.0	-
	SP3	0.7	-	> 8.0	-
	SP4	0.5	-	4.0	> 8.0
	SP5	0.5	1.1	> 8.0	-
Hydrogéologie		Nappe péodologique en période pluvieuse	Aquifère potentiel, recharge par infiltration pluviale	Aquifère - Fluctuations saisonnières de la nappe - Recharge par infiltration et remontée par le substratum	
GTR		/	A1	A1 / C1 A1	/
Compacité		Faible, à moyenne**	Moyenne à élevée**	Globalement élevée	Globalement élevée

* *Refus au tractopelle*

** *En période de déficit hydrique*

5.2. ALÉAS

Les aléas géotechniques sont en relation entre autres, avec :

5.2.1. La géologie

- ✓ aléas liés aux variations d'épaisseur des différentes couches entre nos sondages,
- ✓ aléas liés aux variations latérales et verticales de faciès des couches C1.0, C1.1 et C1.2, dépendantes de l'intensité de l'altération et du caractère plus argileux, silteux ou gréseux des formations (substratum briovérien) qui ont subies l'altération. Ces variations conduisent à des niveaux +/- charpentés (classe GTR A1 – C1A1), voire à des niveaux de sols indurés ou de roches tendres que l'on peut rattacher à une classe GTR R31,
- ✓ aléas liés à la transition progressive entre les faciès C1.0 et C1.1 et une distinction entre les deux horizons potentiellement difficile.

5.2.2. La nature des matériaux

- ✓ sensibilité à l'eau et à l'affouillement (classe A_1/C_1A_1 pour les couches superficielles C1.0 et C1.1),
- ✓ sensibilité au remaniement mécanique à l'exécution.

5.2.3. L'hydrogéologie

- ✓ nappe superficielle au sein de la couche C0.Tv en situation météorologique défavorable,
- ✓ aléas liés à la possibilité de développement de circulations erratiques dans toutes les couches en période pluvieuse, au-dessus de la nappe, alimentées par le ruissellement et l'environnement,
- ✓ aléas liés au caractère aquifère de la couche C1.0, susceptible de se recharger par infiltration lors d'épisodes pluvieux importants,
- ✓ aléas liés aux fluctuations saisonnières du niveau libre de la nappe, rencontrée entre 5 et 7m de profondeur au droit des sondages SP1 à SP5.

5.2.4. L'environnement et l'historique du site

- ✓ présence d'un fossé, avec niveaux potentiellement vasards ou organiques dans son environnement rapproché,
- ✓ présence de réseaux d'eau à l'Ouest de la parcelle,
- ✓ présence de racines, souches d'arbres éventuelles,
- ✓ présence de Miscanthus géant sur la parcelle, avec des racines pouvant descendre à plus de 1m de profondeur, difficile à détruire,
- ✓ effet drainant du Miscanthus qui sera supprimé par sa destruction.

5.2.5. Les risques naturels

- ✓ zone sismique 2,
- ✓ aléa faible vis-à-vis du retrait-gonflement des argiles.

6. PRINCIPES GÉNÉRAUX DE CONSTRUCTION – MISSION G2-AVP

Les solutions proposées sont celles qui semblent les meilleures à ce stade en fonction des données en notre possession.

D'autres solutions pourraient cependant être proposées en fonction de critères non pris en compte dans une étude de faisabilité et qui peuvent apparaître en phase conception ou d'exécution (problèmes de délais ou de phasage, variante locale économique, modification de l'environnement, caractéristiques particulières du projet non portées à notre connaissance). Si cela était le cas, nous conseillons à la Maîtrise d'œuvre ou à la Maîtrise d'Ouvrage de nous confier une mission pour valider les modifications apportées.

- ✓ Les principes généraux de réalisation des terrassements et les dispositifs d'assainissement et de drainage à adopter sont développés au chapitre 7.
- ✓ Pour les murs de quais, nous préconisons une solution de fondation sur semelles filantes, ancrées dans C1.1, solution développée au chapitre 8.
- ✓ Pour ce qui concerne les fondations des locaux DEEE/DDS et gardien (bâtiments modulaires), compte tenu du contexte géotechnique et du projet induisant des remblais importants au droit de ces locaux (de l'ordre de 1.5 à 2m par rapport au terrain naturel actuel), nous vous proposons une solution de fondation superficielle par radier posé sur les remblais d'apport. Cette solution est développée au chapitre 9.
- ✓ Pour les fondations de la recyclerie, nous vous proposons une solution de fondations superficielles de type semelles isolées et/ou filantes, ancrées dans la couche 1.1. Cette solution est développée au chapitre 10.
- ✓ Les préconisations vis-à-vis des voiries et des dallages, intégrant les éléments relatifs aux couches de forme sont données au chapitre 11.

7. PRINCIPES GÉNÉRAUX DE CONSTRUCTION – MISSION G2-AVP

7.1. TRAFICABILITÉ

Le projet nécessite l'amenée d'un matériel lourd impliquant la création d'une piste de chantier et d'une plate-forme de portance correcte. On vérifiera que les ouvrages existants peuvent supporter le trafic des engins prévus pour la réalisation des terrassements.

La traficabilité des engins à pneus sera dégradée sur les limons plus ou moins argileux de la couche C1.0 et de la couche C1.1 en tête, une fois la couche de terre végétale (C0.Tv) décapée. Elle ne sera d'ailleurs pas assurée en situation météorologique défavorable. On prévoira, à ce titre, des pistes granulaires pour les engins sur pneus.

7.2. TERRASSEMENTS

D'après les plans du projet et le bloc 3D, les terrassements consisteraient en :

- ✓ le recalage des cotes projet,
- ✓ les purges diverses liées à la présence de terre végétale, de racines ou à l'adaptation aux hétérogénéités du site,
- ✓ le réglage de la plateforme basse, plus ou moins prévue au niveau du terrain naturel actuel,
- ✓ la préparation des arases pour les voiries,
- ✓ la préparation des arases pour la montée du remblai technique de la plateforme haute,
- ✓ les fouilles pour les fondations de la recyclerie et des murs de quais,
- ✓ le déblaiement pour la réalisation du bassin d'eaux pluviales et de la réserve incendie.

Les matériaux concernés sont des matériaux :

- ✓ de compacité faible à moyenne, en période de déficit hydrique, au sein de la couche (0.Tv),
- ✓ de compacité moyenne à élevée à travers les matériaux de la couche C1.0 et C1.1, sensibles aux chutes de portance par imbibition, pouvant être blocailleux, voire avoir un caractère rocheux localement.

Nous conseillons :

- ✓ décapage de la terre végétale à la pelle en rétro, mise en cordons fermés sans circuler sur l'arase, purge totale du réseau racinaire, souches ainsi que des matériaux organiques associés,
- ✓ purge des éventuelles poches de matériaux foisonnés, décomprimés,
- ✓ purge des éventuels vestiges enterrés,
- ✓ réalisation du décaissement à la pelle puissante en rétro, en excluant toute circulation d'engins à pneus sur l'arase terrassée. L'utilisation d'un BRH pourra s'avérer nécessaire en cas de rencontre de niveaux indurés ou de blocs rocheux peu altérés de grande dimension,

Nous préconisons la réalisation des terrassements en situation météo favorable. En cas de météo défavorable, compte tenu de la sensibilité des sols supports au remaniement, nous préconisons l'arrêt du chantier.

L'arase sera réceptionnée par un géotechnicien dans le cadre d'une mission G4 pour s'assurer de l'absence d'anomalie (zone de remblais, fouilles archéologiques, vestiges,…).

Il lui sera donné des formes de pentes afin d'évacuer les eaux de ruissellement et il sera mis en place un système d'assainissement de la plateforme.

7.3. RÉEMPLOI

De manière générale :

- ✓ Les matériaux naturels renfermant des matières organiques ou susceptibles de provoquer des tassements ultérieurs irréguliers (limons organiques, matériaux en état hydriques très humides, les matériaux gelés si travail en hiver) seront évacués et mis en dépôt définitif.

- ✓ Les sols potentiellement pollués par matières organiques ou autres seront mis en dépôt après contrôle spécifique.

- ✓ Les blocs devront être éliminés.

Les reconnaissances ont mis en évidence :

- ✓ De la terre végétale probablement de classe GTR, F1-A1 à F1-C1A1, à mettre en dépôt, ou à réutiliser en tant que telle,

- ✓ Des limons plus ou moins argileux (couche C1.0), avec quelques passages plus sableux, quelques cailloux et cailloutis, de classe (A1),

- ✓ Majoritairement des limons plus ou moins argileux (couche C1.1), avec quelques passages un peu plus sableux, quelques blocs tendres de siltite +/- altérée, de quartz et rares cailloux et cailloutis, de classe A1, voire C1A1 suivant la charge en cailloux et blocs.

Ces matériaux globalement sensibles à l'eau (A1, C1A1) ne pourront être réutilisés en couche de forme qu'après leur avoir fait subir une correction granulométrique et un traitement avec un liant hydraulique, et après avoir vérifié, par une étude d'aptitude suivie d'une étude de formulation, que cela est possible.

Pour le réemploi de ces matériaux en remblai, il faudra le faire à l'Optimum Proctor Normal, en ayant pris le soin de vérifier que la portance à l'OPN est suffisante, ce qui nécessite un IPI minimum de 10. Ce réemploi devra être conduit selon les conditions du GTR.

Si on souhaite les réutiliser en remblai, il faut garder à l'esprit :

- ✓ que compte-tenu de la présence du Miscanthus sur l'ensemble de la parcelle et racines associées pouvant descendre à plus de 1.0m de profondeur, on évitera le réemploi des matériaux situés dans cette frange supérieure à minima (hormis réutilisation en tant que terre végétale),
- ✓ qu'ils ne sont pas drainants et ne permettent donc pas de servir d'interface derrière les murs de quai qu'il faudra drainer,
- ✓ que, non traités, on ne pourra pas les dresser à une pente supérieure à 3 de base et 2 de hauteur, pour des talus n'excédant pas 2.5m de hauteur,
- ✓ qu'ils restent gélifs, évolutifs (baisses de portance à l'imbibition, et qu'ils nécessitent d'être recouverts par une couche de forme (matériaux fins traités ou matériaux granulaires insensibles à l'eau), s'ils doivent servir de support de plateforme, de voirie ou de dallages,
- ✓ qu'il faudra intégrer leurs caractéristiques après compactage pour le dimensionnement des murs, qui peuvent conduire à des murs plus important que dans le cas d'un remblaiement en matériaux caillouteux ou blocs insensibles à l'eau.

On privilégiera à ce stade l'amenée de matériaux granulaires insensibles à l'eau tels que décrits aux chapitres 7.5 et 11.

7.4. STABILITÉ DES TALUS DE DÉBLAIS

À court terme, on tablera sur une pente des talus de 3B/2H pour une hauteur de déblai maximale de 3.0m. Compte tenu de la sensibilité des matériaux à l'eau, on prévoira tous dispositifs permettant d'éviter toutes arrivées d'eau sur ces talus, comme par exemple :

- ✓ Protection par film polyane,
- ✓ Mise en place d'une rigole ou d'un solin béton en haut du talus pour canaliser les eaux.

À long terme, on pourra tabler sur des pentes de talus de 3B/2H. Compte tenu de la sensibilité des matériaux à l'érosion, on veillera à une végétalisation rapide des talus. Si des venues d'eau sont attendues ou observées, un masque poids drainant sera nécessaire.

7.5. PLATEFORME HAUTE

7.5.1. Réalisation de la plateforme haute

D'après les plans voirie d'avant-projet, la plateforme haute prévue, qui accueillera des voiries légères, les locaux DEEE/DDS et gardien, et une dalle béton (zone colonnes), sera réalisée en remblai. La hauteur du remblai par rapport au terrain naturel actuel sera de l'ordre de 2.5m au maximum (cf. chapitre 1.3).

On veillera en préparation :

- ✓ À purger la terre végétale (C0.Tv),
- ✓ À purger et substituer d'éventuelles poches ou lentilles de sols indésirables au sein des couches C1.0 ou C1.1, pouvant correspondre :
  - à des produits évolutifs ou compressibles (bois, racines, souches, matières organiques),
  - à des points durs tels que des vestiges ou de très gros blocs,
  - à des éléments creux (conduites désaffectées…),
- ✓ À mettre en dépôt définitif, après contrôle spécifique de pollution, les éléments organiques, compressibles ou évolutifs.
- ✓ À terrasser les arases sous les futurs remblaiements en pente afin de permettre l'évacuation des eaux. Pentes à relier à un exutoire à intégrer au projet de drainage définitif.

On prévoira ensuite la mise en œuvre d'une couche granulaire constituée de matériaux d'apport chimiquement inertes, qui fera office de base drainante sous l'ensemble des remblais, sur 1.00m d'épaisseur minimum, respectant les critères suivants :

- type granulaire 0/150mm,
- bien gradués selon le fuseau de TALBOT-FULLER,
- durs LA / MDE < 40
- propres VBS < 0.1,
- passant à 80µm < 5%,
- drainants avec D10 > 1mm,
- compactés à un objectif de densification q4.

Au-dessus de cette base drainante, les matériaux en remblais (type granulaire 0/80mm, propres VBS < 0.1, passant 80µm < 5%, drainants D10 > 1mm, et bien gradués, durs LA / MDE < 40) seront mis en œuvre par couches minces, compactées, conformément au GTR, en adoptant la technique des « remblais excédentaires ». Un reprofilage ultérieur des bords de talus sera effectué avec une pelle mécanique équipée d'un godet sans dent travaillant en rétro. Les remblais seront compactés à q3. La partie sommitale sera terminée par 0.10m de 0/31.5mm, propre, compacté à q3.

Pour les critères de réception, on visera :

- EV2 ≥ 35MPa au sommet de la base drainante,
- EV2 ≥ 50MPa sur la première couche,
- EV2 ≥ 80MPa à partir 1m de remblaiement, y compris la base drainante.

Il serait nécessaire d'assainir et drainer la plateforme et l'arrière des voiles en soutènement (plan de drainage à établir en phase G2-PRO, avec exutoire à définir).

7.5.2. Estimation des tassements

Nous approchons l'amplitude des tassements par 2 méthodes :

- CASSAN, fonction d'E_M,
- œdométrique.

Hypothèses de calcul :

- surcharge liée au remblai : 2.5 x 21 = 52.5 kPa,
- surcharge d'exploitation : 15 kPa.

Modèle géotechnique :

Frange de sol	Approche CASSAN	Approche œdo
0 - 2 m	α = 0,50 E_M = 13 MPa Δq = 63,2 kPa	$w_{N\ sat}$ = 25,0 % ρd = 1,6 T/m^3 Cc = 0,175 Cs = 0,026 e_0 = 0,65 σ'_p = 204 kPa ρh = 2,0 T/m^3 Δq = 63,2 kPa σ'_{v0} = 20 kPa
2 - 8 m	α = 0,50 E_M = 27 MPa Δq = 50,6 kPa	$w_{N\ sat}$ = 25,0 % ρd = 1,6 T/m^3 Cc = 0,175 Cs = 0,026 e_0 = 0,65 σ'_p = 335 kPa Δq = 50,6 kPa σ'_{v0} = 80 kPa

Finalement, on obtient :

- **<u>Approche CASSAN</u>:** **$s = (\alpha \cdot \Delta q \cdot H) / EM$**
  s_1 = 0.49 cm
  s_2 = 0.56 cm
  s_{TOT} = 1.05 cm

- **<u>Approche œdométrique</u>:** **$s = (Cs / (1+e_0)) \cdot H \cdot \log((\sigma'_{v0} + \Delta q) / \sigma'_{v0})$**
  s_1 = 1.95 cm
  s_2 = 2.01 cm
  s_{TOT} = 3.96 cm

On peut donc s'attendre à des tassements de l'ordre de 3 à 5 cm. Une partie de ces tassements se produira en phase chantier, mais on gardera à l'esprit que la consolidation finale se fera dans les 6 à 12 mois suivant la fin du chantier.

7.6. DISPOSITIFS D'ASSAINISSEMENT ET DE DRAINAGE

En phase chantier, les dispositifs d'assainissement correspondent à la nécessité de protéger la plateforme et les talus, des ruissellements et des précipitations directes.

On envisagera de modeler les arases et les fouilles en toit avec une pente d'au moins 2% pour permettre l'évacuation des eaux de surface vers des points bas et rejet des eaux vers un exutoire gravitaire ou par pompage.

En phase définitive, on s'orientera vers les préconisations suivantes :

- ✓ Récupération des eaux piégées derrière les murs de quais par des barbacanes et un drain longitudinal en arrière des murs,
- ✓ Mise en œuvre d'une base drainante sous le remblai technique, dont l'arase serait pentée vers un réseau de drains définitif,
- ✓ Réalisation d'un drainage périphérique extérieur de la recyclerie (géométrie à adapter au projet), pourvu d'un drain de 100 mm de section minimum, sur une forme étanche, et recouvert de matériaux filtrants graveleux de type 20/40, protégés par un géotextile filtrant à structure de tamis maille Ø 125 microns. On vérifiera que la pente du système de drainage soit supérieure à 5 mm/m afin d'éviter toute stagnation. Le fil d'eau du drain sera engravé dans une forme de béton maigre, afin de ne pas réinjecter les eaux collectées vers les fondations,
- ✓ Gestion des EP.

Il conviendra de veiller particulièrement à la qualité de réalisation du drainage dans la zone humide au Sud du site, une infiltration d'eau au pied des murs et des fondations étant susceptible de faire chuter la portance des terrains.

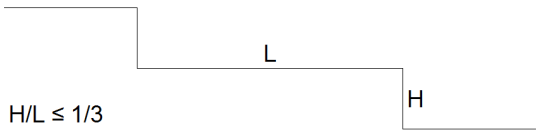
On veillera bien à ce que le nouveau drainage évacue l'eau en l'éloignant de l'existant (exutoire à définir).

8. ÉBAUCHE DIMENSIONNELLE DE LA SOLUTION DE FONDATION SUR SEMELLES FILANTES DES MURS DE QUAIS – MISSION G2-AVP

8.1. NIVEAU D'ASSISE

On veillera à respecter le plus restrictif des critères suivants :

- ✓ Un niveau d'assise calé au sein de la couche C1.1, à une profondeur de 1.3m minimum par rapport au terrain naturel, pour s'affranchir au maximum des aléas liés aux racines du Miscanthus,
- ✓ Respect d'un ancrage de 0.30m minimum dans la couche C1.1,
- ✓ Mise hors gel des fondations projetées (respect de 0.50m par rapport au sol périphérique fini),
- ✓ Respect des règles sur les fondations à niveaux décalés :



Semelles filantes

En cas de surprofondeur (présence de poches décomprimées, racines, traces de dessouchage d'arbres, etc.), purge de ceux-ci, substitution par un gros béton, fortement dosé.

8.2. RÉSISTANCE ULTIME ET TASSEMENTS

8.2.1. Résistance ultime

On tablera sur la définition suivante de la résistance nette du terrain à la sous face des fondations du soutènement suivant l'approche 2 de l'Eurocode 7 et la norme NF-P94-281 :

$R_{v,d}$: valeur de calcul de la résistance nette du terrain sous la fondation,
$R_{v,k}$: valeur caractéristique de la résistance nette du terrain sous la fondation,
q_{net} : contrainte associée à la résistance nette du terrain sous la fondation.

Méthode pressiométrique :

$$R_{v,d} = R_{v,k} / \gamma_{R,v}$$
$$R_{v,k} = A' \, q_{net} / \gamma_{R,d,v}$$

Avec:

$$R_{v,k} = A' \times k_p \times Pl_e^* \times i_\delta \times i_\beta / \gamma_{R,d,v}$$

Dans notre cas, nous pouvons tabler sur :

- ✓ **k_p = 0.8** (facteur de portance pressiométrique),
- ✓ **Pl_e^* = 1.0 MPa** (pression limite nette équivalente),
- ✓ **i_δ coefficient minorateur dû à l'inclinaision de la poussée des terres** (à confirmer au stade G2-PRO),
- ✓ **i_β = 1 pour une charge éloignée au minimum de 8B d'un talus** (à confirmer au stade de la mission G2-PRO),
- ✓ **A' = surface effective de la semelle** (m^2),
- ✓ **$\gamma_{R,d,v}$ = 1.2** (coefficient de modèle),
- ✓ **$\gamma_{R,v}$ = 1.40 aux ELU durable et transitoire,**
  1.20 à l'ELU combinaison accidentelle, et
  2.30 à aux ELS caractéristique et quasi-permanent.

Il vient en théorie :

$R_{v,k}$ /A' = 0.66 x i_δ MPa

ELU Transitoire et durable : **$R_{v,d}$/A' = 0.48 x i_δ MPa**

ELU Accidentelle : **$R_{v,d}$/A' = 0.56 x i_δ MPa**

ELS Caractéristique et Quasi-permanent : **$R_{v,d}$/A' = 0.29 x i_δ MPa**

8.2.2. Tassements à partir des essais pressiométriques

Le tassement (Sf) d'une fondation est la somme de deux termes :

S_c : tassement dit de consolidation ;

S_d : tassement dit déviatorique.

Avec :

$$S_c = \frac{\alpha}{9E_M}(q' - \sigma'_{v0})\lambda_c B \qquad S_d = \frac{2}{9E_M}(q' - \sigma'_{v0})B_0\left(\lambda_d \frac{B}{B_0}\right)^{\alpha}$$

Où :

B_0 = 0.6 m ;

q' = contrainte moyenne effective appliquée au sol par la fondation ;

E_M : module pressiométrique du sol E_c ~ 13 MPa environ

E_d ~ 11 à 18 MPa environ ;

α : coefficient rhéologique dépendant de la nature du sol et donné dans le tableau page suivante.

Type	Tourbe	Argile		Limon		Sable		Sable et gravier		Roche	
	α	E/pl	α	E/pl	α	E/pl	α	E/pl	α	Type	α
Surconsolidé très serré	-	> 16	1	> 14	2/3	> 12	½	> 10	1/3	Très peu fracturé	2/3
Normalement consolidé normalement serré	1	9-16	2/3	8-14	1/2	7-12	1/3	6-10	¼	Normal	1/2
Surconsolidé altéré remanié ou lâche	-	7-9	1/2	5-8	1/2	5-7	1/3		-	Très fracturé	1/3
Avec E module pressiométrique du sol et pl pression limite										Très altéré	2/3

Dans notre cas il vient :

Horizon	α
C1.1	1/2
C1.2	2/3

λ_c et λ_d coefficient de forme fonction des rapports L/B donnés ci-après :

L/B	1		2	3	5	20
	Cercle	Carré				
λc	1	1,10	1,20	1,30	1,40	1,50
λd	1	1,12	1,53	1,78	2,14	2,65

Pour exemple, dans notre cas, pour des appuis filants de largeur 2m, travaillant à $R_{v,d}/A = 0.29 \times i_\delta$ MPa à l'ELS, les tassements seraient devraient être inférieurs au centimètre, sous réserve d'une finition soignée des fouilles de fondation et d'un coulage pleine fouille immédiat. Attention, à cela peut s'ajouter le tassement lié au remblaiement de la plateforme. Si celui-ci n'est pas acceptable, on instrumentera le sol d'assise sous le remblai pour s'assurer de l'acquisition des tassements avant réalisation des murs en L.

8.3. SUJÉTIONS

Elles sont liées :

- ✓ à la vérification de la stabilité interne et externe des murs en phase G2-PRO à l'appui de la connaissance de leur géométrie et des caractéristiques intrinsèques des matériaux de remblaiement,
- ✓ à l'utilisation d'une pelle mécanique puissante travaillant en rétro,
- ✓ au respect d'un niveau d'ancrage de 0.3m au sein de la couche C1.1 et des critères développés au chapitre 8.2,
- ✓ aux fluctuations possibles du toit de la couche C1.1,
- ✓ au respect d'un niveau d'assise calé à une profondeur de 1.3m minimum par rapport au terrain naturel, pour s'affranchir au maximum des aléas liés aux racines du Miscanthus,

- ✓ à l'environnement nécessitant :
  - la purge et la substitution par un gros béton en cas de découverte de vestiges enterrés,
  - la purge de niveaux décomprimés et des sols organiques,
  - la purge et l'extraction des souches d'arbres et sols foisonnés associés,
  - la purge et le comblement par un gros béton des sondages à la pelle réalisés au stade G1-PGC si ceux-ci se retrouvent au droit des fondations du projet,

- ✓ à l'utilisation éventuelle d'un brise roche hydraulique en cas de rencontre de blocs de grande dimension, ou de niveaux indurés,

- ✓ à l'évacuation des déblais,

- ✓ au blindage des fouilles des massifs ou semelles au delà de 1.30m de profondeur, si du personnel doit y descendre,

- ✓ à une finition soignée des fouilles, au godet sans dent ou manuelle,

- ✓ au bétonnage à l'avancement des fondations : on privilégiera le travail par beau temps. S'il pleut, on veillera à ne pas laisser s'installer une stagnation d'eau dans les fouilles,

- ✓ à l'utilisation d'un béton fortement dosé en cas de présence d'eau, on prévoira la mise en place de béton en repoussant l'eau dans un angle de la fouille pour permettre son évacuation par pompage,

- ✓ au risque de surconsommation de béton liée à des hors profils (blocs, …),

- ✓ au drainage derrière les voiles.

9. ÉBAUCHE DIMENSIONNELLE DE LA SOLUTION DE FONDATION SUPERFICIELLE PAR RADIER DES BÂTIMENTS MODULAIRES (LOCAUX DEEE/DDS ET GARDIEN) – MISSION G2-AVP

9.1. PRINCIPE

Cette solution consiste à envisager une solution de fondation sur radier implanté sur les remblais d'apport des quais hauts.

Nous rappelons que la plateforme haute en remblais d'apport devra être réalisée en respectant les points détaillés au paragraphe 7.5.

9.2. NIVEAU D'ASSISE

On veillera à respecter les critères suivants :

- ✓ Un niveau d'assise calé dans les remblais d'apport de la plateforme haute,
- ✓ Mise hors gel des bêches périphériques (respect de 0.50m par rapport au sol périphérique fini).

9.3. RÉSISTANCE ULTIME ET TASSEMENTS

9.3.1. Résistance ultime

On tablera sur la définition suivante de la résistance nette du terrain à la sous face des fondations des bâtiments suivant l'approche 2 de l'Eurocode 7 et la norme NF-P94-281 :

$R_{v,d}$: valeur de calcul de la résistance nette du terrain sous la fondation,
$R_{v,k}$: valeur caractéristique de la résistance nette du terrain sous la fondation,
q_{net} : contrainte associée à la résistance nette du terrain sous la fondation.

Pour un radier de surface comprimée A' = 112.5 m² (22.5 m x 5 m – locaux DEEE/DDS) ou A' = 40 m² (8 m x 5 m – local gardien), calé dans les remblais d'apport de la plateforme haute de 2m d'épaisseur minimum et réceptionnée par essai à la plaque, on obtient :

ELU Transitoire et durable : **$R_{v,d}$/A' = 0.08 MPa**

ELU Accidentelle : **$R_{v,d}$/A' = 0.10 MPa**

ELS Caractéristique et Quasi-permanent : **$R_{v,d}$/A' = 0.05 MPa**

Valeurs qui devraient s'avérer suffisantes au regard du projet et sous réserve que la plateforme haute soit réalisée dans les Règles de l'Art et réceptionnée par essais à la plaque.

9.3.2. Tassements

En théorie, en respectant les prescriptions du paragraphe 7.5 et du présent chapitre, les tassements absolus devraient rester inférieurs au centimètre pour un radier travaillant à $R_{v,d}$/A' = 0.05 MPa à l'ELS en contrainte uniforme centrée.

Attention toutefois notre analyse ne peut intégrer l'effet néfaste des points durs et points mous subsistant dans les remblais. Ces derniers pourraient engendrer des tassements différentiels supérieurs au centimètre. À cela s'ajoute les déformations liées au sol d'assise après remblaiement qu'il conviendra d'intégrer dans la conception des radiers.

9.4. MODULE DE RÉACTION SOUS RADIER

Le module de réaction sous radier est de $k=\frac{P}{s}$ avec :

- P = Contrainte apportée par le radier,
- S = tassements sous le radier.

Il vient donc k = 1,6 MPa/m.

9.5. SUJÉTIONS D'EXÉCUTION

Elles sont liées :

- ✓ À la réalisation de la plateforme haute. L'épaisseur du remblai sous les bâtiments modulaires sera d'au minimum 2 m,
- ✓ À la qualité des matériaux d'apport et du compactage (avec essais à la plaque permettant une réception avec un objectif d'EV2 > 80 MPa minimum,
- ✓ À la réalisation d'une plateforme homogène,
- ✓ À la mise en œuvre d'un béton de propreté,
- ✓ Au bétonnage rapide du radier après mise en place du ferraillage : on privilégiera le travail par beau temps. S'il pleut, on veillera à ne pas laisser s'installer une stagnation d'eau dans les fouilles,
- ✓ À la réalisation de bêches périphériques de protection au gel, qui pourront être intégrées au radier pour en améliorer la rigidification,
- ✓ À l'intégration des déformations potentielles sous radier.

10. ÉBAUCHE DIMENSIONNELLE DE LA SOLUTION DE FONDATIONS SUPERFICIELLES DE LA RECYCLERIE – MISSION G2-AVP

10.1. PRINCIPE

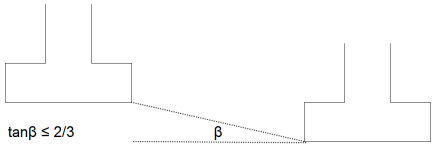
Cette solution consiste à envisager une solution de fondations superficielles sous les appuis de la recyclerie (bâtiment de type industriel). Elles seront de type :

- ✓ Semelles filantes au droit des appuis linéaires,
- ✓ Semelles isolées au droit des appuis ponctuels.

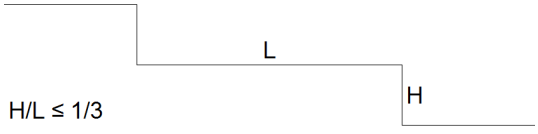
10.2. NIVEAU D'ASSISE

On veillera à respecter le plus restrictif des critères suivants :

- ✓ Un niveau d'assise calé au sein de la couche C1.1, à une profondeur de 1.3m minimum par rapport au terrain naturel, pour s'affranchir au maximum des aléas liés aux racines du Miscanthus,
- ✓ Respect d'un ancrage de 0.30m minimum dans la couche C1.1,
- ✓ Mise hors gel des fondations projetées (respect de 0.50m par rapport au sol périphérique fini),
- ✓ Respect des règles sur les fondations à niveaux décalés :



Semelles isolées



Semelles filantes

En cas de surprofondeur (présence de poches décomprimées, racines, traces de dessouchage d'arbres, etc.), purge de ceux-ci, substitution par un gros béton, fortement dosé.

10.3. RÉSISTANCE ULTIME ET TASSEMENTS

10.3.1. Résistance ultime

De la même manière qu'au paragraphe 8.2.1, avec :

- ✓ **k_p = 0.8** (facteur de portance pressiométrique),
- ✓ **Pl_e* = 1.0 MPa** (pression limite nette équivalente),
- ✓ **i_δ = 1 pour une charge verticale centrée** (à confirmer au stade G2-PRO),
- ✓ **i_β = 1 pour une charge éloignée au minimum de 8B d'un talus** (à confirmer au stade de la mission G2-PRO),
- ✓ **A' = surface effective de la semelle** (m^2),
- ✓ **$\gamma_{R,d,v}$ = 1.2** (coefficient de modèle),
- ✓ **$\gamma_{R,v}$ = 1.40 aux ELU durable et transitoire,**
  1.20 à l'ELU combinaison accidentelle, et
  2.30 à aux ELS caractéristique et quasi-permanent.

Il vient en théorie :

$R_{v,k}$ /A' = 0.66 MPa

ELU Transitoire et durable : **$R_{v,d}$/A' = 0.48 MPa**

ELU Accidentelle : **$R_{v,d}$/A' = 0.56 MPa**

ELS Caractéristique et Quasi-permanent : **$R_{v,d}$/A' = 0.29 MPa**

10.3.2. Tassements à partir des essais pressiométriques

Les tassements sont estimés de la même manière qu'au paragraphe 8.2.2, avec :

- ✓ Ec ~ 13 MPa environ,
- ✓ Ed ~ 11 à 18 MPa environ,
- ✓ α :

Horizon	α
C1.1	1/2
C1.2	2/3

À titre d'exemple, dans notre cas, pour une semelle isolée de 1.0 x 1.0m (A' = 1.0m²) ou une semelle filante de 0.8 x 22.5m, travaillant à $R_{v,d}/A$ = 0.29 MPa à l'ELS en contrainte uniforme centrée, sur la base des résultats pressiométriques, les tassements seraient de :

$$s_f \leq 1 \text{ cm}$$

Pour les fondations étudiées ci-dessus, les tassements absolus et différentiels devraient être inférieurs au centimètre, sous réserve d'une finition soignée des fouilles de fondation et d'un coulage pleine fouille immédiat.

10.4. SUJÉTIONS D'EXÉCUTION

Elles sont liées :

- ✓ à l'utilisation d'une pelle mécanique puissante travaillant en rétro,
- ✓ au respect d'un niveau d'ancrage de 0.3m au sein de la couche C1.1 et des critères développés au chapitre 8.2,
- ✓ au respect d'un niveau d'assise calé à une profondeur de 1.3m minimum par rapport au terrain naturel, pour s'affranchir au maximum des aléas liés aux racines du Miscanthus,
- ✓ aux variations du niveau d'assise des fondations, en relation avec la fluctuation du toit du niveau d'ancrage,
- ✓ à l'environnement nécessitant :
  - la purge et la substitution par un gros béton en cas de découverte de vestiges enterrés,
  - la purge de niveaux décomprimés et des sols organiques,
  - la purge et l'extraction des souches d'arbres et sols foisonnés associés,
  - la purge et le comblement par un gros béton des sondages à la pelle réalisés au stade G1-PGC si ceux-ci se retrouvent au droit des fondations du projet,
- ✓ à l'utilisation éventuelle d'un brise roche hydraulique en cas de rencontre de blocs de grande dimension, ou de niveaux indurés,

- ✓ à l'évacuation des déblais,
- ✓ au blindage des fouilles des massifs ou semelles au delà de 1.30m de profondeur, si du personnel doit y descendre,
- ✓ à une finition soignée des fouilles, au godet sans dent ou manuelle,
- ✓ au bétonnage à l'avancement des fondations : on privilégiera le travail par beau temps. S'il pleut, on veillera à ne pas laisser s'installer une stagnation d'eau dans les fouilles,
- ✓ à l'utilisation d'un béton fortement dosé en cas de présence d'eau, on prévoira la mise en place de béton en repoussant l'eau dans un angle de la fouille pour permettre son évacuation par pompage,
- ✓ au risque de surconsommation de béton liée à des hors profils (blocs, …).

11. ÉBAUCHE DIMENSIONNELLE DES ÉPAISSEURS DE COUCHES DE FORME SOUS VOIRIES, DALLES BÉTON ET DALLAGES – MISSION G2-AVP

Dans ce chapitre, nous développons les préconisations pour les épaisseurs des couches de formes sous voiries, dalles béton (support de conteneur, aires de stockage, ect.) et dallage sur terre plein de la recyclerie.

11.1. GÉNÉRALITÉS

La couche de forme sous voiries et sous dallage a trois fonctions :

- ✓ la partie inférieure a une fonction drainante pour éviter que ne s'installe dans la couche de forme un effet piscine, à installer donc sur une arase pentée et à concevoir avec des systèmes de drains à relier à un exutoire,
- ✓ une fonction globale d'homogénéisation de la portance,
- ✓ la partie supérieure, par sa granulométrie plus fine (0/31.5), a une fonction de fin réglage.

Le projet comporte la réalisation :

- ✓ d'un dallage sur terre plein au niveau de la recyclerie,
- ✓ de dalles béton support de conteneurs, stockage benne, aire gravats et aire de stockage déchets verts en plateforme basse,
- ✓ d'une dalle béton pour la zone colonnes en plateforme haute,
- ✓ de voiries légères en plateforme haute,
- ✓ des voiries lourdes et légères en plateforme basse, a priori réalisées en profil rasant par rapport au terrain actuel, ou en léger remblai de l'ordre de 0.5m maximum par rapport au TN (hors rampe d'accès à la plateforme haute).

Dans ce cadre, sont visées :

- ✓ pour le dallage, les dalles béton et les voiries légères : une plateforme de type PF2 caractérisée par une $EV_2^3 \geq 50MPa$ et un rapport $EV_2/EV_1 < 2.1$ (EV_1 et EV_2 étant les modules de 1er et 2ème chargement à l'essai à la plaque suivant le mode opératoire LCPC),

- ✓ pour les voiries lourdes, compte tenu des fréquentes manœuvres de camions chargés, une plateforme de type PF2+ caractérisée par une $EV_2^3 \geq 80MPa$ et un rapport $EV_2/EV_1 < 2.1$.

On rappelle que pour la plateforme haute, sur la base d'une réception en matériaux granulaires, on vise en réception une valeur EV2 ≥ 80MPa (cf. chapitre 7.5).

Dans le cas où ces hypothèses de départ prises pour l'ébauche dimensionnelle des couches de forme viendraient à être modifiées, le Maître d'œuvre nous le notifiera car les conclusions données ci-après pourraient être caduques. Les objectifs énoncés ci-avant devront être validés par la maitrise d'œuvre.

11.2. PRÉPARATION DES ARASES

Le chantier de terrassement permettant la mise en œuvre des couches de forme, se fera en situation météorologique favorable, hors séquence de pluie, neige et gel. En situation météorologique défavorable, le chantier sera arrêté.

La terre végétale ainsi que la tête des sols en place sera terrassée à l'avancement, jusqu'à une PST qualifiée par une portance attendue minimale définie soit par mesure directe (EV_2^2) soit par une mesure de résistance à la pénétration dynamique (qd) moyennée sur 1.20m ($EV_2^2 = 6qd$). Ici, la portance minimale attendue de la PST est de $EV_2^2 = 15MPa$ en tablant sur une résistance dynamique de pointe qd = 2.5MPa, pour un sol non remanié.

Pour le terrassement, l'utilisation du bouteur ou de la chargeuse chenillée est exclu, ceux-ci risquant de fortement remanier l'arase terrassement. Le terrassement se fera à la pelle mécanique chenillée, en rétro, godets avec dents, bien à plat en finition ou godet sans dents.

Attention, une PST remaniée peut chuter à un EV_2^2 de 5MPa.

Il est exclu de compacter directement la PST, ce compactage pouvant créer un effet panse de vache par surcompactage et obligeant à ouvrir tout le terrassement avant mise en œuvre des matériaux des couches de forme.

La PST sera terrassée avec formes de pentes de 2%, ménageant des lignes de points bas dans lesquelles seront placés des drains Ø=150mm, eux mêmes enrobés dans une gravette 5/20 entourée par un géotextile possédant une résistance à la rupture de 12kN/m minimum et de porométrie O95>150mm, les drains étant piqués sur un exutoire.

11.3. COUCHES DE FORME

L'épaisseur totale de la couche de forme à mettre en œuvre est donnée par la relation :

$$h = 30 x Ln\left(\frac{1/EV_2^2 - 1/EV_2^1}{1/EV_2^3 - 1/EV_2^1}\right) + 0.6x\left(\frac{EV_2^3}{EV_2^2} - 1\right)$$ *(Formule de J.C. GRESS)*

Avec : h en cm,

EV_2^3 = module de réception sur la couche de forme,

EV_2^1 = module intrinsèque des matériaux d'apport compris entre 120 et 200MPa en fonction des matériaux.

Les matériaux de couche de forme seront mis en œuvre sur un géotextile possédant une résistance à la rupture de 20kN/m minimum, déroulé à l'avancement des terrassements. On limitera le D des matériaux de couche de forme à 60mm.

Les matériaux à fonction drainante de la couche de forme, seront mis en œuvre à l'avancement des terrassements et du déroulement du géotextile.

Les matériaux de couche de forme suggérés sont de type :

<u>En matériaux drainants de type 0/60</u> :

- D ≤ 60mm,
- propres : VBS < 0.1,
- passant à 80µm < 5 %,
- drainants D10 > 1mm,
- durs, non gélifs (LOS et MDE < 45),
- chimiquement inertes,

<u>fermés par une couche de réglage :</u>

- D ≤ 31.5mm,
- propres : VBS < 0.1,
- passant à 80µm < 5 %,
- chimiquement inertes,
- durs, non gélifs (LOS et MDE < 45),
- bien gradués, s'inscrivant dans un fuseau de TALBOT-FULLER d'équation :

$$\frac{p}{100}=\left(\frac{d}{D}\right)^n$$

n étant déterminée à partir des couples :

D=60mm, %80µm = 3% : courbe basse du fuseau,
D=20mm, %80µm = 7% : courbe haute.

Ces matériaux compactés à q3 ont respectivement un module EV_2[1] intrinsèque (module de la couche suffisamment épaisse pour que le bicouche n'intègre plus le sol de fondation) de :

- ✓ 150MPa pour le 0/60mm,
- ✓ 200 MPa pour le 0/31.5mm.

Dans ces conditions, on peut tabler sur :

- ✓ une **épaisseur h de 0/60mm de 60cm fermée par 10cm de 0/31.5mm** pour obtenir un **EV_2[3]** minimal de la plateforme de **80MPa (PF2+)** en veillant à ce que EV_2/EV_1 <2.1, pour la **couche de forme sous voiries lourdes**,

- ✓ une **épaisseur h de 0/60mm de 40cm fermée par 10cm de 0/31.5mm** pour obtenir un **EV_2[3]** minimal de la plateforme de **50MPa (PF2)** en veillant à ce que EV_2/EV_1 <2.1, pour la **couche de forme sous dallage, dalles béton et voiries légères**, hors contexte de plateforme haute, où, par conception, on recherche 80MPa minimum.

Nous rappelons que notre étude permet de fixer les critères de portance des plateformes, néanmoins, il appartiendra à l'entreprise d'adapter les moyens de compactage afin de respecter ces critères tout en préservant les bâtiments et ouvrages avoisinants.

Si le critère de portance n'est pas atteint, c'est que, soit :

- ✓ la teneur en eau du matériau constitutif de l'arase est plus élevée que pendant les sondages,

- ✓ la purge n'a pas été suffisamment approfondie,

- ✓ le matériau de couche de forme sous-jacent n'est pas de qualité suffisante en nature et/ou en compactage,

- ✓ le compactage est trop intensif et a « claqué » le support.

Il convient donc d'identifier le facteur incriminé pour choisir les mesures adaptées.

La plateforme haute sera réalisée en remblai d'environ 2.0 à 2.5m d'épaisseur, nous ne pouvons que supposer les performances du remblai à ce stade (voir paragraphe 7.5).

Nous avons tablé sur des matériaux granulaires nobles, insensibles à l'eau, réceptionnés à 80MPa (à valider en G2 PRO).

ꕥꕥꕥꕥꕥꕥꕥꕥ

12. POINTS À ÉTUDIER PARTICULIÈREMENT AU STADE G2-PHASE PRO

Au stade de la mission G2-phase PRO, nous proposons la liste non exhaustive des points à détailler :

- ✓ Validation des matériaux utilisés pour le remblaiement, caractéristiques minimum attendues au compactage,
- ✓ Validation de la géométrie des appuis en fonction des descentes de charges,
- ✓ Validation de la géométrie et des appuis des murs de soutènements en fonction des poussées des terres,
- ✓ Suivi piézométrique pour évaluer les fluctuations de la nappe,
- ✓ Conception du drainage (drainage général du site, drainage spécifique des différents ouvrages),
- ✓ Validation de technique de réalisation des fondations (nécessité de blindages, fiche,…),
- ✓ Tassements sous dalles en fonction des charges appliquées.

Nous restons à la disposition de **RENNES METROPOLE** et de tous les intervenants pour tous renseignements complémentaires.

Dressé par les Ingénieurs soussignés

Ingénieur en charge de l'opération

Agathe FONTAINE

HYDROGEOTECHNIQUE NORD ET OUEST
Direction Régionale Bretagne
ZAC du Chêne Vert - 2, rue de la Barberais
35630 LE RHEU
Tél. 02 99 26 17 44 - Fax 02 99 26 17 45
T.V.A. FR 82 - SIRET 440 317 717 00013 - APE 71.12 B

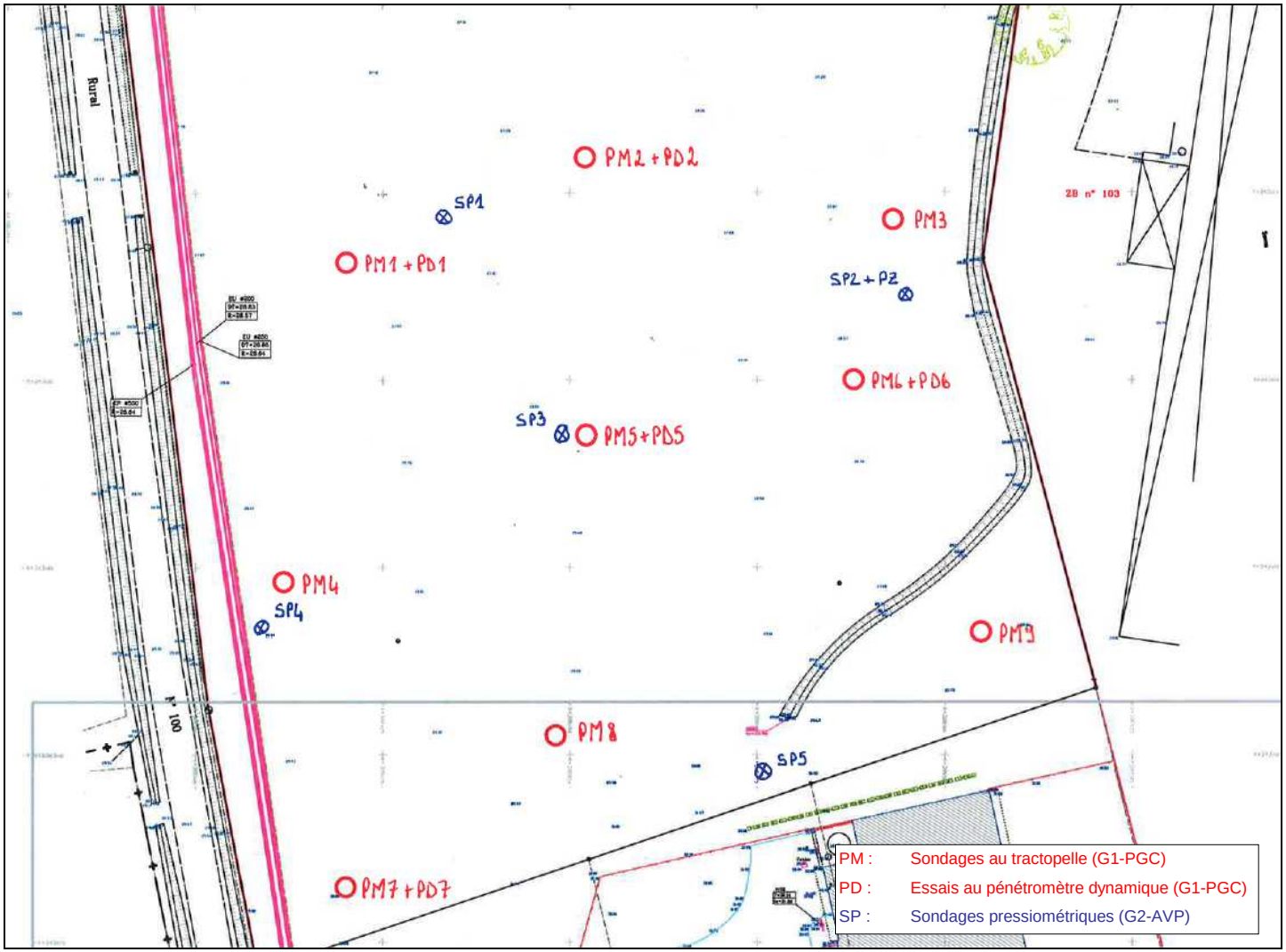
Ingénieur superviseur externe,

Matthias FERREIRA

ANNEXES

ANNEXE 1

Plan d'implantation des sondages



Plan d'implantation des sondages

(Fond extrait du plan topographique du site)

ANNEXE 2

Coupes des sondages pressiométriques

HYDROGEOTECHNIQUE

RENNES METROPOLE
Construction d'une déchetterie
Saint-Erblon (35)

Contrat C.16.32063

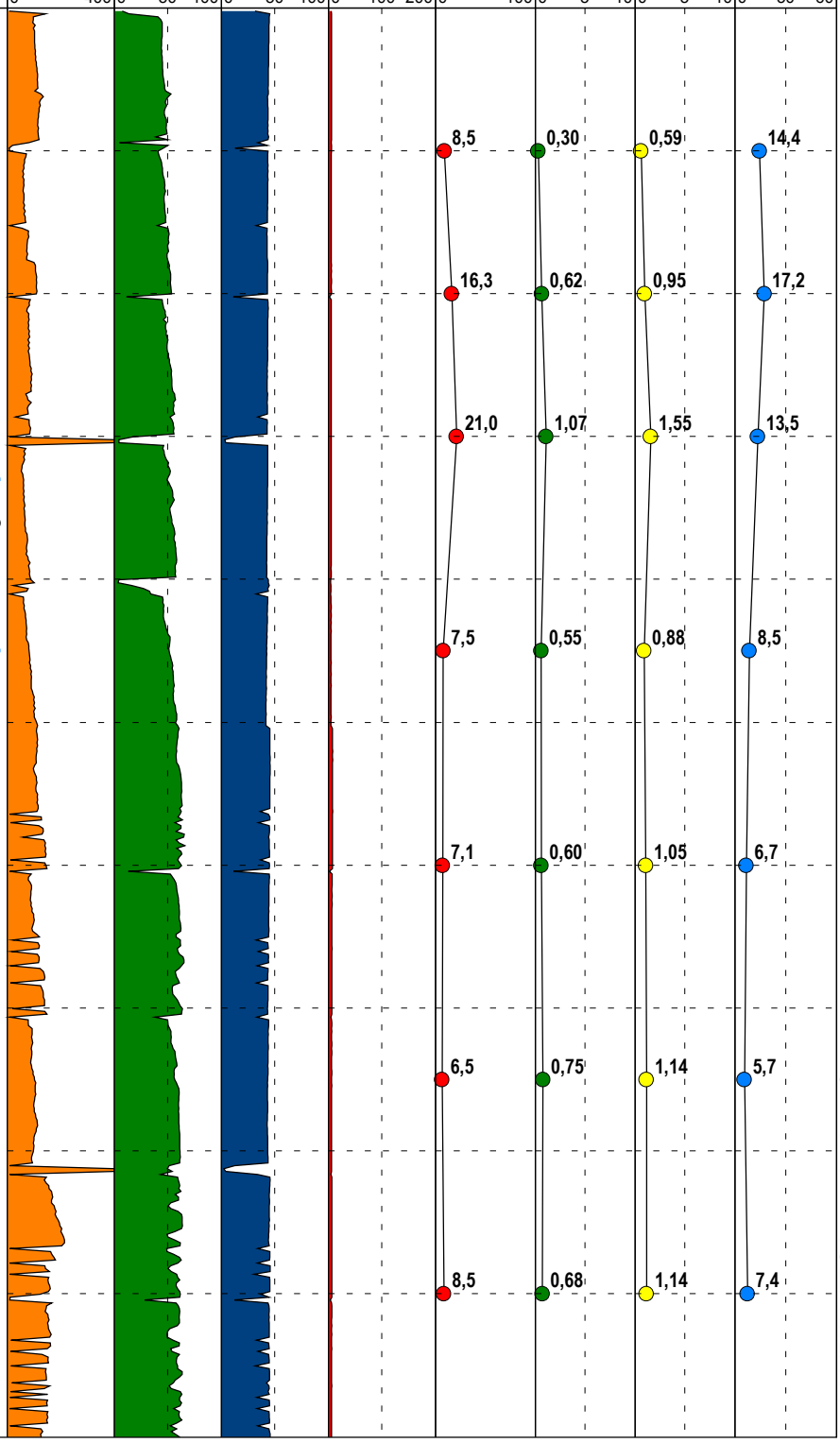
Date : **07/12/2016** Cote NGF (m) : **27.69 m** Profondeur : **0,00 - 10,00 m**
Machine : **H750/3** X (RGF93) : **1351082.88 m**
Y (RGF93) : **7212694.55 m**

1/50

Forage : SP1

EXGTE 2.27/LUT3EPF511FR

Cote NGF (m)	Profondeur (m)	Lithologie	Outil	Fluide	Niveau d'eau
27,1	0	Limons marron gris verdâtre avec racines, radicelles (C0.Tv)	Tarière Ø 64mm	Aucun fluide de forage	3,3 m 08/12/2016 Fin de forage
26,7	1	Limons marron clair gris verdâtre (C1.0)			08/12/2016 1ère rencontre
	2	Limons +/- argileux marron clair verdâtre (C1.1)			
	3				
	4				
23,2	5	Argile limoneuse grise, très humide (C1.2)			
	6				
	7				
	8				
	9				
17,7	10				



Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr

HYDROGEOTECHNIQUE

RENNES METROPOLE
Construction d'une déchetterie
Saint-Erblon (35)

Contrat C.16.32063

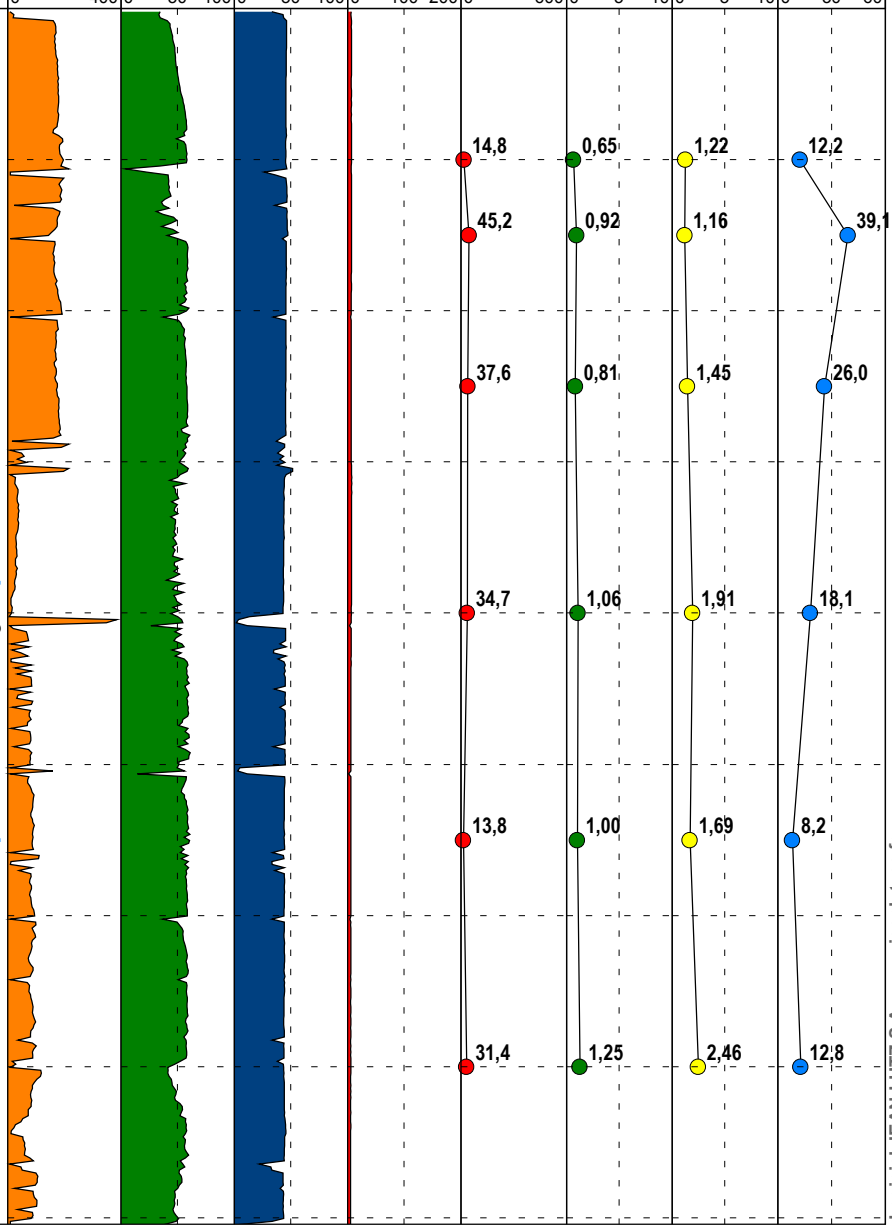
Date : **06/12/2016** Cote NGF (m) : **28.27** Profondeur : **0,00 - 8,04 m**
Machine : **H750/3** X (RGF93) : **1351148.20 m**
Y (RGF93) : **7212682.41 m**

1/50

Forage : SP2

EXGTE 2.27/LUT3EPF511FR

Cote NGF (m)	Profondeur (m)	Lithologie	Outil	Fluide	Niveau d'eau
27,5	0	Limons marron avec racines, radicelles (C0.Tv)	Tarière Ø 64 mm	Aucun fluide de forage	3,8 m 07/12/2016 Fin de forage
26,3	1	Limons +/- argileux marron gris verdâtre (C1.1)			
25,4	2	Limons +/- argileux marron clair (C1.1)			
23,3	3	Limons +/- argileux marron clair, légèrement verdâtre (C1.1)			
22,3	5	Limons +/- argileux marron clair, un peu plus humides (C1.1)			
21,3	6	Limons +/- argileux marron clair, humides (C1.1)			
20,2	7	Limons +/- argileux marron clair, gorgés d'eau (C1.1)			06/12/2016 1ère rencontre entre 5 et 6m
	8				



Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr

HYDROGEOTECHNIQUE

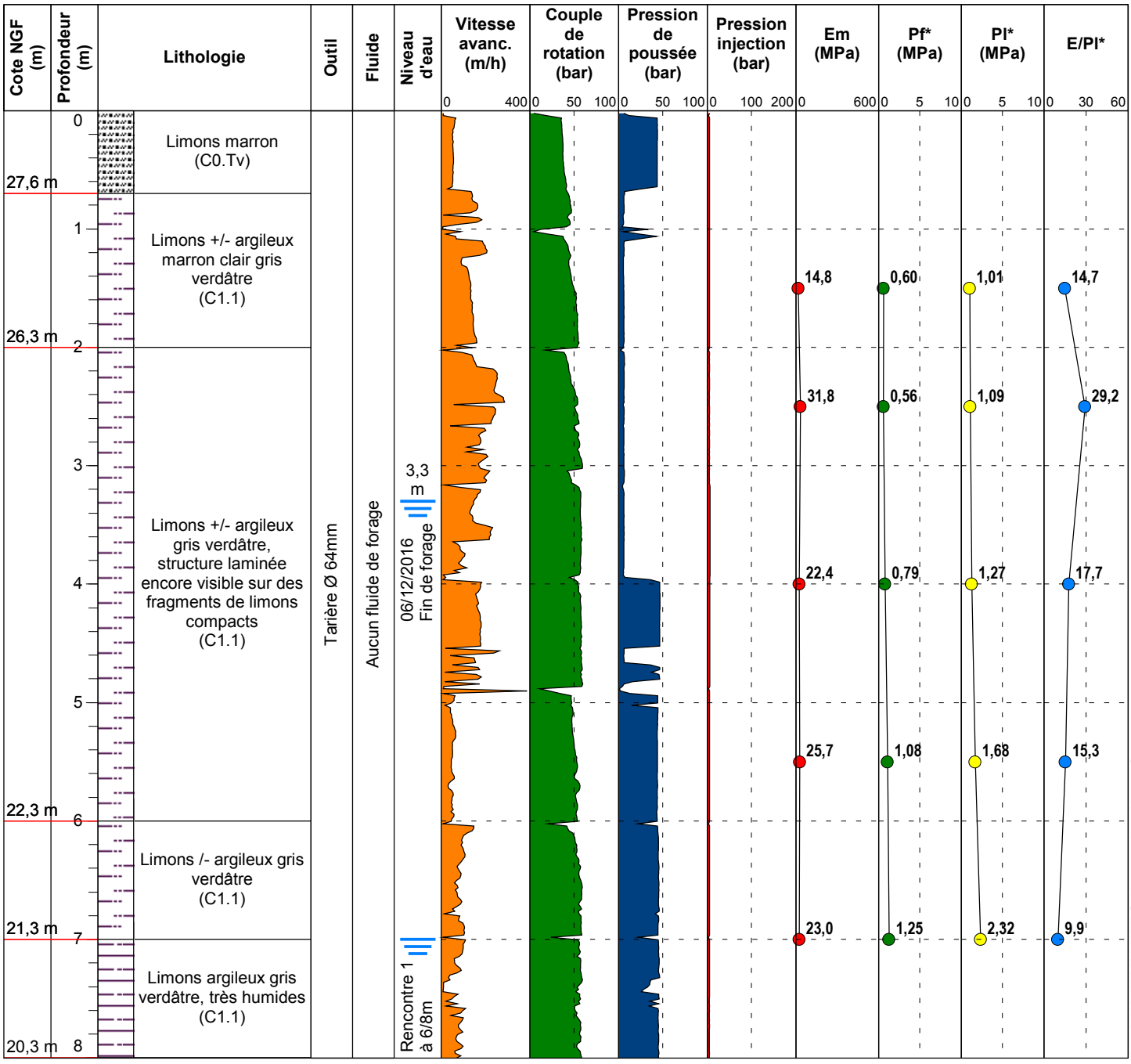
Contrat C.16.32063

RENNES METROPOLE
Construction d'une déchetterie
Saint-Erblon (35)

Date : **06/12/2016** Cote NGF (m) : **28.25 m** Profondeur : **0,00 - 8,00 m**

Machine : **H750/3**

Forage : SP3



Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr

HYDROGEOTECHNIQUE

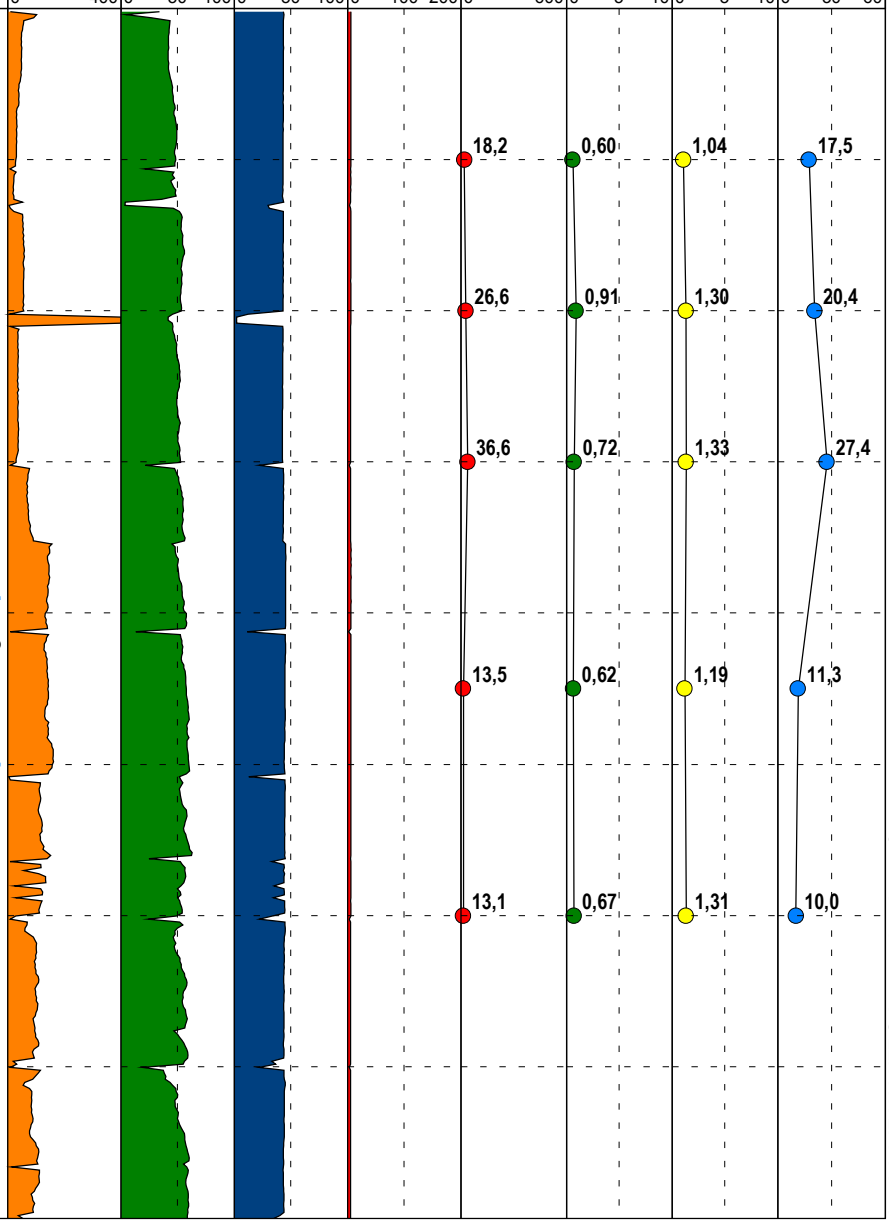
RENNES METROPOLE
Construction d'une déchetterie
Saint-Erblon (35)

Contrat C.16.32063

Date : **07/12/2016** Cote NGF (m) : **29.4 m** Profondeur : **0,00 - 8,00 m**
Machine : **H750/3** X (RGF93) : **1351064.67 m**
Y (RGF93) : **7212618.36 m**

Forage : SP4

Cote NGF (m)	Profondeur (m)	Lithologie	Outil	Fluide	Niveau d'eau
28,9	0	Limons marron avec racines, radicelles (C0.Tv)	Tarière Ø 64mm	Aucun fluide de forage	3,9 m 07/12/2016 Fin de forage 07/12/2016 1ère rencontre vers 5m
	1	Limons +/- argileux marron (C1.1)			
	2				
26,4	3	Limons +/- argileux marron verdâtre (C1.1)			
25,4	4	Argile limoneuse très légèrement sableuse, marron clair, gorgée d'eau (C1.2)			
	5				
23,4	6	Argile limoneuse marron clair gris, très humide (C1.2)			
	7				
21,4	8				



Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr

HYDROGEOTECHNIQUE

Contrat C.16.32063

RENNES METROPOLE
Construction d'une déchetterie
Saint-Erblon (35)

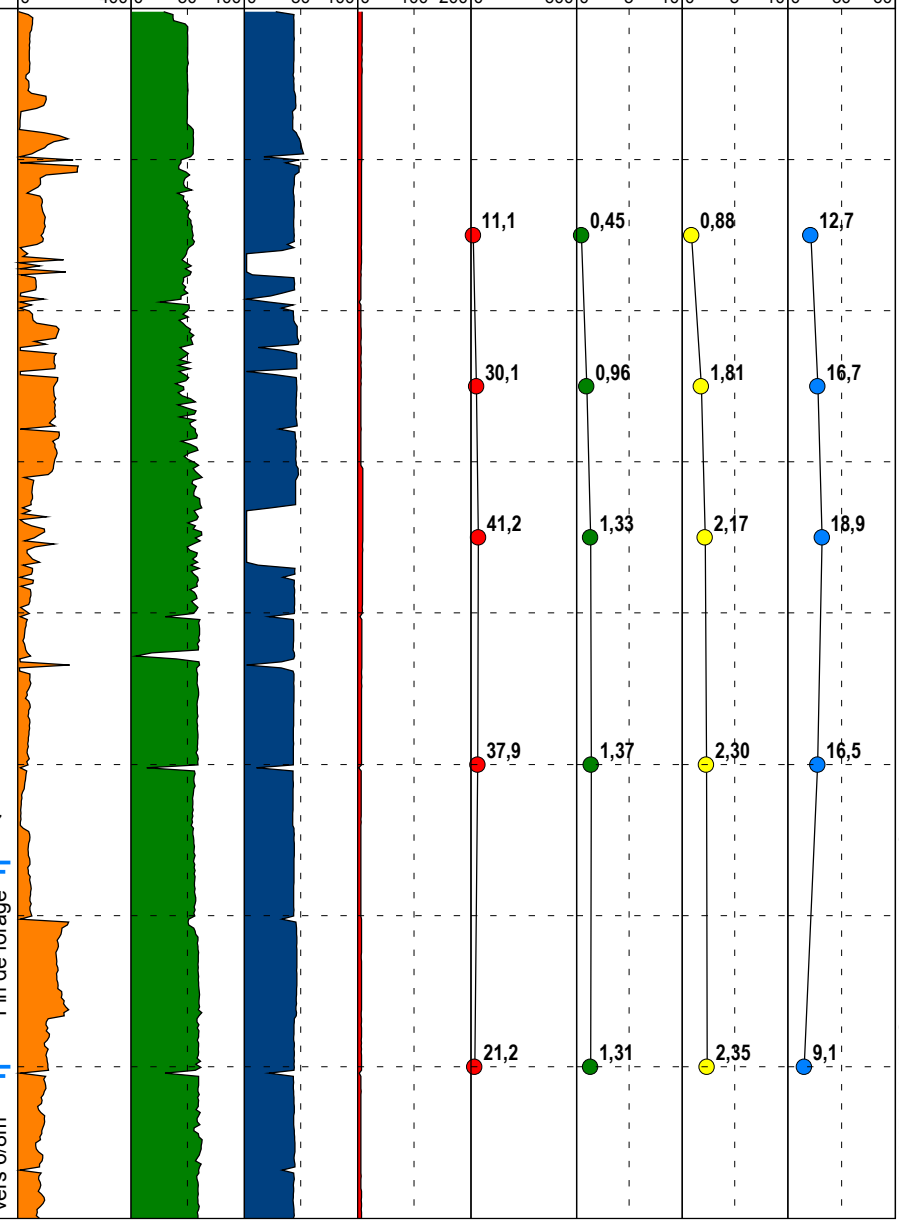
Date : **05/12/2016** Cote NGF (m) : **30.61 m** Profondeur : **0,00 - 8,00 m**
Machine : **H750/3** X (RGF93) : **1351125.81 m**
Y (RGF93) : **7212618.36 m**

1/50

Forage : SP5

EXGTE 2.27/LUT3EPF511FR

Cote NGF (m)	Profondeur (m)	Lithologie	Outil	Fluide	Niveau d'eau
30,1	0	Limons marron (C0.Tv)	Tarière Ø 64mm	Aucun fluide de forage	5,7 m 05/12/2016 Fin de forage
29,5	1	Limons marron (C1.0)			
	2	Limons +/- argileux marron avec des cailloutis de limons indurés (C1.1)			
27,5	3				
	4	Limons +/- argileux marron verdâtre (C1.1)			
24,6	5				
	6	Limons argileux très légèrement sableux marron clair (C1.1)			Rencontre 1 vers 6/8m
22,6	7				
	8				



Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr

ANNEXE 3

Coupes de sondages au tractopelle et pénétrogrammes

HYDROGEOTECHNIQUE

Déchèterie
Rennes Métropole
SAINT ERBLON (35)

(Contrat C15.32085)

Date : 28/12/2015 Cote NGF (m) : 27.9 Profondeur : 0,00 - 3,00 m

Machine : Tractopelle

1/25

Forage : PM1

EXGTE 2.30/GTE

Profondeur (m)	Lithologie	Niveau d'eau	Outil	Terrassabilité	Tenue des parois	Echantillons
0 – 0,20 m	Terre végétale limoneuse marron C0.Tv	Aucune arrivée d'eau	Tractopelle, godet de 45cm à dents	Bonne terrassabilité	Moyenne	
0,20 – 0,65 m	Limons argileux marron clair C1.0				Bonne tenue des parois	
0,65 – 1,20 m	Limons agileux marron ocres légèrement grisatre. C1.0					
1,20 – 3,00 m	Limons argileux indurés gris bleu clair avec zones ocres rouille et placages noirs. structure de la roche encore visible par endroit. Cailloux de siltite/argilite, Dmax = 8cm et blocs de quartz, Dmax=40cm. C1.1			Terrassabilité moyenne		

Arrêt volontaire du sondage

Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr

HYDROGÉOTECHNIQUE NORD & OUEST

Saint Erblon (35)

Dossier : **C.15.32085**

Client : Rennes Métropole
Entreprise de pose :

Opérateur : **XGA**

Adresse :
Date : 30/12/2015 à 09h39
Type d'ouvrage :
Coord. GPS du point : Non déterminées

Fonction utilisée :
Fonction G - conforme à la norme NF EN ISO 22476-2

Profondeur visée : 6.000 m
Profondeur atteinte : 6.310 m
Nombre de coups : 246

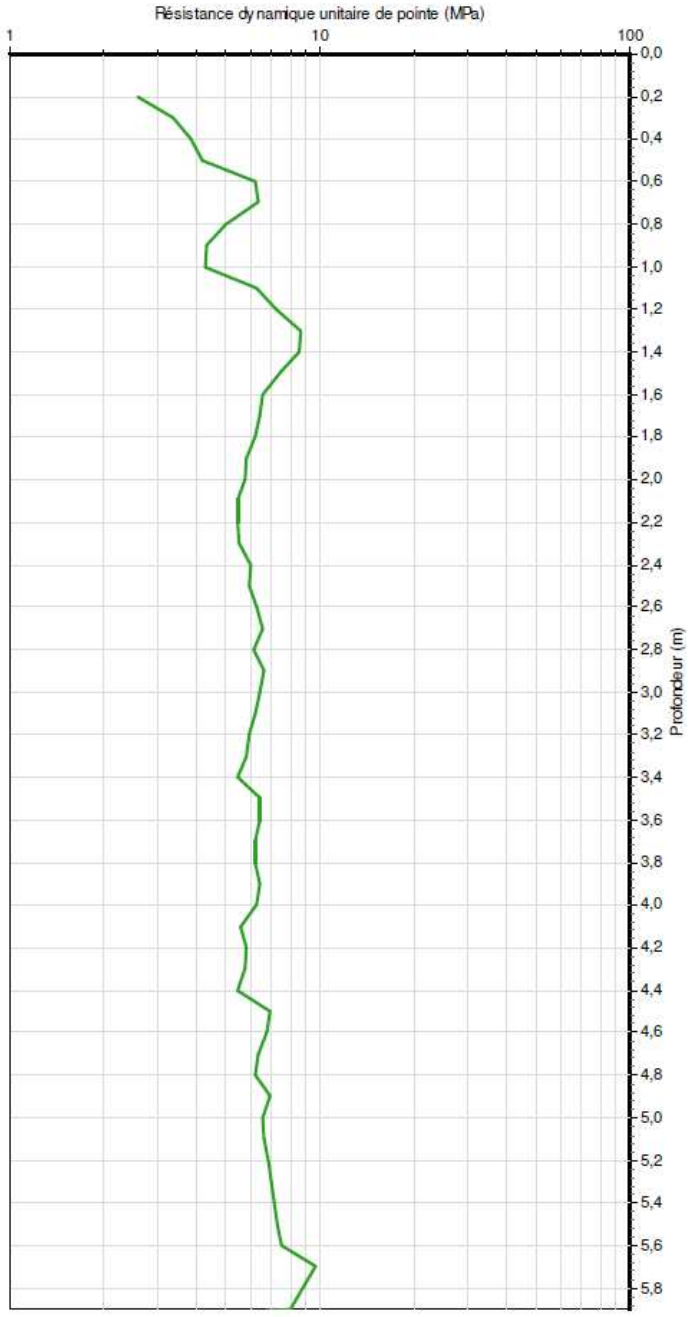
Couples de frottement :
Non mesurés

Observations :
Enfoncement de la tige de 0.20m avant le début de l'essai

SEDIDRILL GTR 2012/43
Calibré le : 05/07/2012

Masse du mouton : 64,0 kg
Hauteur de chute : 750 mm
Masse de l'enclume : 14.1 kg
Masse d'une tige : 6 kg
Masse de la pointe : 0.3 kg
Surface de la pointe : 20 cm²

PENETROGRAMME PD1



Matériel étalonné par : Le Ministère de l'Equipement - C.E.R. de Rouen - N° OP99, 107/01

HYDROGEOTECHNIQUE

Déchèterie
Rennes Métropole
SAINT ERBLON (35)

(Contrat C15.32085)

Date : 28/12/2015 Cote NGF (m) : 27.8 Profondeur : 0,00 - 2,40 m

Machine : Tractopelle

1/25

Forage : PM2

EXGTE 2.30/GTE

Profondeur (m)	Lithologie	Niveau d'eau	Outil	Terrassabilité	Tenue des parois	Echantillons
0 – 0,35 m	Terre végétale limoneuse marron brune et grisatre avec débris végétaux C0.Tv	Acunne arrivée d'eau	Tractopelle, godet de 45cm à dents	Bonne terrassabilité	Bonne tenue des parois	
0,35 – 1,10 m	Limon plus ou moins argileux grisatre et marron ocre avec placages noirs à cailloux et cailloutis de siltite/argilite verdatre foncé et de quartz. C1.0					
1,10 – 2,40 m	Siltite/Argilite altérée vert foncée en blocs (Dmax=27cm), colorations gris bleu clair autour des cailloux. Matrice limoneuse légèrement sableuse peu abondante avec cailloux et cailloutis de siltite/argilite. C2.0			Terrassabilité de plus en plus difficile avec la profondeur		

Arrêt du sondage au refus

Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr

HYDROGÉOTECHNIQUE NORD & OUEST

Saint Erblon (35) Dossier : **C.15.32085**

Client : Rennes Métropole
Entreprise de pose : Opérateur : **XGA**

Adresse :
Date : 30/12/2015 à 10h12
Type d'ouvrage :
Coord. GPS du point : Non déterminées

Fonction utilisée :
Fonction G - conforme à la norme NF EN ISO 22476-2

Profondeur visée : 6.000 m
Profondeur atteinte : 6.016 m
Nombre de coups : 457

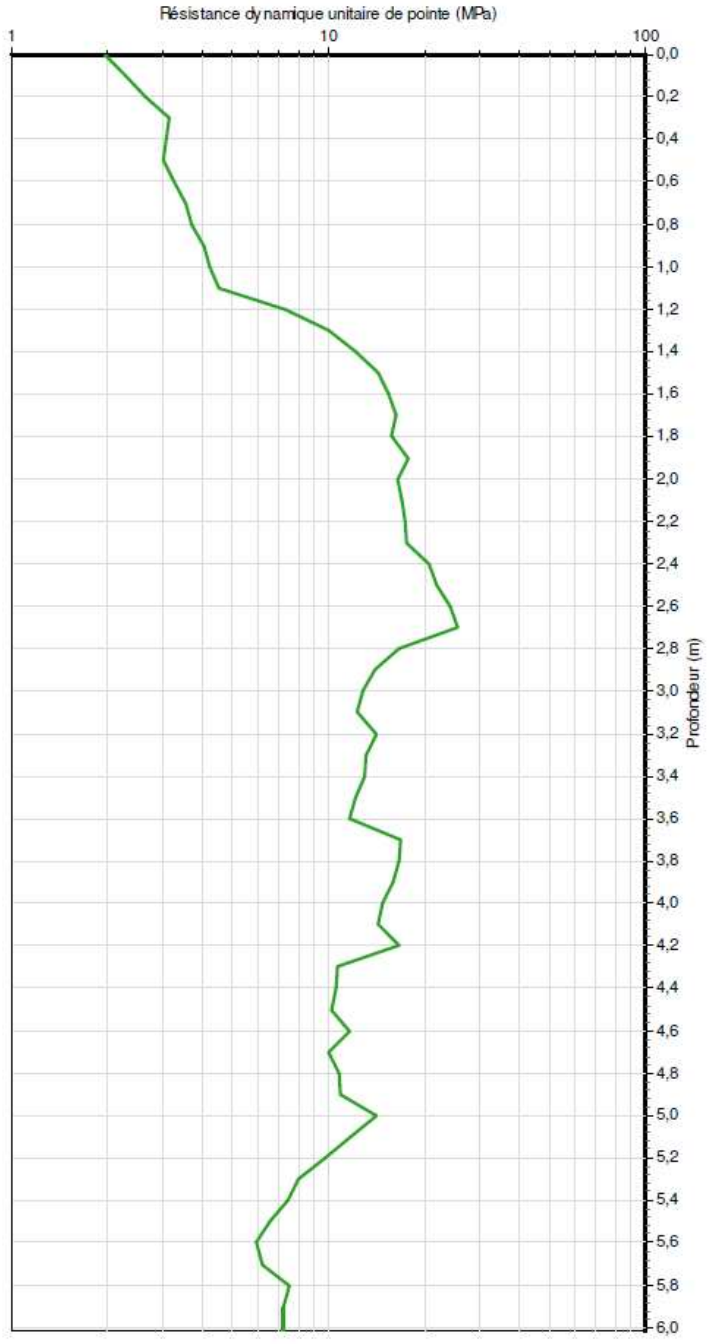
Couples de frottement :
Non mesurés

Observations :

SEDIDRILL GTR 2012/43
Calibré le : 05/07/2012

Masse du mouton : 64,0 kg
Hauteur de chute : 750 mm
Masse de l'enclume : 14.1 kg
Masse d'une tige : 6 kg
Masse de la pointe : 0.3 kg
Surface de la pointe : 20 cm²

PENETROGRAMME PD2



Matériel étalonné par : Le Ministère de l'Equipement - C.E.R. de Rouen - N° OP99, 107/01

HYDROGEOTECHNIQUE

Déchèterie
Rennes Métropole
SAINT ERBLON (35)

(Contrat C15.32085)

Date : **28/12/2015** Cote NGF (m) : **27.9** Profondeur : **0,00 - 2,80 m**

Machine : **Tractopelle**

1/25

Forage : PM3

EXGTE 2.30/GTE

Profondeur (m)	Lithologie	Niveau d'eau	Outil	Terrassabilité	Tenue des parois	Echantillons
0 – 0,50 m	Terre végétale C0.Tv	Aucune arrivée d'eau	Tractopelle, godet de 45cm à dents	Bonne terrassabilité	Moyenne	
0,50 – 0,65 m	Limon marron avec quelques taches ocres C1.0					
0,65 – 2,80 m	Limon marron clair avec des zones bloceuse plus argileuses et indurées gris-bleues claires avec taches ocre/rouille, placages noirs et nodules noirs. Cailloux et cailloutis de siltite/argilite vert foncé et quelques cailloux de quartz (Dmax=9cm) C1.1			Moyenne	Bonne tenue des parois	

Arrêt volontaire du sondage

Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr

HYDROGEOTECHNIQUE

Déchèterie
Rennes Métropole
SAINT BRANDAN (35)

(Contrat C15.32085)

Date : **28/12/2015** Cote NGF (m) : **28.8** Profondeur : **0,00 - 3,00 m**

Machine : **Tractopelle**

1/25

Forage : PM4

EXGTE 2.30/GTE

Profondeur (m)	Lithologie	Niveau d'eau	Outil	Terrassabilité	Tenue des parois	Echantillons
0 – 0,35 m	Terre végétale limoneuse marron C0.Tv	Aucune arrivée d'eau	Tractopelle, godet de 45cm à dents	Bonne terrassabilité.	Bonne tenue des parois	
0,35 – 0,50 m	Limons argileux marron foncé à placages noirs C1.0					
0,50 – 3,00 m	Limon marron clair avec blocs plus argileux gris bleu clair à taches rouille et ocre. Cailloux et cailloutis de siltite/argilite marron gris, Dmax=5cm. C1.1					

Arrêt volontaire du sondage

Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr

HYDROGEOTECHNIQUE

Déchèterie
Rennes Métropole
SAINT ERBLON (35)

(Contrat C15.32085)

Date : **28/12/2015** Cote NGF (m) : **28.6** Profondeur : **0,00 - 2,80 m**

Machine : **Tractopelle**

1/25

Forage : PM5

EXGTE 2.30/GTE

Profondeur (m)	Lithologie	Niveau d'eau	Outil	Terrassabilité	Tenue des parois	Echantillons
0 – 0,20 m	Terre végétale limoneuse marron C0.Tv	Aucune arrivée d'eau	Tractopelle, godet de 45cm à dents	Bonne terrassabilité	Bonne tenue des parois	
0,20 – 0,50 m	Limon marron clair légèrement grisatre à quelques taches ocres. C1.0					
0,50 – 2,80 m	Limon marron ocre avec blocs plus argileux gris bleu clair à taches rouille et ocre. Cailloux et cailloutis de siltite/argilite marron gris, Dmax=10cm. C1.1					

0,20 m

0,50 m

2,80 m

Arrêt volontaire du sondage

Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr

HYDROGÉOTECHNIQUE NORD & OUEST

Saint Erblon (35) Dossier : **C.15.32085**

Client : Rennes Métropole
Entreprise de pose : Opérateur : **XGA**

Adresse :
Date : 30/12/2015 à 10h52
Type d'ouvrage :
Coord. GPS du point : Non déterminées

Fonction utilisée :
Fonction G - conforme à la norme NF EN ISO 22476-2

Profondeur visée : 6.000 m
Profondeur atteinte : 5.982 m
Nombre de coups : 310

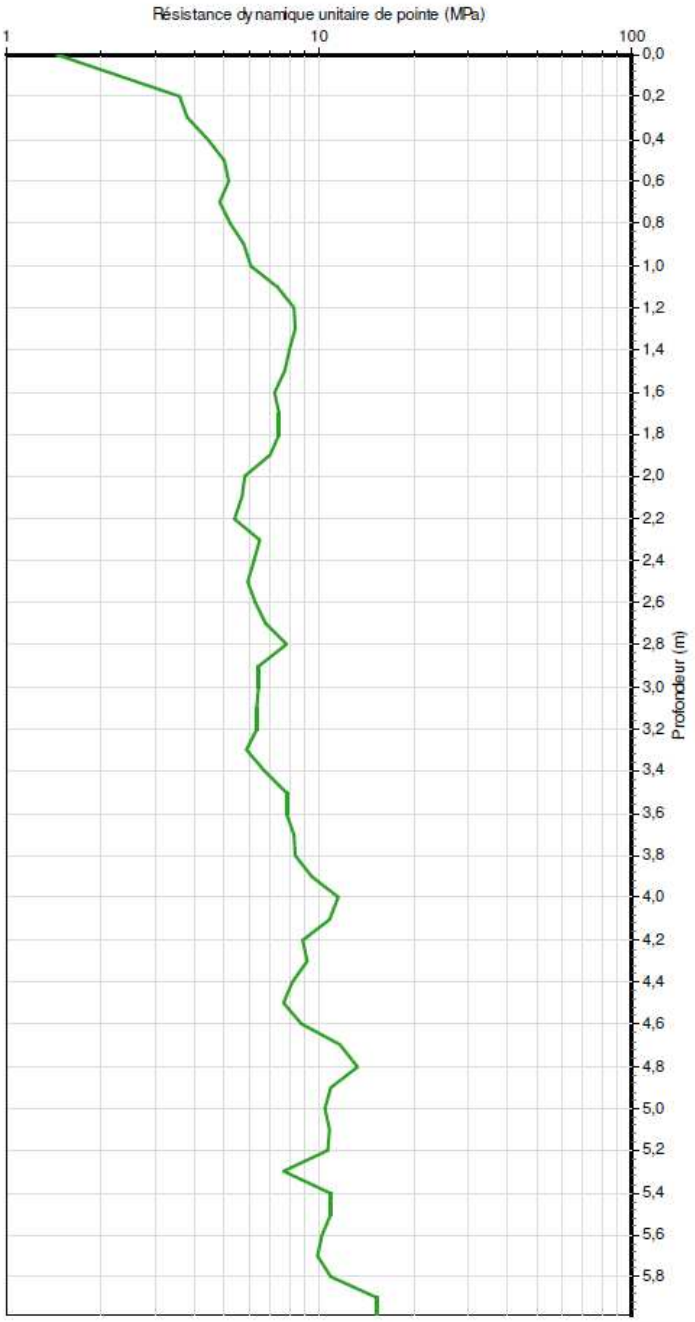
Couples de frottement :
Non mesurés

Observations :

SEDIDRILL GTR 2012/43
Calibré le : 05/07/2012

Masse du mouton : 64,0 kg
Hauteur de chute : 750 mm
Masse de l'enclume : 14.1 kg
Masse d'une tige : 6 kg
Masse de la pointe : 0.3 kg
Surface de la pointe : 20 cm²

PENETROGRAMME PD5



Matériel étalonné par : Le Ministère de l'Equipement - C.E.R. de Rouen - N° OP99, 107/01

HYDROGEOTECHNIQUE

Déchèterie
Rennes Métropole
SAINT ERBLON (35)

(Contrat C15.32085)

Date : 28/12/2015 Cote NGF (m) : 28.8 Profondeur : 0,00 - 3,00 m

Machine : Tractopelle

1/25

Forage : PM6

EXGTE 2.30/GTE

Profondeur (m)	Lithologie	Niveau d'eau	Outil	Terrassabilité	Tenue des parois	Echantillons
0,20 m	Terre végétale limoneuse marron C0.Tv	Aucune arrivée d'eau	Tractopelle, godet de 45cm à dents	Bonne terrassabilité	Moyenne	
0,80 m	Limon marron clair C1.0				Bonne tenue des parois	
3,00 m	Limon marron clair avec des blocs plus argileux gris bleu. Cailloux et cailloutis de silite/argilite vert foncé. Blocs de quartz et de roches altérées, Dmax=15cm C1.1					

Arrêt volontaire du sondage

Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr

HYDROGÉOTECHNIQUE NORD & OUEST

Saint Erblon (35) Dossier : **C.15.32085**

Client : Rennes Métropole
Entreprise de pose : Opérateur : **XGA**

Adresse :
Date : 30/12/2015 à 11h21
Type d'ouvrage :
Coord. GPS du point : Non déterminées

Fonction utilisée :
Fonction G - conforme à la norme NF EN ISO 22476-2

Profondeur visée : 6.000 m
Profondeur atteinte : 6.012 m
Nombre de coups : 408

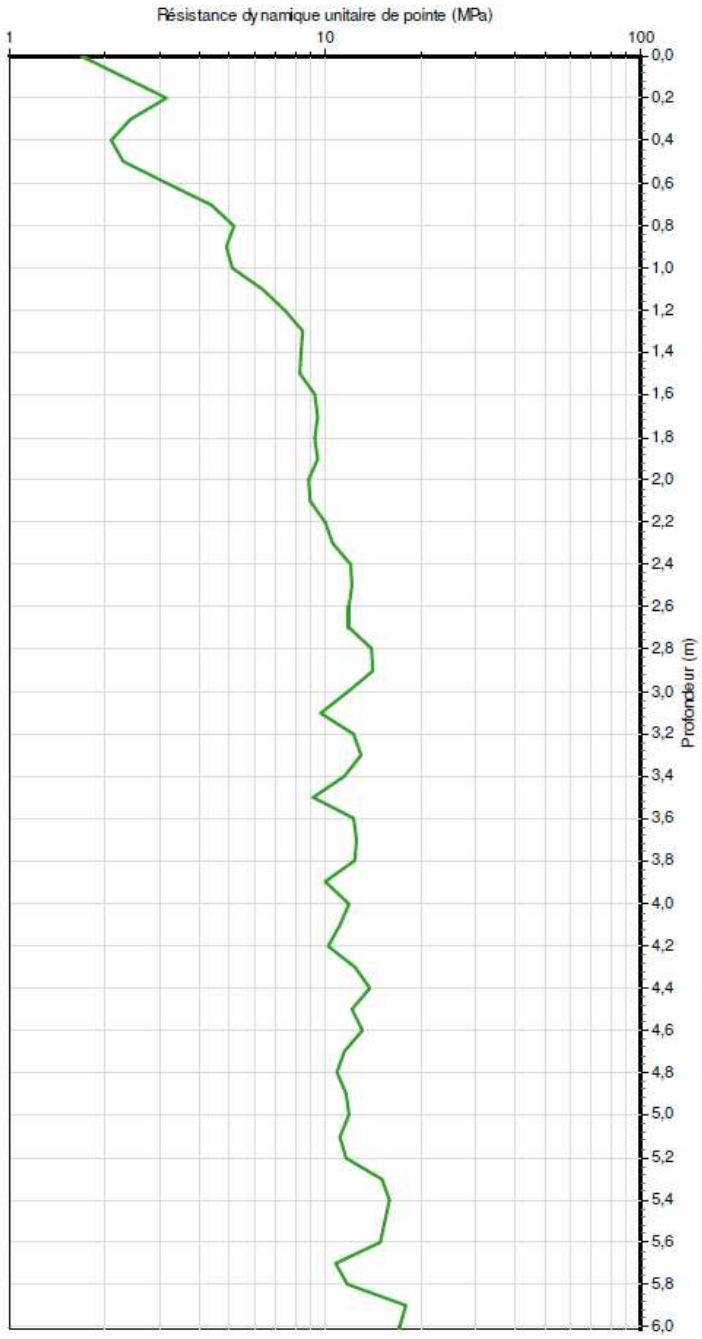
Couples de frottement :
Non mesurés

Observations :

SEDIDRILL GTR 2012/43
Calibré le : 05/07/2012

Masse du mouton : 64,0 kg
Hauteur de chute : 750 mm
Masse de l'enclume : 14.1 kg
Masse d'une tige : 6 kg
Masse de la pointe : 0.3 kg
Surface de la pointe : 20 cm²

PENETROGRAMME PD6



Matériel étalonné par : Le Ministère de l'Equipement - C.E.R. de Rouen - N° OP99, 107/01

HYDROGEOTECHNIQUE

Déchèterie
Rennes Métropole
SAINT ERBLON (35)

(Contrat C15.32085)

Date : **28/12/2015** Cote NGF (m) : **29.5** Profondeur : **0,00 - 3,00 m**

Machine : **Tractopelle**

1/25

Forage : PM7

EXGTE 2.30/GTE

Profondeur (m)	Lithologie	Niveau d'eau	Outil	Terrassabilité	Tenue des parois	Echantillons
0,25 m	Terre végétale limoneuse brune noire à marron C0.Tv 0,25 m	Aucune arrivée d'eau	Tractopelle, godet de 45cm à dents	Bonne terrassabilité	Bonne tenue des parois	
1,00 m	Limon marron gris avec quelques zones ocre, cailloux et cailloutis de quartz, Dmax=1.5cm C1.0 1,00 m					
2,00 m	Limon plus ou moins argileux et plus ou moins argileux gris bleu clair, verdatre et ocre. Nombreux placages bruns et noirs. Quelques passages ocre rouille marqués. Quelques cailloux de siltite/argilite verdatre. C1.1 2,00 m					
3,00 m	Limon argileux induré gris clair bleué bariolé ocre. Nombreux placages bruns noirs. Nodules noirs en cailloux et cailloux de siltite/argilite tendre verdatre foncé, Dmax=5cm. Blocs de quartz, Dmax=14cm C1.1 3,00 m					

Arrêt volontaire du sondage

Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr

HYDROGÉOTECHNIQUE NORD & OUEST

Saint Erblon (35)

Dossier : **C.15.32085**

Client : Rennes Métropole
Entreprise de pose :

Opérateur : **XGA**

Adresse :
Date : 30/12/2015 à 11h57
Type d'ouvrage :
Coord. GPS du point : Non déterminées

Fonction utilisée :
Fonction G - conforme à la norme NF EN ISO 22476-2

Profondeur visée : 6.000 m
Profondeur atteinte : 6.020 m
Nombre de coups : 360

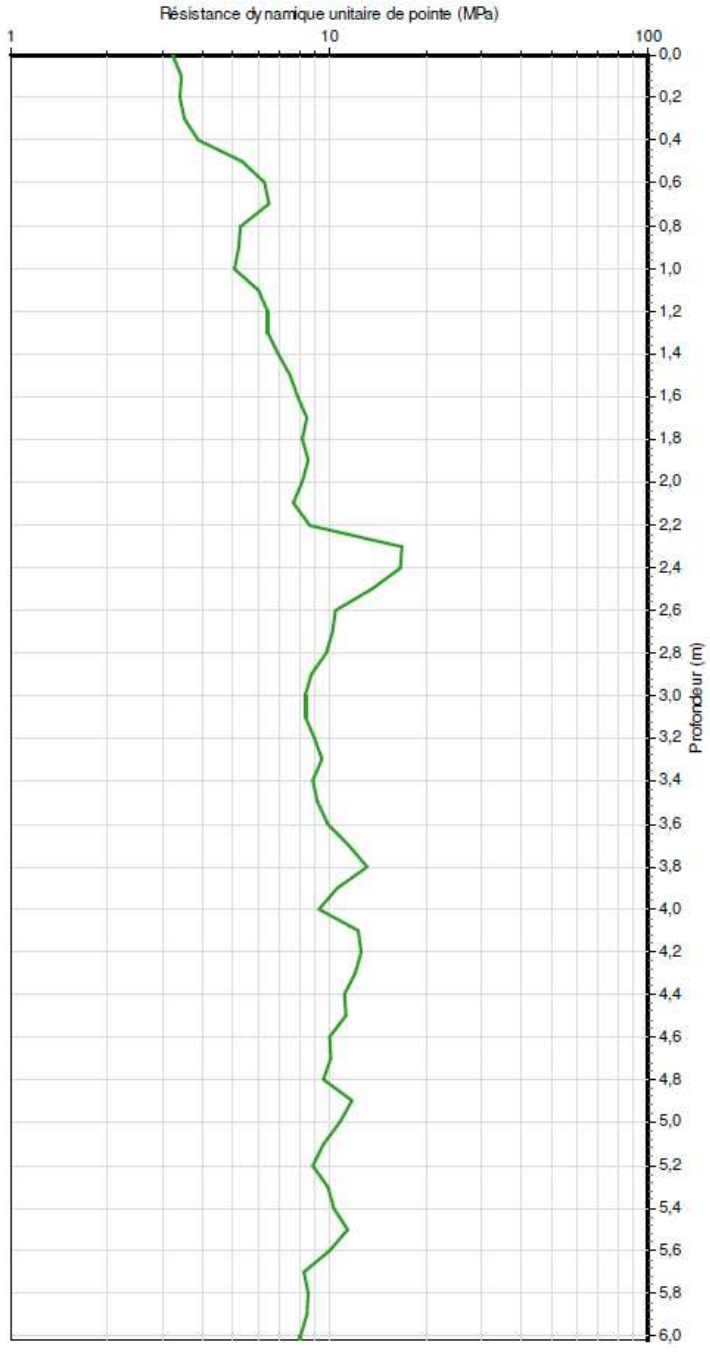
Couples de frottement :
Non mesurés

Observations :

SEDIDRILL GTR 2012/43
Calibré le : 05/07/2012

Masse du mouton : 64,0 kg
Hauteur de chute : 750 mm
Masse de l'enclume : 14.1 kg
Masse d'une tige : 6 kg
Masse de la pointe : 0.3 kg
Surface de la pointe : 20 cm²

PENETROGRAMME PD7



Matériel étalonné par : Le Ministère de l'Equipement - C.E.R. de Rouen - N° OP99, 107/01

HYDROGEOTECHNIQUE

Déchèterie
Rennes Métropole
SAINT ERBLON (35)

(Contrat C15.32085)

Date : 28/12/2015 Cote NGF (m) : 29.9 Profondeur : 0,00 - 2,90 m

Machine : Tractopelle

1/25

Forage : PM8

EXGTE 2.30/GTE

Profondeur (m)	Lithologie	Niveau d'eau	Outil	Terrassabilité	Tenue des parois	Echantillons
0,20 m	Terre végétale limoneuse brune. C0.Tv 0,20 m	Aucune arrivée d'eau	Tractopelle, godet de 45cm à dents	Bonne terrassabilité	Bonne tenue des parois	
0,35 m	Limon marron légèrement ocre à cailloux et cailloutis de quartz. C1.0 0,35 m					
0,75 m	Limon plus ou moins argileux marron gris clair. Quelques taches rouille et placages noirs. Cailloux et cailloutis de quartz, Dmax=6cm C1.0 0,75 m					
2,90 m	Limon argileux plus ou moins induré marron et gris bleu clair. Forte coloration ocre rouille vers 1.3m avec placages noirs. Coloration de plus en plus foncé avec la profondeur. présence de placages bruns noirs. Quelques cailloux de siltite/argilite tendre, Dmax=9cm C1.1 2,90 m					

Arrêt volontaire du sondage

Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr

HYDROGEOTECHNIQUE

Déchèterie
Rennes Métropole
SAINT ERBLON (35)

(Contrat C15.32085)

Date : 28/12/2015 Cote NGF (m) : 29.6 Profondeur : 0,00 - 3,00 m

Machine : Tractopelle

1/25

Forage : PM9

EXGTE 2.30/GTE

Profondeur (m)	Lithologie	Niveau d'eau	Outil	Terrassabilité	Tenue des parois	Echantillons
0 – 0,20 m	Terre végétale limoneuse marron C0.Tv	Aucune arrivée d'eau	Tractopelle, godet de 45cm à dents	Bonne terrassabilité	Bonne tenue des parois	
0,20 – 0,30 m	Limon marron clair C1.0					
0,30 – 1,00 m	Limon argileux marron brun légèrement grisatre à quelques taches noires C1.0					
1,00 – 3,00 m	Limon argileux gris bleu clair avec zones couleur rouille, présence de zones plus compacts. Cailloux et cailloutis de siltite/argilite, Dmax=6cm C1.1					

Arrêt volontaire du sondage

Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr

ANNEXE 4

Photographies des sondages au tractopelle

SONDAGE DE RECONNAISSANCE GEOLOGIQUE PM1

Photographies générales du sondage PM1

Photographie des matériaux extraits lors du sondage PM1

SONDAGE DE RECONNAISSANCE GEOLOGIQUE PM2

Photographies générales du sondage PM2

Photographie des matériaux extraits lors du sondage PM2

SONDAGE DE RECONNAISSANCE GEOLOGIQUE PM3

Photographies générales du sondage PM3

Photographie des matériaux extraits lors du sondage PM3

SONDAGE DE RECONNAISSANCE GEOLOGIQUE PM4

Photographies générales du sondage PM4

Photographie des matériaux extraits lors du sondage PM4

SONDAGE DE RECONNAISSANCE GEOLOGIQUE PM5

Photographies générales du sondage PM5

Photographie des matériaux extraits lors du sondage PM5

SONDAGE DE RECONNAISSANCE GEOLOGIQUE PM6

Photographies générales du sondage PM6

Photographie des matériaux extraits lors du sondage PM6

SONDAGE DE RECONNAISSANCE GEOLOGIQUE PM7

Photographie générale du sondage PM7

Photographie des matériaux extraits lors du sondage PM7

SONDAGE DE RECONNAISSANCE GEOLOGIQUE PM8

Photographie générale du sondage PM8

Photographie des matériaux extraits lors du sondage PM8

SONDAGE DE RECONNAISSANCE GEOLOGIQUE PM9

Photographies générales du sondage PM9

Photographie des matériaux extraits lors du sondage PM9

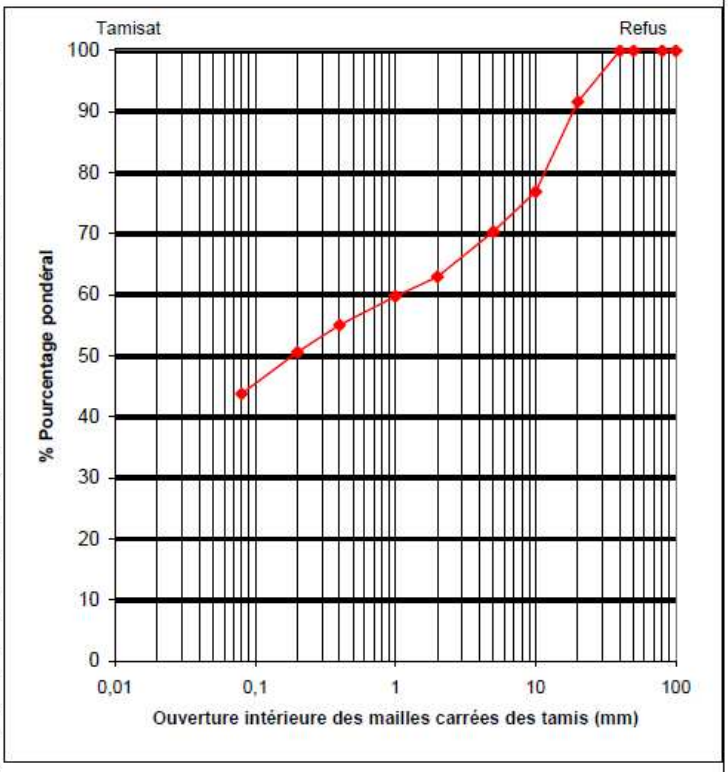
ANNEXE 5

Procès-verbaux des essais laboratoire

RESULTATS IDENTIFICATION ET CLASSEMENT DE SOL (Norme P11-300)

Sondage:	PM3
Profondeur:	0,65-2,00
Nature:	Limons marron
Réaction à l'acide :	Négative

Ouverture tamis (mm)	% Tamisat
200	100
150	100
100	100
80	100
50	100
40	100
20	92
10	77
5	70
2	63
1	60
0,4	55
0,2	51
0,08	43,8



D max (mm):	20
Passant à 0,08 mm:	43,8
Passant à 2µ:	-
D10 (mm):	-
D30 (mm):	-
D50 (mm):	-
D60 (mm):	-
Coefficient courbure (Cc):	-
Coefficient uniformité (Cu)	-

Limite de liquidité	WL	-
Indice de plasticité	Ip	-
Valeur au bleu	VBS	0,35
Matière organique	MO	-
Equivalent de sable	ES	-
Limite de retrait	WR	-

Classe
A

Sous-classe
1

Indice portant immédiat	IPI	-
Teneur en eau optimum	Wopn (0/20)	-
Teneur en eau naturelle	Wn (0/D)	17,4
Teneur en eau naturelle	Wn (0/20)	17,4
Densité sèche	gd	-

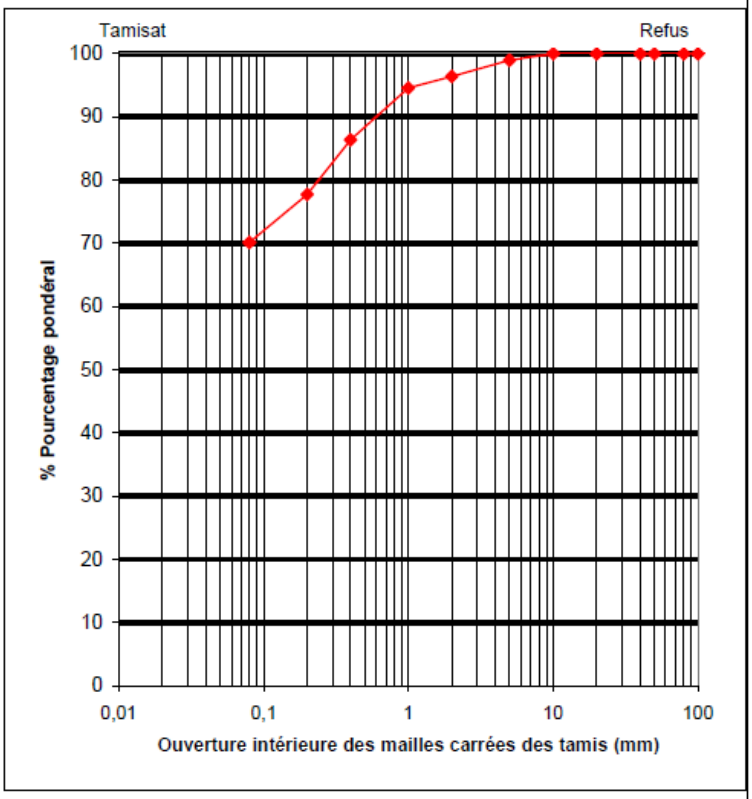
Etat hydrique
-

Classement selon la NF P 11-300:	**A1-**

RESULTATS IDENTIFICATION ET CLASSEMENT DE SOL (Norme P11-300)

Sondage:	PM4
Profondeur:	0,35-0,50
Nature:	Limons marron
Réaction à l'acide :	Négative

Ouverture tamis (mm)	% Tamisat
200	100
150	100
100	100
80	100
50	100
40	100
20	100
10	100
5	99
2	96
1	95
0,4	86
0,2	78
0,08	70,2



D max (mm):	60
Passant à 0,08 mm:	70,2
Passant à 2µ:	-
D10 (mm):	-
D30 (mm):	-
D50 (mm):	-
D60 (mm):	-
Coefficient courbure (Cc):	-
Coefficient uniformité (Cu)	-

Limite de liquidité	WL	-
Indice de plasticité	Ip	-
Valeur au bleu	VBS	1,03
Matière organique	MO	-
Equivalent de sable	ES	-
Limite de retrait	WR	-

Classe
A

Sous-classe
1

Indice portant immédiat	IPI	-
Teneur en eau optimum	Wopn (0/20)	-
Teneur en eau naturelle	Wn (0/D)	21,4
Teneur en eau naturelle	Wn (0/20)	21,4
Densité sèche	gd	-

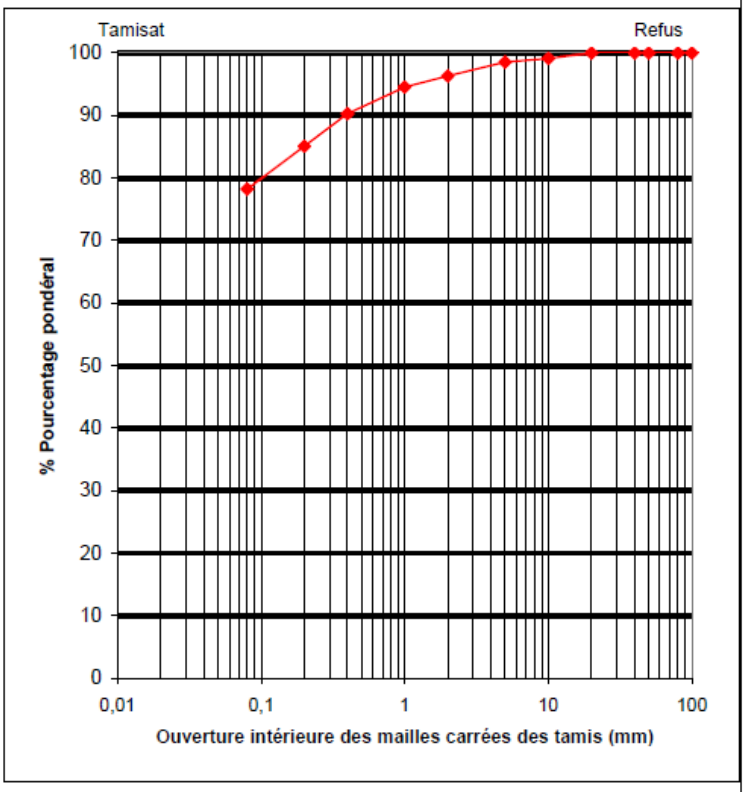
Etat hydrique
-

Classement selon la NF P 11-300:	**A1-**

RESULTATS IDENTIFICATION ET CLASSEMENT DE SOL (Norme P11-300)

Sondage:	PM5
Profondeur:	0,30-0,50
Nature:	Limons marron
Réaction à l'acide :	Négative

Ouverture tamis (mm)	% Tamisat
200	100
150	100
100	100
80	100
50	100
40	100
20	100
10	99
5	99
2	96
1	95
0,4	90
0,2	85
0,08	78,2



D max (mm):	60
Passant à 0,08 mm:	78,2
Passant à 2µ:	-
D10 (mm):	-
D30 (mm):	-
D50 (mm):	-
D60 (mm):	-
Coefficient courbure (Cc):	-
Coefficient uniformité (Cu)	-

Limite de liquidité	WL	-
Indice de plasticité	Ip	-
Valeur au bleu	VBS	0,98
Matière organique	MO	-
Equivalent de sable	ES	-
Limite de retrait	WR	-

Classe
A

Sous-classe
1

Indice portant immédiat	IPI	-
Teneur en eau optimum	Wopn (0/20)	-
Teneur en eau naturelle	Wn (0/D)	16,7
Teneur en eau naturelle	Wn (0/20)	16,7
Densité sèche	gd	-

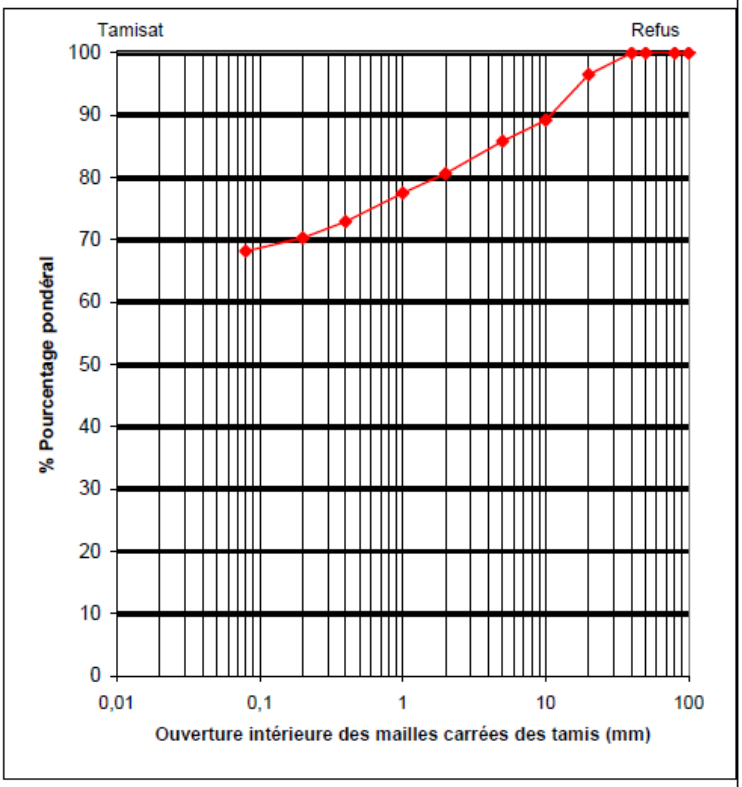
Etat hydrique
-

Classement selon la NF P 11-300:	**A1-**

RESULTATS IDENTIFICATION ET CLASSEMENT DE SOL (Norme P11-300)

Sondage:	PM8
Profondeur:	0,75-2,90
Nature:	Limons marron
Réaction à l'acide :	Négative

Ouverture tamis (mm)	% Tamisat
200	100
150	100
100	100
80	100
50	100
40	100
20	97
10	89
5	86
2	81
1	78
0,4	73
0,2	70
0,08	68,2



D max (mm):	35,5
Passant à 0,08 mm:	68,2
Passant à 2µ:	-
D10 (mm):	-
D30 (mm):	-
D50 (mm):	-
D60 (mm):	-
Coefficient courbure (Cc):	-
Coefficient uniformité (Cu)	-

Limite de liquidité	WL	-
Indice de plasticité	Ip	-
Valeur au bleu	VBS	0,41
Matière organique	MO	-
Equivalent de sable	ES	-
Limite de retrait	WR	-

Classe
A

Sous-classe
1

Indice portant immédiat	IPI	-
Teneur en eau optimum	Wopn (0/20)	-
Teneur en eau naturelle	Wn (0/D)	24,0
Teneur en eau naturelle	Wn (0/20)	24,0
Densité sèche	gd	-

Etat hydrique
-

Classement selon la NF P 11-300:	**A1-**

ANNEXE 6

Missions géotechniques

CLASSIFICATION DES MISSIONS TYPES D'INGENIERIE GEOTECHNIQUE

(extraite de la norme NFP 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 géotechniques seront réalisés ultérieurement, conformément à l'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique (étape 2 et/ou 3).

SCHÉMA D'ENCHAINEMENT DES MISSIONS GÉOTECHNIQUES

(extrait de la norme NFP 94-500 - Novembre 2013)

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

UNION SYNDICALE GÉOTECHNIQUE
CONDITIONS GÉNÉRALES DES MISSIONS GÉOTECHNIQUES
(version du 27.06.2000, mise à jour Hydrogéotechnique décembre 2006)

1. CADRE DE LA MISSION

Par référence à la CLASSIFICATION DES MISSIONS GEOTECHNIQUES TYPES (Norme NFP 94-500), il appartient au maître d'ouvrage et à son maître d'œuvre de veiller à ce que toutes les missions géotechniques nécessaires à la conception puis à l'exécution de l'ouvrage soient engagées avec les moyens opportuns et confiées à des hommes de l'Art.

L'enchaînement des missions géotechniques suit la succession des phases d'élaboration du projet, chacune de ces missions ne couvrant qu'un domaine spécifique de la conception ou de l'exécution.

En particulier :

- les missions G1, G2, G3, G4 sont réalisées dans l'ordre successif,
- une mission confiée à notre société peut ne contenir qu'une partie des prestations décrites dans la mission type correspondante,
- une Prestations d'investigations géotechniques engage notre société uniquement sur la conformité des travaux exécutés à ceux contractuellement commandés et l'exactitude des résultats qu'elle fournit,
- une mission type G1 à G5 n'engage notre société sur son devoir de conseil que dans le cadre strict, d'une part, des objectifs explicitement définis dans notre proposition technique sur la base de laquelle la commande et ses avenants éventuels ont été établis, d'autre part, du projet du client décrit par les documents graphiques ou plans cités dans le rapport,
- une mission type G1 ou G5 exclut tout engagement de notre société sur les quantités, coûts et délais d'exécution des futurs ouvrages géotechniques,
- une mission type G2 engage notre société en tant qu'assistant technique à la maîtrise d'œuvre dans les limites du contrat fixant l'étendue de la mission et la (ou les) parties(s) d'ouvrage(s) concerné(s).

La responsabilité de notre société ne saurait être engagée en dehors du cadre de la mission géotechnique objet du rapport. En particulier, toute modification apportée au projet ou à son environnement nécessite la réactualisation du rapport géotechnique dans le cadre d'une nouvelle mission.

2. RECOMMANDATIONS

Il est précisé que l'étude géotechnique repose sur une reconnaissance du sol dont la maille ne permet pas de lever la totalité des aléas toujours possibles en milieu naturel. En effet, des hétérogénéités, naturelles ou du fait de l'homme, des discontinuités et des aléas d'exécution peuvent apparaître compte tenu du rapport entre le volume échantillonné ou testé et le volume sollicité par l'ouvrage, et ce d'autant plus que ces singularités éventuelles peuvent être limitées en extension. Les éléments géotechniques nouveaux mis en évidence lors de l'exécution, pouvant avoir une influence sur les conclusions du rapport, doivent immédiatement être signalés au géotechnicien chargé du suivi ou de la supervision géotechnique d'exécution (missions G3 et G4) afin qu'il en analyse les conséquences sur les conditions d'exécution, voire la conception de l'ouvrage géotechnique.

Si un caractère évolutif particulier a été mis en lumière (notamment glissement, érosion, dissolution, remblais évolutifs, tourbe), l'application des recommandations du rapport nécessite une validation à chaque étape suivante de la conception ou de l'exécution. En effet, un tel caractère évolutif peut remettre en cause ces recommandations, notamment s'il s'écoule un laps de temps important avant leur mise en œuvre.

3. RAPPORT DE LA MISSION

Le rapport géotechnique constitue le compte-rendu de la mission géotechnique définie par la commande au titre de laquelle il a été établi et dont les références sont rappelées en tête. A défaut de clauses spécifiques contractuelles, la remise du rapport géotechnique fixe la fin de la mission.

Un rapport géotechnique et toutes ses annexes identifiées constituent un ensemble indissociable. Les deux exemplaires de référence en sont les deux originaux conservés ; un par le client et le second par notre société. Dans ce cadre, toute autre interprétation qui pourrait être faite d'une communication ou reproduction partielle ne saurait engager la responsabilité de notre société. En particulier l'utilisation même partielle de ces résultats et conclusions par un autre maître d'ouvrage ou par un autre ouvrage que celui objet de la mission confiée ne pourra en aucun cas engager la responsabilité de notre société et pourra entraîner des poursuites judiciaires.