

**CREATION DE SANITAIRES  
EN MILIEU ISOLE  
COMMUNE DE SAINTE-ROSE  
DÉPARTEMENT DE LA RÉUNION**

**CAMPAGNE DE RECONNAISSANCE DE SOL**

**ÉTUDE DE FAISABILITÉ DE L'ASSAINISSEMENT AUTONOME  
DES EAUX USÉES DOMESTIQUES**

**MAÎTRE D'OUVRAGE : DEPARTEMENT DE LA REUNION**

**RAPPORT N : GE195410**

**INDICE : 1 (préliminaire)**

**MISSION : Investigation géotechnique+G2 PRO+ G5 (AA EU)**

**DATE DE RÉDACTION : 15/03/2022**

*Sondages • Forages • Carottages • Pressiomètre • Pénétrromètre • Laboratoire • Contrôle • Ingénierie  
Assainissement • Diagnostic Environnemental • Dossier Loi sur l'Eau • Etude d'impact • Suivi Piézométrique*

SAS au capital de 75 000€ - RCS Saint Denis 2013 B 242 – SIRET : 790 188 569 00012 - APE 7112B  
Compte BNP PARIBAS Saint Denis : 41919 09401 01504782291 96 – Compte BFC Saint Denis : 18719 00080 0000695850012  
Siège Social : 11, rue des Lataniers 97400 Saint Denis – Tél : 02 62 94 33 64 - Fax : 02 62 94 33 77 - [sarlegeiser@geiser.re](mailto:sarlegeiser@geiser.re)

# SOMMAIRE

|                                                                                   |           |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>I/ INTRODUCTION</b>                                                            | <b>1</b>  |
| <i>1/ CONTEXTE DE L'ÉTUDE</i>                                                     | <i>1</i>  |
| <i>2/ SITUATION GÉOGRAPHIQUE</i>                                                  | <i>1</i>  |
| <i>3/ LE PROJET</i>                                                               | <i>1</i>  |
| <i>4/ DOCUMENTS ET RÉFÉRENCES</i>                                                 | <i>1</i>  |
| <i>5/ LE CHOIX DE LA TECHNIQUE DE RECONNAISSANCE</i>                              | <i>4</i>  |
| <i>6/ DESCRIPTION DU SITE ET DES AVOISINANTS</i>                                  | <i>5</i>  |
| <b>II/ DONNÉES EXISTANTES</b>                                                     | <b>7</b>  |
| <i>1/ DONNÉES GÉOLOGIQUES</i>                                                     | <i>7</i>  |
| <i>2/ DONNÉES HYDROGÉOLOGIQUES</i>                                                | <i>8</i>  |
| <i>3/ RISQUES HYDRAULIQUES AU SENS DU PPR INONDATIONS APPROUVE LE 25/01/2011</i>  | <i>8</i>  |
| <i>4/ RISQUE SISMIQUE</i>                                                         | <i>9</i>  |
| <i>5/ PÉRIMÈTRES DE PROTECTION</i>                                                | <i>9</i>  |
| <i>6/ DONNÉES EXISTANTES ISSUES DES ÉTUDES EFFECTUÉES PAR GEISER DANS LA ZONE</i> | <i>10</i> |
| <b>III/ DONNÉES ISSUES DE LA CAMPAGNE DE RECONNAISSANCE DE SOL</b>                | <b>11</b> |
| <i>1/ NATURE DU SOL</i>                                                           | <i>11</i> |
| <i>2/ CARACTÉRISTIQUES MÉCANIQUES</i>                                             | <i>12</i> |
| <i>3/ CARACTÉRISTIQUES INTRINSÈQUES INDICATIVES</i>                               | <i>12</i> |
| <i>4/ PERMÉABILITÉ</i>                                                            | <i>13</i> |
| <i>5/ HYDROGÉOLOGIE</i>                                                           | <i>13</i> |
| <i>6/ IDENTIFICATION DES CLASSES DE SOL AU SENS DE L'EUROCODE 8</i>               | <i>13</i> |
| <b>IV/ SYNTHÈSE</b>                                                               | <b>14</b> |
| <b>V/ FAISABILITÉ DE L'ASSAINISSEMENT AUTONOME DES EAUX USÉES DOMESTIQUES</b>     | <b>15</b> |
| <i>1/ RAPPEL DU PROJET</i>                                                        | <i>15</i> |
| <i>2/ TRAITEMENT PRÉLIMINAIRE DES EAUX PLUVIALES</i>                              | <i>15</i> |
| <i>3/ CALCUL DU NOMBRE D'EH</i>                                                   | <i>15</i> |
| <i>4/ CHOIX DE LA FILIÈRE D'ASSAINISSEMENT</i>                                    | <i>16</i> |
| <i>5/ CONDITIONS GÉNÉRALES DE MISE EN PLACE DU DISPOSITIF D'ASSAINISSEMENT</i>    | <i>16</i> |
| <b>VI/ PRÉCONISATIONS DANS LE CADRE DE L'ÉTUDE GÉOTECHNIQUE DE CONCEPTION</b>     | <b>18</b> |
| <i>1/ RAPPEL DU PROJET</i>                                                        | <i>18</i> |
| <i>2/ INCIDENCE DES DONNÉES HYDROGÉOLOGIQUES ET HYDRAULIQUES SUR LE PROJET</i>    | <i>18</i> |
| <i>3/ TERRASSEMENTS</i>                                                           | <i>18</i> |
| <i>4/ STABILITÉ / SOUTÈNEMENT / MITOYENNETÉ</i>                                   | <i>19</i> |
| <i>5/ SYSTÈME DE FONDATIONS</i>                                                   | <i>20</i> |
| <i>6/ CONTRÔLES SOUS FONDATIONS</i>                                               | <i>23</i> |
| <i>7/ ÉVALUATION DES RISQUES DE TASSEMENTS</i>                                    | <i>24</i> |
| <b>VII/ REMARQUES IMPORTANTES</b>                                                 | <b>26</b> |

## ANNEXES

|                       |                                                                                           |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>ANNEXE 1</b> ..... | Missions de Géotechnique de la Norme NF P 94 500 – Version novembre 2013                  |
| <b>ANNEXE 2</b> ..... | Conditions d'exploitation et de validité des études de sol                                |
| <b>ANNEXE 3</b> ..... | Situation géographique du projet                                                          |
| <b>ANNEXE 4</b> ..... | Plan de masse, coupe de l'Opération                                                       |
| <b>ANNEXE 5</b> ..... | Implantations approximatives des forages pressiométriques et destructifs                  |
| <b>ANNEXE 6</b> ..... | Coupes sur forages pressiométriques et destructifs, résultats des essais pressiométriques |
| <b>ANNEXE 7</b> ..... | Photographies de notre machine de forage en station                                       |
| <b>ANNEXE 8</b> ..... | Evaluation des capacités portantes et tassements                                          |

# **I/ INTRODUCTION**

## **1/ CONTEXTE DE L'ÉTUDE**

La présente étude a été commandée par le **Département de La Réunion**, dans le cadre de la réalisation **de sanitaires en milieu isolé**.

Elle s'inscrit dans le cadre d'une **mission d'Investigation géotechnique (Ex G0) associée à une mission d'étude géotechnique de type G1+G2+G5 (faisabilité de l'assainissement autonome des eaux usées domestiques)**, au sens de la norme NFP 94500 « missions géotechniques – classification et spécifications » (voir annexe 1). Cette norme NFP 94500 prévoit un enchaînement des missions géotechniques qui sont déclenchées en fonction de l'avancement du projet.

Une mission de type **G4** a également été confiée à GEISER par le Maître d'Ouvrage. Il appartiendra au Maître d'Ouvrage ou au Maître d'œuvre de nous informer de l'avancement de l'Opération afin que nous puissions mener à bien notre mission.

**Le présent rapport annule et remplace le rapport N°GE195410 indice 0 en date du 04/12/2019.**

**Il reste préliminaire : un nouvel indice du rapport sera établi une fois que le projet définitif sera établi (actuellement il s'agit de sanitaires provisoires), dont les prescriptions devront être validées et détaillées dans le cadre d'un dossier VRD effectué par un bureau d'étude spécialisé.**

L'exploitation et l'utilisation de ce rapport doivent respecter les conditions d'exploitation et de validité des études de sol décrites en annexe 2.

## **2/ SITUATION GÉOGRAPHIQUE**

Le terrain d'assiette de l'opération est situé au niveau du parking du Pas de Bellecombe sur la commune de Sainte-Rose (voir annexe 3).

## **3/ LE PROJET**

Le projet consiste en la création de sanitaires publics provisoires (< 5 ans) en milieu isolé.

Vous trouverez en annexe 4, le plan de masse et des coupes du projet.

## **4/ DOCUMENTS ET RÉFÉRENCES**

### **a/ Documents fournis**

Dans le cadre de la présente Opération, il nous a été remis le document suivant :

- Plan topographique au 1/500<sup>ème</sup> (réf : Dossier n°03240, plan n°7071, Cabinet A. TALIBART, fichier informatique en date de mars 2004).
- Plan de masse daté du 01/12/2020 (COSSON Architecte).
- Coupes datées du 01/12/2020 (COSSON Architecte).

## **b/ Références normatives**

La présente étude s'est appuyée sur les documents normatifs suivants :

- **Norme NFP 94-500 (version de novembre 2013) : Missions d'ingénierie géotechnique – Classification et spécifications ;**
- Norme NFP 94-011 : reconnaissance de sols et essais ;
- DTU 11.1 : sondages et reconnaissance des sols ;
- DTU 13-12 : fondations superficielles ;
- Norme NFP94-110 : essais pressiométriques ;
- Norme NFP 94-261 : Justification des ouvrages géotechniques – Normes d'application nationale de l'Eurocode 7 – Fondations superficielles.
- DTU 64.1 P1-1 : « Dispositifs d'assainissement non collectifs (dit autonome) pour les maisons d'habitation individuelle jusqu'à 20 pièces principales (20 EH).
- Guide « Procédés non traditionnels d'assainissement autonome », en application de la procédure d'agrément ministériel, des Avis techniques et de la norme NF EN 12 566-3+A1.

## **c/ Règles générales selon l'Eurocode 7**

En application des clauses de la norme européenne NF EN 1997-1 :2005 (Eurocode 7), vous trouverez ci-après les hypothèses à prendre en compte pour le calcul des ouvrages géotechniques neufs selon la norme d'application française NF EN 1997-1/NA.

### **Durée indicative d'utilisation de projet**

| <b>Catégorie de durée d'utilisation de projet</b>                                                                                                                        | <b>Durée indicative d'utilisation de projet (années)</b> | <b>Exemples</b>                                                                                      |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1                                                                                                                                                                        | 10                                                       | Structures provisoires <sup>a)</sup>                                                                 |
| 2                                                                                                                                                                        | 25                                                       | Éléments structuraux remplaçables, par exemple poutres de roulement, appareils d'appui <sup>b)</sup> |
| 3                                                                                                                                                                        | 25                                                       | Structures agricoles et similaires                                                                   |
| 4                                                                                                                                                                        | 50                                                       | Structures courantes de génie civil et de bâtiments                                                  |
| 5                                                                                                                                                                        | 100                                                      | Autres structures de génie civil, ponts et structures monumentales de bâtiments                      |
| <i>a) Les structures ou parties de structures qui peuvent être démontées dans un but de réutilisation ne doivent normalement pas être considérées comme provisoires.</i> |                                                          |                                                                                                      |
| <i>b) Cette catégorie ne concerne normalement pas les ouvrages géotechniques.</i>                                                                                        |                                                          |                                                                                                      |

**Le projet rentre dans la catégorie n°4 de durée d'utilisation du projet. On attirera l'attention sur le fait que la structure actuellement envisagée est provisoire.**

## Catégories géotechniques en fonction des classes de conséquence et des conditions de site

| CATÉGORIE GÉOTECHNIQUE | CLASSES DE CONSÉQUENCE | CONDITIONS DE SITE  | BASES DES JUSTIFICATIONS                              |
|------------------------|------------------------|---------------------|-------------------------------------------------------|
| 1                      | CC1                    | Simple et connues   | Expérience et reconnaissance géotechnique qualitative |
| 2                      | CC1                    | Complexes           | Reconnaissance géotechnique et calcul                 |
|                        | CC2                    | Simple ou complexes |                                                       |
| 3                      | CC3                    | Simple ou complexes | Reconnaissance géotechnique et calcul approfondis     |

La catégorie géotechnique 1 comprend seulement des ouvrages petits et relativement simples :

- pour lesquels il est possible d'admettre que les exigences fondamentales seront satisfaites en utilisant l'expérience et des reconnaissances géotechniques qualitatives ;
- avec un risque négligeable

La catégorie géotechnique 2 comprend les types classiques d'ouvrages et de fondations qui ne présentent pas de risque exceptionnel ou des conditions de terrain ou de chargement difficiles.

Les ouvrages suivants sont des exemples de structures ou parties de structures qui entrent dans la catégorie géotechnique 2 :

- fondations superficielles ;
- fondations sur radiers ;
- fondations sur pieux ;
- murs et autres ouvrages de soutènement retenant du sol ou de l'eau ;
- excavations ;
- piles et culées de ponts ;
- remblais et terrassements ;
- ancrages et autres systèmes de tirants ;
- tunnels dans les roches dures non fracturées, sans conditions spéciales d'étanchéité ou autres exigences.

**Le projet rentre dans la catégorie géotechnique n°2 avec une classe de conséquence CC2.**

La catégorie géotechnique 3 inclut les structures ou parties de structures qui sortent des catégories géotechniques 1 et 2.

La catégorie géotechnique 3 comprend par exemple :

- les ouvrages très grands ou inhabituels ;
- les ouvrages impliquant des risques anormaux ou des conditions de terrain ou de chargement inusuelles ou exceptionnellement difficiles ;
- les ouvrages construits dans des zones très sismiques ;
- les ouvrages situés dans des zones sujettes à des instabilités ou des mouvements permanents du terrain qui nécessitent des reconnaissances séparées ou des mesures spéciales.

## Approche de calcul pour la vérification de la résistance pour les états limites du terrain dans les situations permanentes et transitoires

Les approches de calcul qui s'appliquent sont les approches 2 et 3. L'approche de calcul 2 est celle qui est recommandée par la norme d'application française NF EN 1997-1/NA.

Dans ce cas la combinaison d'ensembles de facteurs partiels suivante est à appliquer :

$$A1 \llcorner \llcorner M1 \llcorner \llcorner R2$$

Dans cette approche, les facteurs partiels sont appliqués aux actions ou aux effets des actions et aux résistances du terrain. Si cette approche est utilisée pour les calculs de stabilité de pente ou de stabilité générale, l'effet résultant des actions sur la surface de rupture est multiplié par  $\gamma_E$  et la résistance globale au cisaillement sur la surface de rupture est divisée par  $\gamma_{R,E}$ .

L'approche de calcul 3 peut être utilisée pour la vérification de la stabilité générale d'un site, de la stabilité d'ensemble des écrans, des ouvrages en remblais renforcés ou des massifs en sol cloués, et pour les analyses numériques d'interaction sol-structure.

Dans ce cas la combinaison d'ensembles de facteurs partiels suivante est à appliquer :

$$(A1^* \text{ ou } A2^\dagger) \llcorner \llcorner M2 \llcorner \llcorner R3$$

\* sur les actions provenant de la structure

† sur les actions géotechniques.

### **d/ Références diverses**

- Bureau de Recherche Géologique et Minière (BRGM) ;
- Office de l'Eau (OLE) ;
- Institut Géographique National (IGN) ;
- [www.geoportail.gouv.fr](http://www.geoportail.gouv.fr);
- [www.risquesnaturels.re](http://www.risquesnaturels.re);
- Guide sur les modalités de gestion des eaux pluviales à La Réunion (DEAL, 2012) ;

## **5/ LE CHOIX DE LA TECHNIQUE DE RECONNAISSANCE**

Notre intervention s'est déroulée le 25/11/19 après autorisation du Parc National (arrêté n°DIR-I-2019-251). Nous avons effectué, en tenant compte des contraintes d'accès, de la présence de réseaux enterrés non repérés de façon précise :

- 4 forages destructifs descendus à 2,40 m de profondeur ;
- 3 forages pressiométriques descendus à 5,00 m de profondeur ;
- 8 essais pressiométriques ;
- 4 tests de perméabilité ;

Vous trouverez :

- les implantations approximatives des forages destructifs et pressiométriques en annexe 5 ;
- les coupes sur forages pressiométriques et destructifs, et les résultats des essais pressiométriques en annexe 6 ;
- les photographies de notre machine de forage en station en annexe 7.
- les capacités portantes et évaluation de tassement en annexe 8.

**NB1** : La présentation des coupes des forages pressiométriques figurant en annexe 5 a volontairement été simplifiée. Les procédures imposées par la norme NFP 94-110-1 ayant évidemment été respectées par GEISER, nous restons à la disposition du Maître d'Ouvrage pour lui fournir tout élément complémentaire au sens de la norme.

**NB2** : Nos sondages ont été implantés en fonction des souhaits du MO et en tenant compte des éléments discutés avec le Parc National lors d'une réunion de préparation in situ en date du 07/11/2019, en lien notamment avec les espèces végétales sensibles à préserver. Les implantations de nos sondages restent approximatives.

## **6/ DESCRIPTION DU SITE ET DES AVOISINANTS**

**L'accès au terrain** se fait par l'intermédiaire de la Route du Volcan.

La zone d'étude se situe dans le Cœur du Parc National de La Réunion.

L'observation de **l'état de surface du terrain** met en évidence un parking en terre.

L'examen du plan topographique en notre possession met en évidence **une pente moyenne < 5% de l'Est en direction de l'Ouest**.

**Au Nord**, en partie Ouest de la limite, on note la continuité du parking sans rupture de pente. En partie Est de la limite Nord, on note la présence d'un mur de clôture en moellons de 0,80 m de hauteur environ. Au-delà, on note la présence d'un accès au bâtiment existant à proximité du site d'étude.

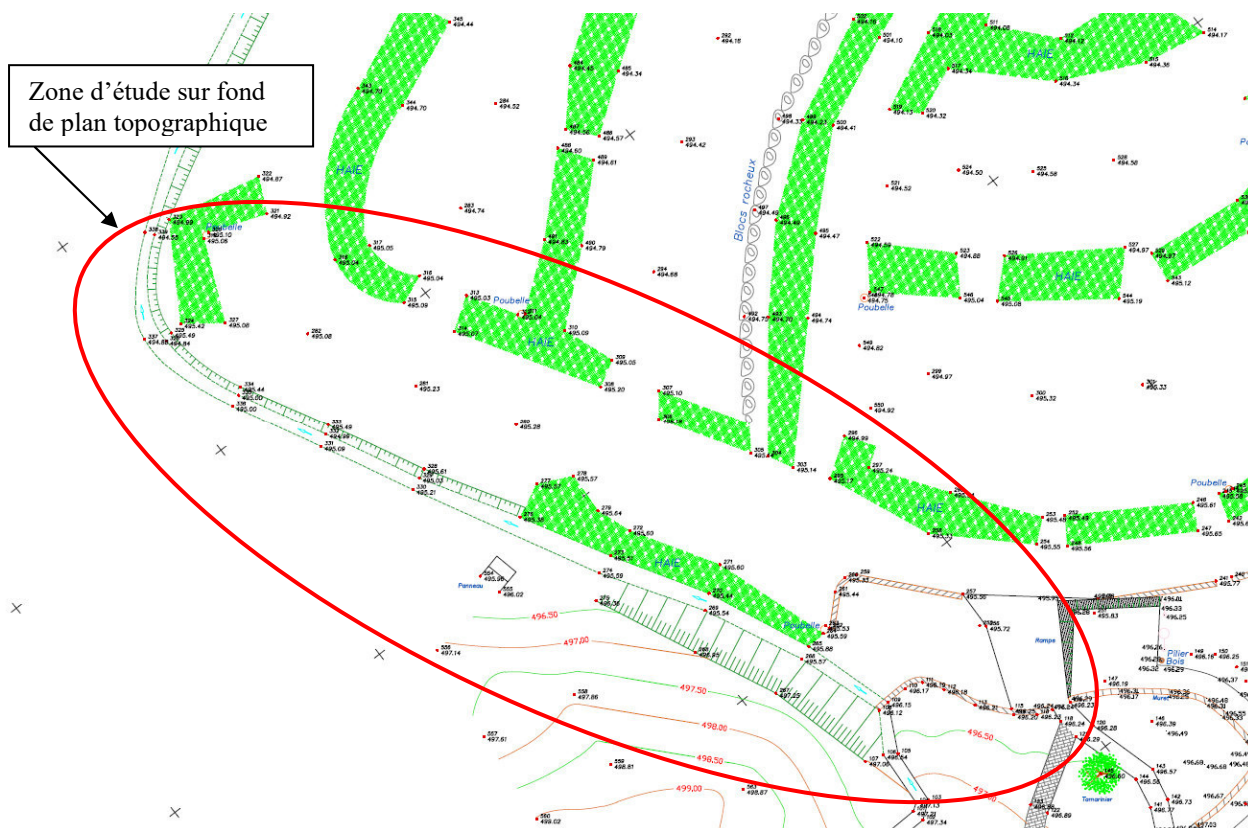
**Au Sud**, on note la continuité du parking sans rupture de niveau. Puis, on note en limite la présence d'un caniveau décrit ci-après.

**A l'Est**, on note la présence d'un caniveau engazonné variant de 1,00 à 1,20 m de hauteur sur 2,00 m environ de large. Au-delà, on note la continuité du terrain en pente de l'ordre de 2V/3H de l'Est en direction de l'Ouest.

**A l'Ouest**, on note la continuité du parking sans rupture de niveau.

Enfin, on attirera l'attention sur **le point particulier** suivant. On notera ainsi la présence d'un réseau d'évacuation en eaux pluviales (caniveau) en limite Est.

Zone d'étude sur fond  
de plan topographique



## II/ DONNÉES EXISTANTES

### 1/ DONNÉES GÉOLOGIQUES

D'après les cartes géologiques et morphopédologiques de la Réunion au 1/50.000<sup>e</sup>, le terrain en cause se trouve dans une zone se caractérisant, en surface, par des andosols vitriques peu épais.

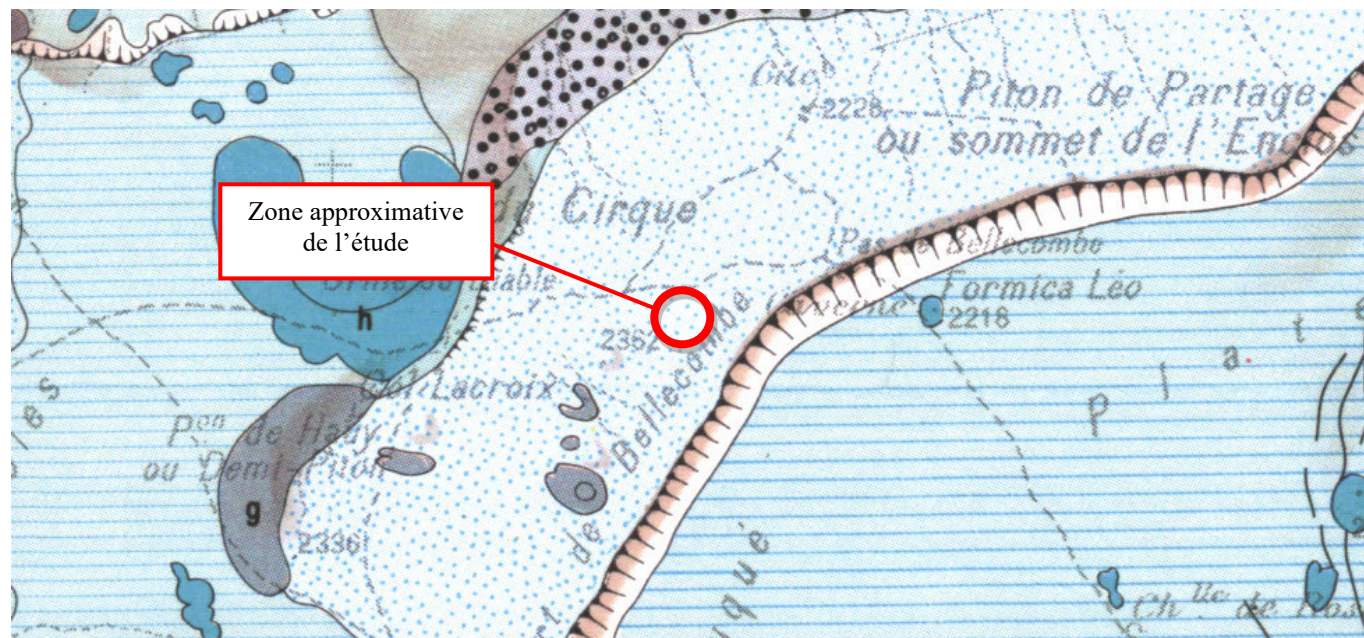


Figure 1: Extrait de la carte morphopédologique (Source : Interne)

En profondeur, on retrouve des coulées basaltiques aphyriques ou à phénocristaux d'olivine (basaltes, basaltes à olivine, océanites). Ces formations sont issues de la phase IV du Piton des Neiges.



Figure 2: Extrait de la carte géologique (Source : BRGM)

## **2/ DONNÉES HYDROGÉOLOGIQUES**

Aucune donnée concernant la présence d'une nappe d'eau souterraine à faible profondeur n'est disponible.

Néanmoins, on ne pourra exclure la présence de résurgences à des profondeurs variables (interface ou au sein des matériaux), et dont les débits peuvent augmenter en fonction de la pluviométrie.

## **3/ RISQUES HYDRAULIQUES AU SENS DU PPR INONDATIONS APPROUVE LE 25/01/2011**

D'après les données en notre possession, le terrain concerné par la présente étude se trouve à proximité voire en partie au sein d'une zone à risque au sens de la cartographie de l'aléa mouvement de terrains de la commune de Sainte-Rose. Le Maître d'œuvre devra se rapprocher des services concernés, afin de connaître les limites précises et prescriptions applicables à la zone. Les limites précises devront être reportées sur le plan de masse par un géomètre. Le Maître d'œuvre devra alors mettre en concordance le projet et la réglementation en vigueur, notamment en implantant l'ensemble de ses ouvrages en dehors de la zone à risques. Cela pourra entraîner des contraintes au niveau du projet (plan de masse, ...). Les informations devront nous être communiquées afin que nous puissions réactualiser notre rapport si nécessaire.

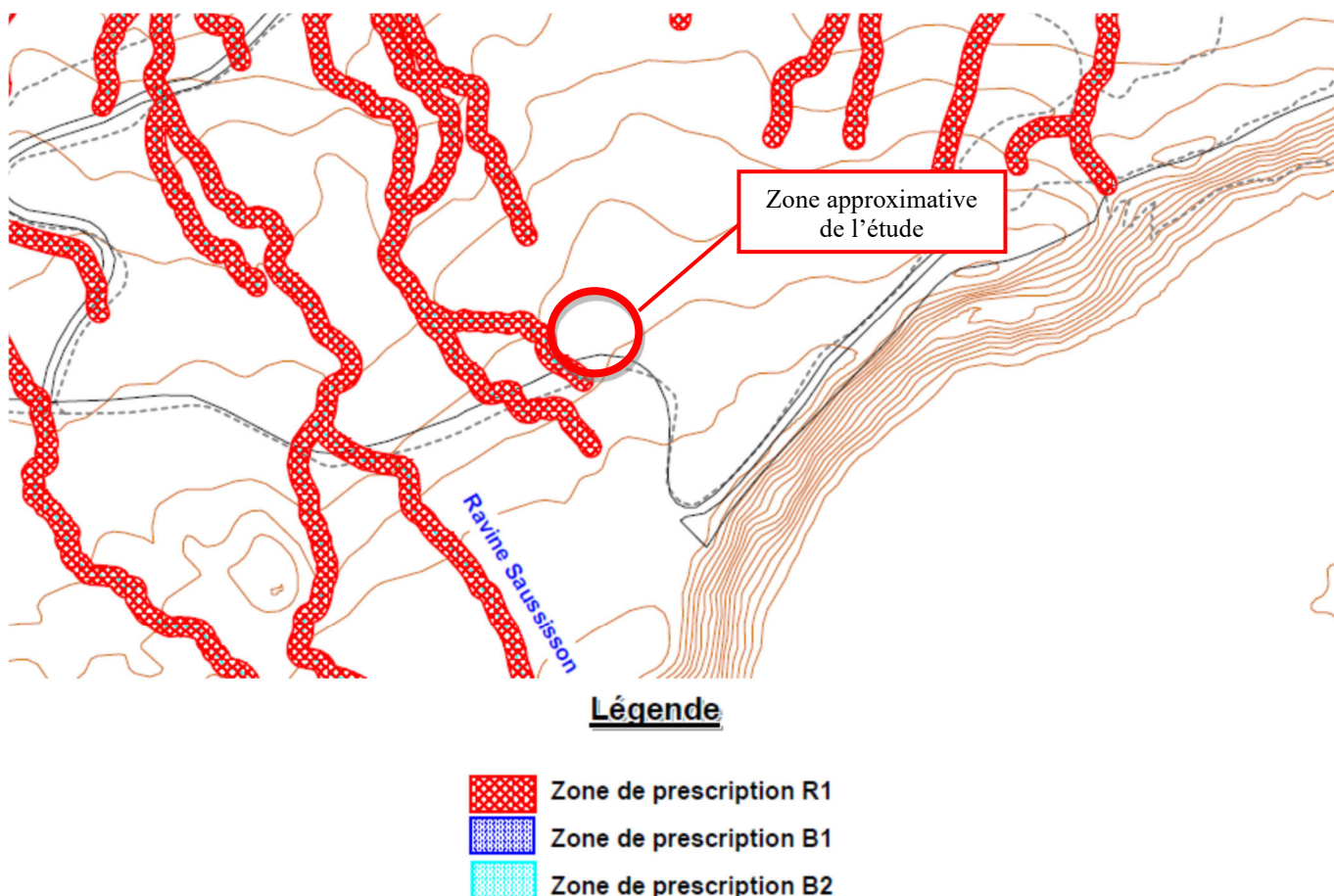


Figure 3: Extrait du zonage réglementaire de la commune de Sainte-Rose

(Source : [reunion.gouv.fr](http://reunion.gouv.fr))

#### **4/ RISQUE SISMIQUE**

Depuis le 22 octobre 2010, dans le cadre du zonage sismique de la France, la Réunion se situe actuellement dans la zone de sismicité 2 (risque faible). Les règles de construction parasismiques ainsi que le zonage sismique (qui modifient les articles 5653-1 à 8 du Code de l'Environnement) sont entrées en vigueur à compter du 1<sup>er</sup> mai 2011.

L'accélération nominale à prendre en compte (selon l'eurocode 8 en fonction de l'importance de l'ouvrage considéré) est la suivante :  $a_{gr} = 0.7 \text{ m / s}^2$ .

Par ailleurs, l'Eurocode 8 distingue 5 catégories principales de sols pour lesquelles est défini un coefficient de sol S, qui permet de traduire l'amplification de la sollicitation sismique exercée par certains sols.

| Classes de sol | S (zones 1 à 4) | S (zone 5) |
|----------------|-----------------|------------|
| A              | 1               | 1          |

Par ailleurs, les bâtiments à risque normal sont classés en quatre catégories d'importance croissante, de la catégorie I à faible enjeu, à la catégorie IV, qui regroupe les structures stratégiques et indispensables à la gestion de crise.

A chaque catégorie d'importance est associé un coefficient d'importance  $\gamma_I$  qui vient moduler l'action sismique de référence conformément à l'eurocode 8.

| Catégorie d'importance | Coefficient d'importance $\gamma_I$ |
|------------------------|-------------------------------------|
| I                      | 0.8                                 |
| II                     | 1                                   |
| III                    | 1.2                                 |
| IV                     | 1.4                                 |

Le Maître d'œuvre devra faire vérifier l'application de normes parasismiques à ses ouvrages (ces normes ne s'appliquent pas à tous les ouvrages).

Dans tous les cas, il appartiendra au Maître d'œuvre de se renseigner auprès des services concernés.

#### **5/ PÉRIMÈTRES DE PROTECTION**

D'après les données en notre possession, le terrain concerné par la présente étude se trouve au sein de la Zone de Surveillance renforcée de la source « Noire » (Code BSS : 12293X0002). Le Maître d'œuvre devra se rapprocher des services concernés, afin de connaître les prescriptions applicables à la zone et de mettre en concordance le projet et la réglementation en vigueur. Cela pourra entraîner des recommandations spécifiques au niveau du projet. Les informations devront nous être communiquées afin que nous puissions réactualiser notre rapport si nécessaire.

## **6/ DONNÉES EXISTANTES ISSUES DES ÉTUDES EFFECTUÉES PAR GEISER DANS**

### **LA ZONE**

La zone a déjà fait l'objet de nombreuses reconnaissances de sol, effectuées pour le compte notamment pour le compte du Conseil Général dans le cadre des opérations suivantes :

- « Construction d'un bâtiment au Gîte du Volcan » (Rapport N°GE25002 indice 1 en date du 8 juillet 2002 mission G0+G11+G12) ;
- « Reconstruction du Gîte du Volcan » (Rapport N°GE154780 indice 1 en date du 6 novembre 2015 mission G1 (ES+PGC) ;
- « Reconstruction du Gîte du Volcan » (Rapport N°GE175710 indice 3 en date du 11 janvier 2019 mission G1+G2(AVP).

Les éléments fondamentaux mis en évidence par ces campagnes de reconnaissance de sol ont été les suivants :

a/ Présence, dès la surface, de terre végétale et/ou de terrains remaniés ; de matériaux limoneux faibles (remblais probables) jusqu'à 2,80 m de profondeur par endroits. Possibilités de présence de remblais sur des épaisseurs importantes en certains points ;

b/ Sous la terre végétale, les remblais et/ou les terrains remaniés, présence de limons marron-rouge avec cailloux, rognons et blocs de basalte scoriacé en pourcentages variables ou de scories limoneuses sur des épaisseurs variables, puis de basalte altéré à très altéré en profondeur et/ou d'une alternance aléatoire de nappes de scories et de basalte ;

c/ Classe C2Di pour les scories et R6 pour le basalte au sens du GTR ;

d/ Caractéristiques mécaniques médiocres au sein des matériaux limoneux faibles (remblais probables), faibles en général dans les limons marron-rouge (ou scories limoneuses) avec cailloux, rognons et blocs de basalte scoriacé en pourcentages variables, bonnes dans le basalte très altéré et excellentes dans le basalte altéré ;

e/ Perméabilité en grand dans les scories ;

f/ Bonne rippabilité des limons marron-rouge et scories et rippabilité moyenne du basalte très altéré (altérite) avant refus.

g/ Présence d'anomalies au sein du basalte (notoire dans le secteur) ;

### **III/ DONNÉES ISSUES DE LA CAMPAGNE DE RECONNAISSANCE DE SOL**

#### **1/ NATURE DU SOL**

Les forages effectués, au droit du projet, ont mis en évidence la présence, dès la surface de **terrains remaniés et/ou remblais probables**. Ces terrains de surface et/ou remblais ont été rencontrés sur des épaisseurs variables, **importantes par endroits**. On citera, **en attirant l'attention sur la difficulté à déterminer l'épaisseur et la nature précise des remblais en forage**, au droit de nos forages :

- \*SP1 : terrains remaniés et/ou remblais probables de 0,00 à 0,60 m de profondeur ;
- \*SP2 : terrains remaniés et/ou remblais probables de 0,00 à 0,60 m de profondeur ;
- \*SP3 : terrains remaniés et/ou remblais probables de 0,00 à 0,65 m de profondeur ;
- \*SD4 : terrains remaniés et/ou remblais probables de 0,00 à 0,30 m de profondeur ;
- \*SD5 : terrains remaniés et/ou remblais probables de 0,00 à 0,30 m de profondeur ;
- \*SD6 : terrains remaniés et/ou remblais probables de 0,00 à 0,50 m de profondeur ;
- \*SD7 : terrains remaniés et/ou remblais probables de 0,00 à 0,50 m de profondeur.

**On ne pourra néanmoins exclure la présence de remblais sur des épaisseurs et étendues importantes ou d'ouvrages enterrés en d'autres points du terrain.**

Sous les terrains remaniés et/ou remblais probables, nos forages ont mis en évidence la présence de **matériaux scoriacés limoneux, à rognons et blocs en pourcentages variables**. Ces terrains ont été reconnus sur des épaisseurs variables. On citera au droit de nos forages :

- \*SP1 : matériaux scoriacés limoneux à rognons et blocs en pourcentages variables de 0,60 à 1,70 m de profondeur ;
- \*SP2 : matériaux scoriacés limoneux à rognons et blocs en pourcentages variables de 0,60 à 1,80 m de profondeur ;
- \*SP3 : matériaux scoriacés limoneux à rognons et blocs en pourcentages variables de 0,65 à 2,05 m de profondeur ;
- \*SD4 : matériaux scoriacés limoneux à rognons et blocs en pourcentages variables de 0,30 à 0,80 m de profondeur ;
- \*SD5 : matériaux scoriacés limoneux à rognons et blocs en pourcentages variables de 0,30 à 2,20 m de profondeur ;
- \*SD6 : matériaux scoriacés limoneux à rognons et blocs en pourcentages variables de 0,50 à 0,90 m de profondeur ;
- \*SD7 : matériaux scoriacés limoneux à rognons et blocs en pourcentages variables de 0,50 à 1,40 m de profondeur.

Sous les matériaux scoriacés limoneux, nos forages ont mis en évidence la présence de **basalte altéré par endroits**. Ces terrains ont été rencontrés jusqu'à des profondeurs variables. On citera, au droit de nos forages :

- \*SP1 : basalte altéré de 1,70 à 2,80 m de profondeur ;
- \*SP2 : basalte altéré de 1,80 à 2,45 m de profondeur ;
- \*SP3 : basalte altéré de 2,05 à 3,50 m de profondeur ;
- \*SD4 : basalte altéré par endroits de 0,80 à 2,40 m de profondeur, *arrêt du forage* ;
- \*SD5 : basalte (bloc probable) de 2,20 à 2,40 m de profondeur, *arrêt du forage* ;
- \*SD6 : basalte altéré de 0,90 à 1,70 m de profondeur ;

\*SD7 : basalte altéré de 1,40 à 2,05 m de profondeur.

Sous le basalte altéré par endroits, nos forages ont mis en évidence la présence de **scories et/ou rognons scoriacés** entraînant des pertes d'injection en forage et se caractérisant par des vitesses d'avancement rapides de l'outil de forage.

Ces terrains ont été rencontrés jusqu'à des profondeurs variables. On citera au droit de nos forages :

- \*SP1 : scories et/ou rognons scoriacés de 2,80 à 3,80 m de profondeur ;
- \*SP2 : scories et/ou rognons scoriacés de 2,45 à 3,90 m de profondeur ;
- \*SP3 : scories et/ou rognons scoriacés de 3,50 à 4,60 m de profondeur ;
- \*SD6 : scories et/ou rognons scoriacés de 1,70 à 2,25 m de profondeur ;
- \*SP7 : scories et/ou rognons scoriacés de 2,05 à 2,40 m de profondeur, *arrêt du forage*.

Sous les scories en SP3, on retrouve une **alternance aléatoire en répartition verticale de nappes de scories et/ou de rognons scoriacés et de basalte**, et ce jusqu'à l'arrêt du forage à 5,00 m de profondeur.

Sous les scories en SP1, SP2 et SD6, nos forages ont mis en évidence la présence de **basalte altéré par endroits**. Ces terrains ont été reconnus jusqu'à arrêt des forages à 2,40 et 5,00 m de profondeur.

## **2/ CARACTÉRISTIQUES MÉCANIQUES**

Les caractéristiques mesurées dans les **remblais** sont généralement **médiocres** avec E (Module Pressiométrique) inférieur à 3,00 MPa, et PI (Pression limite) inférieure à 0,30 MPa.

Les caractéristiques mesurées dans le **basalte altéré par endroits** sont évidemment **excellentes** avec E (Module Pressiométrique) supérieur à 50,00 MPa, et PI (Pression limite) supérieure à 3,00 MPa.

Les caractéristiques mesurées dans les **scories et/ou rognons scoriacés et/ou matériaux scoriacés limoneux** sont **faibles** avec E (Module Pressiométrique) variant de 4.20 MPa à 5.70 MPa, et PI (Pression limite) variant de 0,40 MPa à 0,70 MPa. On retiendra plutôt les valeurs basses, caractéristiques de ces matériaux.

Ainsi, on retiendra, pour le modèle géotechnique de site, basé sur les moyennes harmoniques (E) et géométriques (PI) des caractéristiques mécaniques :

| Nature de sol                   | E (MPa) | PI (MPa) |
|---------------------------------|---------|----------|
| Basalte (altéré par endroits)   | 100     | 2.0      |
| Matériaux scoriacés limoneux    | 4.8     | 0.6      |
| Scories et/ou rognons scoriacés | 4.2     | 0.4      |

## **3/ CARACTÉRISTIQUES INTRINSÈQUES INDICATIVES**

Vous trouverez ci-après les plages de valeurs au sein desquelles varient généralement les caractéristiques intrinsèques des matériaux tels que ceux rencontrés dans le cadre de la présente Opération.

| Nature de sol                         | Angle de frottement (°) | Masse volumique (KN/m <sup>3</sup> ) | Cohésion (KPa) |
|---------------------------------------|-------------------------|--------------------------------------|----------------|
| Basalte (altéré par endroits)         | > 40                    | 20 - 26                              | 30 - >50       |
| Matériaux scoriacés limoneux          | 20 - 25                 | 10 - 18                              | 5 - 10         |
| Scories et/ou rognons scoriacés       | 22 - 28                 | 8 - 15                               | 3 - 7          |
| Remblais (GNT 0/80 – 0/100 compactés) | 25 - 30                 | 18 - 20                              | 0 - 5          |

Ces valeurs sont indicatives et en cas de besoin, pourront être précisées par des essais spécifiques.

#### **4/ PERMÉABILITÉ**

Nous avons effectué 4 tests de perméabilité.

Ces derniers ont mis en évidence les résultats suivants.

- \*K1 en SP3 à 1.5 m de profondeur (matériaux scoriacés limoneux) = 175 mm/h ;
- \*K2 en SD5 à 1.5 m de profondeur (matériaux scoriacés limoneux) = 201 mm/h ;
- \*K3 en SD7 à 1.0 m de profondeur (matériaux scoriacés limoneux) = 127 mm/h ;
- \*K4 en SD6 à 2.0 m de profondeur (Scories) = non mesurable ;

Le test de perméabilité effectué dans les scories a mis en évidence l'impossibilité de saturer les terrains. Cela met en évidence l'excellente perméabilité de ces matériaux (perméabilité en grand).

Les tests de perméabilité effectués dans les matériaux scoriacés limoneux nous indiquent que ces matériaux peuvent être considérés comme étant (classification issue du DTU) : perméables ( $50 < k < 200$ ).

#### **5/ HYDROGÉOLOGIE**

Nos forages ayant été exécutés à la boue de forage (eau + GSP), nous ne sommes pas en mesure d'indiquer la présence d'eau en instantané au droit de ceux-ci.

On ne pourra néanmoins exclure la présence de résurgences à des profondeurs variables, et dont les débits peuvent augmenter en fonction de la pluviométrie.

#### **6/ IDENTIFICATION DES CLASSES DE SOL AU SENS DE L'EUROCODE 8**

Compte tenu de la géologie du secteur et des sondages effectués, les terrains rencontrés se rapprochent de la classe de sol (au sens de l'Eurocode 8) : B (compte-tenu de l'hétérogénéité des terrains).

## IV/ SYNTHÈSE

Les éléments fondamentaux mis en évidence par la campagne de reconnaissance de sol sont les suivants :

a/ Présence, dès la surface, de terrains remaniés et/ou de remblais probables. Possibilités de présence de remblais sur des épaisseurs et étendues pouvant être importantes ou d'ouvrages enterrés en d'autres parties du terrain ;

b/ Sous les terrains de surface et/ou remblais probables, présence de matériaux scoriacés limoneux à rognons et blocs en pourcentages variables, puis de basalte altéré par endroits. Ensuite, sous le basalte, présence de scories et/ou de rognons scoriacés. Sous les scories et/ou de rognons scoriacés en SP3, présence d'une alternance de nappes de scories et de basalte jusqu'à arrêt du forage en limite (5,00 m de profondeur). Et, sous les scories en SP1, SP2 et SD6, présence de basalte altéré par endroits jusqu'à arrêt des forages à 2,40 et 5,00 m de profondeur ;

c/ Caractéristiques mécaniques généralement médiocres au sein des remblais, faibles au sein des scories et/ou des rognons scoriacés et/ou des matériaux scoriacés limoneux à rognons et blocs en pourcentages variables, et excellentes au sein du basalte altéré par endroits ;

d/ Perméabilité en grand au sein des scories, bonnes perméabilités mesurées au sein des matériaux scoriacés limoneux ;

e/ Zone d'étude située au niveau du parking du Pas de Bellecombe ;

f/ Points particuliers : présence d'un réseau d'évacuation en eaux pluviales (caniveau) en limite Est ;

g/ Absence d'eau à faible profondeur au droit de nos sondages mais risque de présence de résurgences à des profondeurs variables, et dont les débits peuvent augmenter en fonction de la pluviométrie ;

h/ Zone d'étude située se trouve au sein de la Zone de Surveillance renforcée de la source « Noire » (Code BSS : 12293X0002). Le Maître d'œuvre devra se rapprocher des services concernés, afin de connaître les prescriptions applicables à la zone et de mettre en concordance le projet et la réglementation en vigueur. Cela pourra entraîner des recommandations spécifiques au niveau du projet. Les informations devront nous être communiquées afin que nous puissions réactualiser notre rapport si nécessaire ;

i/ D'après les données en notre possession, le terrain concerné par la présente étude se trouve à proximité voire en partie au sein d'une zone à risque au sens de la cartographie de l'aléa mouvement de terrains de la commune de Sainte-Rose. Le Maître d'œuvre devra se rapprocher des services concernés, afin de connaître les limites précises et prescriptions applicables à la zone. Les limites précises devront être reportées sur le plan de masse par un géomètre. Le Maître d'œuvre devra alors mettre en concordance le projet et la réglementation en vigueur, notamment en implantant l'ensemble de ses ouvrages en dehors de la zone à risques. Cela pourra entraîner des contraintes au niveau du projet (plan de masse, ...). Les informations devront nous être communiquées afin que nous puissions réactualiser notre rapport si nécessaire ;

j/ Le Maître d'œuvre devra faire vérifier l'application de normes parasismiques à ses ouvrages à la date de commencement des travaux de construction, compte tenu de l'entrée en vigueur des nouvelles règles de constructions parasismiques ainsi que le nouveau zonage sismique, depuis le 1<sup>er</sup> mai 2011 ;

k/ Classe de Sol « B » au sens de l'Eurocode 8.

## **V/ FAISABILITÉ DE L'ASSAINISSEMENT AUTONOME DES EAUX USÉES DOMESTIQUES**

### **1/ RAPPEL DU PROJET**

Le système d'assainissement non collectif des eaux usées domestiques est actuellement en cours de définition. A ce stade, les EU seront stockées et régulièrement évacuées.

Les préconisations suivantes pourront être modifiées et devront en tout état de cause être complétées après connaissance du projet définitif.

### **2/ TRAITEMENT PRÉLIMINAIRE DES EAUX PLUVIALES**

Compte tenu du risque de saturation en eaux des terrains et/ou de résurgences pouvant apparaître en fonction de la pluviométrie, le traitement des eaux pluviales du site est un préliminaire indispensable à la réalisation de l'assainissement autonome des eaux usées.

Notamment, on veillera à éviter toute interaction entre le fossé existant en limite du site avec les ouvrages d'assainissement projetés.

De façon générale, on proscrira toute arrivée d'eaux pluviales au niveau du système d'assainissement autonome des eaux usées.

### **3/ CALCUL DU NOMBRE D'EH**

D'après les informations fournies par le Client, le nombre d'EH estimé en lien avec la fréquentation du site, est de 20.

Analyse de l'écocomptage du Pas des Sables :

| Année | moyenne/jour | mediane | Nombre total de passages | maxi par jour (passages) | nb visiteurs par ans | nb de chasses d'eau par an | moyenne chasse d'eau par jour | volume à traiter moyen/jour en litres |
|-------|--------------|---------|--------------------------|--------------------------|----------------------|----------------------------|-------------------------------|---------------------------------------|
| 2018  | 727          | 571     | 265260                   | 6210                     | 716202               | 143240                     | 392                           | 1766                                  |
| 2017  | 658          | 556     | 240260                   | 3077                     | 648702               | 129740                     | 355                           | 1600                                  |
| 2016  | 610          | 483     | 223418                   | 5978                     | 603229               | 120646                     | 331                           | 1487                                  |

Au total, le volume d'eau grise à traiter par jour est de 1800 l/jour. Afin de traiter les périodes d'affluence, il est nécessaire de tabler sur une microstation capable de traiter 3000 Litres d'effluents par jour (soit environ 20 EH). :

- Volume nominal de la microstation : 10m<sup>3</sup>
- Dimension globale de la microstation (Lxlxh) : 2 x 4.00 x 1.60 x 2.30
- Poids à vide de la microstation : 800kg env.
- Volume de stockage d'eau recyclée : 6 m<sup>3</sup>
- Volume de stockage d'eau propre : 4m<sup>3</sup>



#### **4/ CHOIX DE LA FILIÈRE D'ASSAINISSEMENT**

Néanmoins, compte tenu des perméabilités mesurées, il est possible de s'orienter vers une des filières compactes sous réserve que celle-ci soit agréée par notamment les ministères en charge de l'écologie et de la santé et que le service assainissement de la Mairie donne son accord.

Compte-tenu du fait qu'il existe autant de filières compactes agréées que de fabricants, il est exclu de faire une liste commerciale de ces filières dans le présent rapport.

**Dans tous les cas, cette possibilité de mise en place d'un système d'assainissement autonome compact devra être détaillée par le fournisseur et son installateur dans le cadre d'un dossier complet, basé notamment sur l'établissement de profils précis faisant apparaître les cotes de futures plate formes. L'installateur du système devra attester avoir mis en œuvre le dispositif dans les règles de l'art et dans le respect des préconisations du constructeur, ainsi que dans le respect de nos propres préconisations, notamment en matière d'infiltration des effluents traités et de prise en compte des contraintes de terrassement et d'incidence sur les autres ouvrages fondés.**

Ces éléments devront être repris dans le cadre d'une étude VRD spécifique qui devra notamment comprendre des profils précis mettant en évidence les ouvrages (GO, VRD, des systèmes d'ANC), les différentes plateformes et les interrelations entre ces éléments

#### **5/ CONDITIONS GÉNÉRALES DE MISE EN PLACE DU DISPOSITIF D'ASSAINISSEMENT**

**Remarque** : Les coupes et essais restent entièrement valables au droit de nos forages et puits, mais peuvent subir des modifications en d'autres points du terrain : blocs cyclopéens de basalte, poche de matériaux de perméabilités faibles, épaisseurs plus ou moins importantes de remblais, présence d'ouvrages enterrés, épaisseur plus ou moins importantes de basalte, profondeur plus ou moins importantes des scories, basalte plus ou moins superficiel ou profond...

Les prescriptions ci-après établies devront être validées et précisées dans le cadre d'une étude VRD spécifique.

##### **➤ Infiltration**

Compte tenu du Règlement Sanitaire Départemental de La Réunion interdisant le rejet des effluents même traités dans le milieu superficiel dans le cadre de la lutte antivectorielle, il est nécessaire d'infiltrer l'intégralité des effluents traités.

**La/Les zone(s) d'infiltration des effluents devront être ancrées en totalité au sein de matériaux suffisamment perméables, en place et non remaniés (scories et/ou rognons scoriacés et/ou matériaux scoriacés limoneux).**

En première approche, on se référera au guide d'utilisation de la microstation et d'après le Guide Pratique Développement Durable « Procédés non traditionnels d'assainissement autonome » (CSTB, 2012), indiquant que les surfaces d'infiltration doivent respecter certains ratios en fonction de la perméabilité (formulé par le GS17 de la commission des Avis techniques) : dans le cas d'une perméabilité comprise entre 30 et 500 mm/h, le ratio est de **4 m<sup>2</sup> de surface d'infiltration (fond et parois) par Équivalent-Habitant (EH)** soit dans le cas du présent projet de 20 EH, **un surface d'infiltration de 80 m<sup>2</sup>.**

A titre d'exemple, le dispositif d'infiltration pourra avoir les dimensions suivantes : 19,00 m de longueur x 2,00 m de largeur x 1,00 m de profondeur. Compte tenu du fait que le dispositif d'infiltration accueille des effluents traités, les matériaux constitutifs du système pourront être des matériaux 20/40.

**On prévoira une équirépartition des effluents en sortie de la microstation/système compact au sein du dispositif d'infiltration, afin de garantir une infiltration correcte des effluents.**

La partie supérieure du dispositif d'infiltration devra être protégé par un géotextile anticontaminant.

Des prescriptions complémentaires seront édictées en fonction du type de filière/de micro station retenue (sortie hautes/basse des effluents en sortie de micro station notamment).

**En cas de présence de basalte, des approfondissements pourront être nécessaires afin de traverser ce dernier. L'avis du Géotechnicien voire des sondages complémentaires seront requis.**

**Dans le cas, d'épaisseur trop importante de basalte, on sera amené à déplacer le dispositif d'infiltration dans une zone plus favorable. Cela pourra impliquer la réalisation de sondages complémentaires en phase chantier.**

➤ Terrassements

On procédera à la réalisation des terrassements des systèmes avant la réalisation d'éventuelles fondations situées à proximité de la zone d'assainissement des eaux usées. Ces dernières devront respecter une pente de 2V/3H entre leur nu extérieur, arase inférieure et le fond de fouille des systèmes. Cela pourra entraîner des approfondissements de fondations.

La réalisation des systèmes entraînera des terrassements potentiellement conséquents, nécessitant impérativement une méthodologie et des moyens adaptés. Compte tenu de la nature du sol, ces terrassements nécessiteront une utilisation importante du BRH.

On évitera soigneusement d'effectuer les terrassements du système d'infiltration en période pluvieuse.

## **VI/ PRÉCONISATIONS DANS LE CADRE DE L'ÉTUDE GÉOTECHNIQUE DE CONCEPTION**

### **1/ RAPPEL DU PROJET**

Le projet consiste en la création de sanitaires publics provisoires (< 5 ans) en milieu isolé.

Le présent rapport reste préliminaire : un nouvel indice du rapport sera établi une fois que le projet définitif sera établi (actuellement il s'agit de sanitaires provisoires), dont les prescriptions devront être validées et détaillées dans le cadre d'un dossier VRD effectué par un bureau d'étude spécialisé.

Les préconisations suivantes pourront être modifiées et devront en tout état de cause être complétées après connaissance du projet définitif.

### **2/ INCIDENCE DES DONNÉES HYDROGÉOLOGIQUES ET HYDRAULIQUES SUR LE PROJET**

#### **a/ Eau souterraine/résurgences**

Aucune donnée concernant la présence d'une nappe d'eau souterraine à faible profondeur n'est disponible. Néanmoins, en cas de présence de résurgences, on pourra être amené à prévoir des ouvrages spécifiques (caniveaux, cunettes, drainage...) avec évacuation vers le réseau ou vers un exutoire judicieusement positionné.

Une attention particulière devra être apportée au système d'ANC, qui devra être protégé de toute arrivée d'eaux pluviales (tranchée drainante de protection placée à l'amont par exemple). Ce point devra être traité en priorité et en tout état de cause, avant démarrage des travaux.

On rappellera la nécessité de veiller à ce qu'aucune interaction ne subsiste entre eaux pluviales et futur système de traitement des eaux usées.

#### **b/ Eaux pluviales**

On procédera à un traitement soigné des eaux pluviales (y/c en phase chantier).

Les eaux de toiture seront récupérées en gouttière et évacuées au réseau, et les eaux de ruissellement en surface du terrain devront être traitées notamment pour éviter toute stagnation d'eau en surface (pas d'« effet piscine »...), notamment au voisinage des système attenants à l'ANC des EU.

### **3/ TERRASSEMENTS**

Compte tenu des matériaux rencontrés en forage, les terrassements nécessiteront l'utilisation du BRH.

Les terrassements en périphérie du projet devront faire l'objet d'une étude spécifique, basée sur des profils précis et pouvant nécessiter des sondages complémentaires au démarrage du chantier (reconnaissance des mitoyens, niveau d'assise des fondations, présence de réseaux enterrés, nature précise des sols dans certaines zones délicates...).

Ils feront appel à une méthodologie adaptée pouvant donner lieu à des travaux de confortement et/ou de protection (soutènement provisoires, blindages, reprise en sous œuvre ...).

Compte tenu de l'aspect pulvérulent des matériaux scoriacés, ces travaux pourront être délicats à réaliser par endroits.

Dans tous les cas, ils devront être exécutés par une Entreprise spécialisée, disposant des moyens matériels et humains adaptés.

**NB :** On prévoira une méthodologie spécifique de terrassement « en sortant » des plateformes et de mise en œuvre des couches de formes « en rentrant ». Afin de limiter les risques de remaniements des terrains, on évitera toute circulation d'engins (pelle, camion, compacteur) sur les fonds de formes notamment en période pluvieuse.

#### **4/ STABILITÉ / SOUTÈNEMENT / MITOYENNETÉ**

##### **a/ Stabilité**

**En phase provisoire de chantier, hors zone de mitoyenneté,** les talus non soutenus de moins de 2,00 m de haut en déblais pourront être taillés à 1/1. Cette pente pourra être adoucie par endroits en cas de présence de remblais et/ou de matériaux faibles en surface, et la présence de scories pourra entraîner la nécessité de procéder à des blocages en gros béton. A l'inverse, en cas de présence de basalte, la pente du talus pourra être plus raide.

**En phase provisoire de chantier, dans les zones de mitoyenneté,** l'entreprise prendra toutes les dispositions qui s'imposent pour éviter toute déstabilisation des existants. Cela imposera une méthodologie spécifique et adaptée de la part de l'entreprise : reconnaissance soignée des mitoyens (niveau d'assise des fondations existantes, présence de réseaux enterrés ...), soutènements provisoires, reprises en sous œuvre...

**En phase définitive,** les éventuels talus seront soutenus sur toute leur hauteur par des murs convenablement dimensionnés et ancrés.

##### **b/ Soutènement**

Les éventuels murs de soutènement seront dimensionnés en considérant les caractéristiques des matériaux mis en remblais ou présents derrière le mur, les éventuelles surcharges et la topographie du terrain à l'arrière du mur et en évitant l'accumulation des eaux pluviales par mise en place de barbacanes.

Les murs de soutènement devront faire l'objet d'une étude spécifique.

Les fondations des murs de soutènement devront être soigneusement ancrées dans les terrains en place et non remaniés et la stabilité des murs devra être soigneusement assurée.

### c/ Mitoyenneté

L'Entreprise prendra toutes les dispositions qui s'imposent afin d'éviter tout risque de déstabilisation en mitoyenneté ainsi qu'en périphérie de l'Opération.

## 5/ SYSTÈME DE FONDATIONS

**Remarque :** Les coupes et essais restent entièrement valables au droit de nos forages, mais peuvent subir des modifications en d'autres points du terrain : blocs cyclopéens de basalte, poche de matériaux de caractéristiques faibles, épaisseurs plus ou moins importantes de remblais, présence d'ouvrages enterrés, basalte ou scories plus superficiels ou plus profonds, présence d'anomalies ...

Selon les éléments qui nous ont été transmis (plan de fondations BA10 ind 0 daté du 21/05/2021), il est envisagé des semelles superficielles (filantes et isolées) ainsi que des radiers concernant l'assise de l'ouvrage provisoire.

### a/ Solution A : semelles superficielles

Compte tenu des terrains rencontrés et des caractéristiques mesurées par les essais pressiométriques, on pourra envisager des fondations par semelles filantes et/ou isolées, à condition de respecter les points suivants :

- enlever soigneusement** les ouvrages enterrés existants les éventuelles zones polluées par les puisards de fosse septique (voir NB ci-dessus) et purger les zones ainsi remaniées ;

- dévoier** les éventuels réseaux passant sous l'emprise du futur ouvrage provisoire et purger les zones ainsi remaniées ;

- enlever soigneusement** les racines et souches d'arbres et purger les zones ainsi remaniées ;

- traverser en totalité** la terre végétale, les terrains remaniés, les éventuels remblais ;

- être assises** dans les matériaux scoriacés (scories, scories limoneuses, rognons scoriacés) en place et non remaniés, et/ou sur le basalte ;

- être ancrées de 0,30 m minimum** dans les niveaux ci-dessus décrits (sauf basalte où l'on pourra diminuer l'ancrage) ;

- être coulées** pleine fouille sur cette hauteur ;

Conformément à la Norme d'application nationale NF P94-261 (Justification des ouvrages géotechniques — Normes d'application nationale de l'Eurocode 7 — Fondations superficielles, juin 2013), le critère de limitation de la charge transmise au terrain est à vérifier à l'ELS quasi-permanent et caractéristique et nécessite de satisfaire les relations suivantes :

$$V_d - R_0 \leq R_{v;d}$$

et

$$R_{v;d} = \frac{R_{v;k}}{\gamma_{R;v}}$$

et

$$R_{v;k} = \frac{A' q_{net}}{\gamma_{R;d;v}}$$

avec

- $V_d$  est la valeur de calcul de la charge verticale transmise par la fondation superficielle au terrain ;
- $R_0$  est la valeur du poids de volume de sol constitué du volume de la fondation sous le terrain après travaux et des sols compris entre la fondation et le terrain après travaux ;
- $R_{v;d}$  est la valeur de calcul de la résistance nette du terrain sous la fondation superficielle ;
- $\gamma_{R;v}$  est le facteur partiel à considérer, il est égal à 2,3 à l'ELS quasi-permanent et à l'ELS caractéristique et sa valeur ne dépend pas de la méthode de calcul ;
- $R_{v;k}$  est la valeur caractéristique de la résistance nette du terrain sous la fondation superficielle ;
- $A'$  est la valeur de la surface effective de la semelle ;
- $q_{net}$  est la valeur de la contrainte associée à la résistance nette sous la fondation superficielle ;
- $\gamma_{R;d;v}$  est le coefficient de modèle lié à la méthode de calcul utilisée pour le calcul de la contrainte  $q_{net}$ .

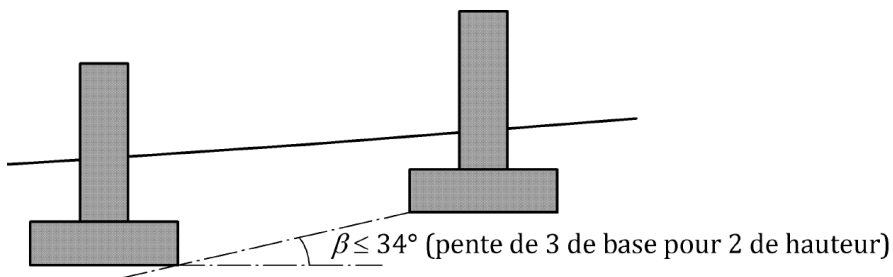
Après vérification de la résistance nette du terrain sous la fondation aux ELS, les fondations par semelles filantes et/ou isolées **pourront être dimensionnées** sur la base d'une contrainte admissible de **0,1 MPa (1 bar) à l'ELS** pour des charges verticales centrées et des fonds de fouilles non remaniés.

### Remarques importantes

Tout bloc déchaussé lors des fouilles de fondations devra être enlevé et substitué en gros béton.

Les fouilles des réseaux s'effectueront avant réalisation des fondations.

Tout approfondissement au niveau d'une semelle devra entraîner un approfondissement au niveau de la semelle voisine, en respectant une pente de 2V/3H entre l'arase de la fondation la plus haute et le fond de fouille d'approfondissement.



Extrait de la norme NFP 94-261, §8.1

Cette même pente devra être respectée entre les fondations des différents ouvrages et les pieds de talus et/ou tranchées et/ou purges et/ou fondations de murs de soutènement situés à proximité et/ou fond de fouille de système d'assainissement autonome dont les fouilles devront impérativement être effectuées avant les fondations. L'Entreprise vérifiera également la présence éventuelle d'ouvrages enterrés en mitoyenneté. Cette vérification pourra entraîner des approfondissements des fondations du projet suivant une pente de 2V/3H avec le niveau d'assise des ouvrages voisins.

Compte tenu du risque de présence d'anomalies à faible profondeur, il sera indispensable de prévoir et d'effectuer des contrôles en phase chantier sous l'emprise des semelles avant coulage des fondations (fleuret).

Les fonds de fouilles seront réceptionnés de façon exhaustive par un Géotechnicien.

**Il conviendra de contacter GEISER avant tout approfondissement surabondant.**

On prévoira du gros béton pour purges (remblais et/ou poches de scories caverneuses).

Les utilisations de gros béton pourront être conséquentes.

Les fonds de fouilles seront compactés avant coulage des fondations (assise dans les alluvions, les matériaux scoriacés).

#### **b/ Solution B : radier**

Compte tenu de la nature de l'ouvrage entraînant nécessairement une assise par l'intermédiaire d'un radier, on respectera les points suivants.

##### **1) Terrassement**

- enlever soigneusement la terre végétale et les remblais, les souches d'arbres et les racines, les éventuels ouvrages enterrés ;

- purger les terrains ainsi remaniés ;

- terrasser sous le niveau d'assise théorique du radier suivant les épaisseurs précisées au paragraphe 4 ci-après ;

- faire visualiser le fond de forme par le Géotechnicien. En fonction des terrains visualisés, il pourra être nécessaire de procéder à des sondages et essais complémentaires entraînant des purges de matériaux faibles ;

- purger et substituer en matériaux insensibles à l'eau de type GNT 0/80 ou 0/100 soigneusement compactés les éventuelles poches de scories caverneuses visibles. En cas d'impossibilité d'effectuer un compactage convenable ou en cas de présence d'anomalies, on utilisera en matériau de substitution un béton cyclopéen soigneusement dosé et coulé pleine fouille ;

- compacter intensivement le fond de forme et le contrôler suivant un maillage convenable par temps sec par essai de Westergaard en adoptant comme critère de réception :

**K(coefficient de Westergaard) > 30 MPa/m (3 bars/cm)**

En cas de difficultés à réaliser l'essai de Westergaard sur le fond de forme compte tenu du type de matériau, une couche de forme sera mise en œuvre en matériaux nobles insensibles à l'eau de type GNT 0/80 soigneusement mis en œuvre et compactés. L'Essai de Westergaard sera réalisé sur cette couche. L'épaisseur de cette couche de forme sera définie par l'Entreprise afin d'atteindre le critère ci-dessus cité.

**NB : On prévoira des possibilités de purges supplémentaires des matériaux remaniés par la circulation des engins en période pluvieuse, avant mise en œuvre du hérissonnage. En période de forte pluviométrie, des arrêts de chantier pourront s'avérer nécessaires (voir chapitre « Terrassements »).**

## 2) Réalisation du hérissonnage

- mettre en œuvre le hérissonnage en matériaux insensibles à l'eau de type GNT 0/80, soigneusement compactés par couches élémentaires de 0,30 m d'épaisseur et contrôlés par temps sec suivant un maillage convenable par essai de plaque, en adoptant comme critère de réception :

$$EV1 > 50 \text{ MPa}$$

$$EV2/EV1 < 1,8$$

- en périphérie du radier, on procèdera à un compactage soigné contre les parois de la fouille et à un contrôle renforcé ;

- en finition, on pourra atteindre un coefficient de Westergaard supérieur à 50 MPa/m. Ce point devra néanmoins être vérifié.

- en périphérie du radier, on utilisera la méthode du remblai excédentaire en adoptant un débord minimal de 1,00 m (nu extérieur du radier) et une pente de 2V/3H entre le nu extérieur des fondations, arase inférieure et le pied de talus du hérissonnage. Ce talus sera soigneusement stabilisé.

## 3) Mise en œuvre du radier

Le radier sera mis en œuvre sur le hérissonnage et dimensionné sur la base du coefficient de Westergaard ci-dessus cité pour une contrainte effective inférieure à 0.1 MPa à l'ELS.

## 4) Hauteur du hérissonnage

Compte tenu des terrains rencontrés, on adoptera pour le hérissonnage, une épaisseur minimale de 0,30 m sous radier (hors niveau 0 à rattraper et hors purges éventuelles).

## **6/ CONTRÔLES SOUS FONDATIONS**

Compte tenu du risque de présence de poches de scories / de l'hétérogénéité des terrains et/ou d'anomalies à faible profondeur, il sera indispensable d'effectuer des contrôles **au fleuret** sous l'emprise des fondations avant coulage de ces dernières.

Les paramètres de contrôles en termes de maillage et de profondeur seront néanmoins proposés par l'Entreprise et son Géotechnicien dans le cadre de sa mission de type G3. Nous recommandons dans tous les cas, un contrôle systématique sous l'emprise des semelles isolées et des semelles filantes en fonction du plan de fondation (tous les 3 à 5 ml en première approche).

Ces contrôles pourront entraîner des purges en cas de présence d'anomalies.

**Les opérateurs en charge des contrôles devront être suffisamment compétents et l'Entreprise en charge des contrôles devra obtenir l'agrément du Maître d'Ouvrage et du Maître d'œuvre.**

## **7/ ÉVALUATION DES RISQUES DE TASSEMENTS**

L'évaluation des tassements absolus totaux théoriques est calculée de façon statistique sur la base des formules pressiométriques, des caractéristiques mesurées au droit de nos forages et des descentes de charge maximales estimées, selon l'annexe H de la norme NF P94-261.

Pour un sol homogène, le tassement final doit être calculé à partir de la formule suivante :

$$s_f = s_c + s_d$$

$s_f$  est le tassement final (tassement estimé pour une échéance de 10 ans),

$s_c$  est le tassement sphérique (dû aux déformations volumétriques),

$s_d$  est le tassement déviatorique (dû aux déformations de cisaillement).

Les tassements sphérique  $s_c$  et déviatorique  $s_d$  doivent être calculés respectivement à partir des expressions :

$$s_c = \frac{\alpha}{9E_M} (q' - \sigma'_{v0}) \lambda_c B$$

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

$E_M$  est le module pressiométrique Ménard ;

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

$\sigma'_{v0}$  est la contrainte verticale effective au niveau de fondation, dans la configuration du terrain avant travaux ;

$B_0$  est une largeur de référence égale à 0,60 m ;

$B$  est la largeur de la fondation ;

$\alpha$  est un coefficient rhéologique dépendant de la nature du terrain ;

$\lambda_c, \lambda_d$  sont des coefficients de forme, fonction du rapport  $L/B$ .

Pour un sol hétérogène, les tassements sphérique  $s_c$  et déviatorique  $s_d$  doivent être calculées à partir de la formule suivante :

$$s_c = \frac{\alpha}{9E_c} (q' - \sigma'_{v0}) \lambda_c B$$

$$s_d = \frac{2}{9E_d} (q' - \sigma'_{v0}) B_0 \left( \lambda_d \frac{B}{B_0} \right)^\alpha$$

$E_c$  est le module pressiométrique Ménard équivalent correspondant à la zone où les déformations volumétriques sont prépondérantes (zone dite d'influence sphérique) ;

$E_d$  est le module pressiométrique Ménard équivalent correspondant à la zone où les déformations de cisaillement sont prépondérantes (zone dite d'influence déviatorique) ;

$\alpha$  est un coefficient rhéologique moyen sur l'épaisseur de terrain.

Après application des formules adéquates, les tassements absolus totaux théoriques estimés de façon statistique pour des **semelles isolées et filantes dimensionnées à 0.10 MPa à l'ELS quasi-permanent et assises au sein des matériaux scoriacés limoneux devraient être inférieurs à :**

**\* 0.53 cm pour une SF60 reprenant une descente de charge de 60 kN/ml à l'ELS quasi-permanent ;**

**\* 0.28 cm pour une SI carrée de 40 X 40 reprenant une descente de charge de 16 kN à l'ELS quasi-permanent.**

Ces tassements absolus totaux peuvent se transformer en totalité ou en partie en tassements différentiels. La Maîtrise d'œuvre vérifiera la compatibilité de ces valeurs avec les limites admissibles pour la structure, conformément aux Eurocodes.

## **VII/ REMARQUES IMPORTANTES**

Le présent rapport reste préliminaire : un nouvel indice du rapport sera établi une fois que le projet définitif sera établi (actuellement il s'agit de sanitaires provisoires), dont les prescriptions devront être validées et détaillées dans le cadre d'un dossier VRD effectué par un bureau d'étude spécialisé.

Les préconisations suivantes pourront être modifiées et devront en tout état de cause être complétées après connaissance du projet définitif.

Il appartient au MOuv et son MOE de nous transmettre les éléments à l'avancement du projet afin que nous puissions mener à bien nos missions.

On rappellera que la norme NFP 94500 prévoit un enchaînement des missions géotechniques qui sont déclenchées en fonction de l'avancement du projet.

Fait à St Denis, le 15/03/2022

Le Responsable de l'Etude  
Julien DELOMIER  
Directeur



# ANNEXES

## ANNEXE 1

### MISSIONS DE GÉOTECHNIQUE DE LA NORME NF P 94500

## 4.2.4 Tableaux synthétiques

Tableau 1 — Enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique

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

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

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.

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

**ÉTAPE 3 : ÉTUDES GÉOTECHNIQUES DE RÉALISATION (G3 et G 4, distinctes et simultanées)**

**ÉTUDE ET SUIVI GÉOTECHNIQUES D'EXECUTION (G3)**

Cette mission permet de réduire les risques géotechniques résiduels par la mise en œuvre à temps de mesures correctives d'adaptation ou d'optimisation. Elle est confiée à l'entrepreneur sauf disposition contractuelle contraire, sur la base de la phase G2 DCE/ACT. Elle comprend deux phases interactives :

Phase Étude

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

Phase Suivi

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

**SUPERVISION GÉOTECHNIQUE D'EXECUTION (G4)**

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

Phase Supervision de l'étude d'exécution

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

Phase Supervision du suivi d'exécution

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

**DIAGNOSTIC GÉOTECHNIQUE (G5)**

Pendant le déroulement d'un projet ou au cours de la vie d'un ouvrage, il peut être nécessaire de procéder, de façon strictement limitative, à l'étude d'un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques, dans le cadre d'une mission ponctuelle. Ce diagnostic géotechnique précise l'influence de cet ou ces éléments géotechniques sur les risques géotechniques identifiés ainsi que leurs conséquences possibles pour le projet ou l'ouvrage existant.

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

## ANNEXE 2

### CONDITIONS D'EXPLOITATION ET DE VALIDITÉ DES ÉTUDES DE SOL

### 1. Cadre de la mission

Par référence à la norme NF P 94-500 sur les missions d'ingénierie géotechnique (en particulier extrait de 2 pages du chapitre 4 joint à toute offre et à tout rapport), il appartient au maître d'ouvrage et à son maître d'œuvre de veiller à ce que toutes les missions d'ingénierie géotechnique 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 d'ingénierie géotechnique 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 d'études géotechniques préalables (étude de site G1 ES, étude des Principes Généraux de Construction G1 PGC), Les missions d'études géotechniques de conception (étude d'avant-projet G2 AVP, étude de projet G2 PRO et étude G2 DCE/ACT), Les missions étude et suivi géotechniques d'exécution (G3), de supervision géotechnique d'exécution (G4) sont réalisées dans l'ordre successif.

- Exceptionnellement, une mission confiée à notre société peut ne contenir qu'une partie des prestations décrites dans la mission type correspondante après accord explicite, le client confiant obligatoirement le complément de la mission à un autre prestataire spécialisé en ingénierie géotechnique.

- L'exécution d'investigations géotechniques engage notre société uniquement sur la conformité des travaux exécutés à ceux contractuellement commandés et sur l'exactitude des résultats qu'elle fournit.

- Toute mission d'ingénierie géotechnique 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.

- Toute mission d'étude géotechnique préalable G1 phase ES ou PGC, d'étude géotechnique de conception G2 AVP, ou de diagnostic géotechnique exclut tout engagement de notre société sur les quantités, couts et délais d'exécution des futurs ouvrages géotechniques. De convention expresse, la responsabilité de notre société ne peut être engagée que dans l'hypothèse où la mission suivante d'étude géotechnique de projet lui est confiée.

- Une mission d'étude géotechnique de conception G2 AVP, de projet G2 PRO et G2 DCE/ACT 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) partie(s) d'ouvrage(s) concerné(s).

La responsabilité de notre société ne saurait être engagée en dehors du cadre de la mission d'ingénierie 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 investigation 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 à l'ingénierie géotechnique chargée de l'étude et suivi géotechniques d'exécution (mission G3) afin qu'elle 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.

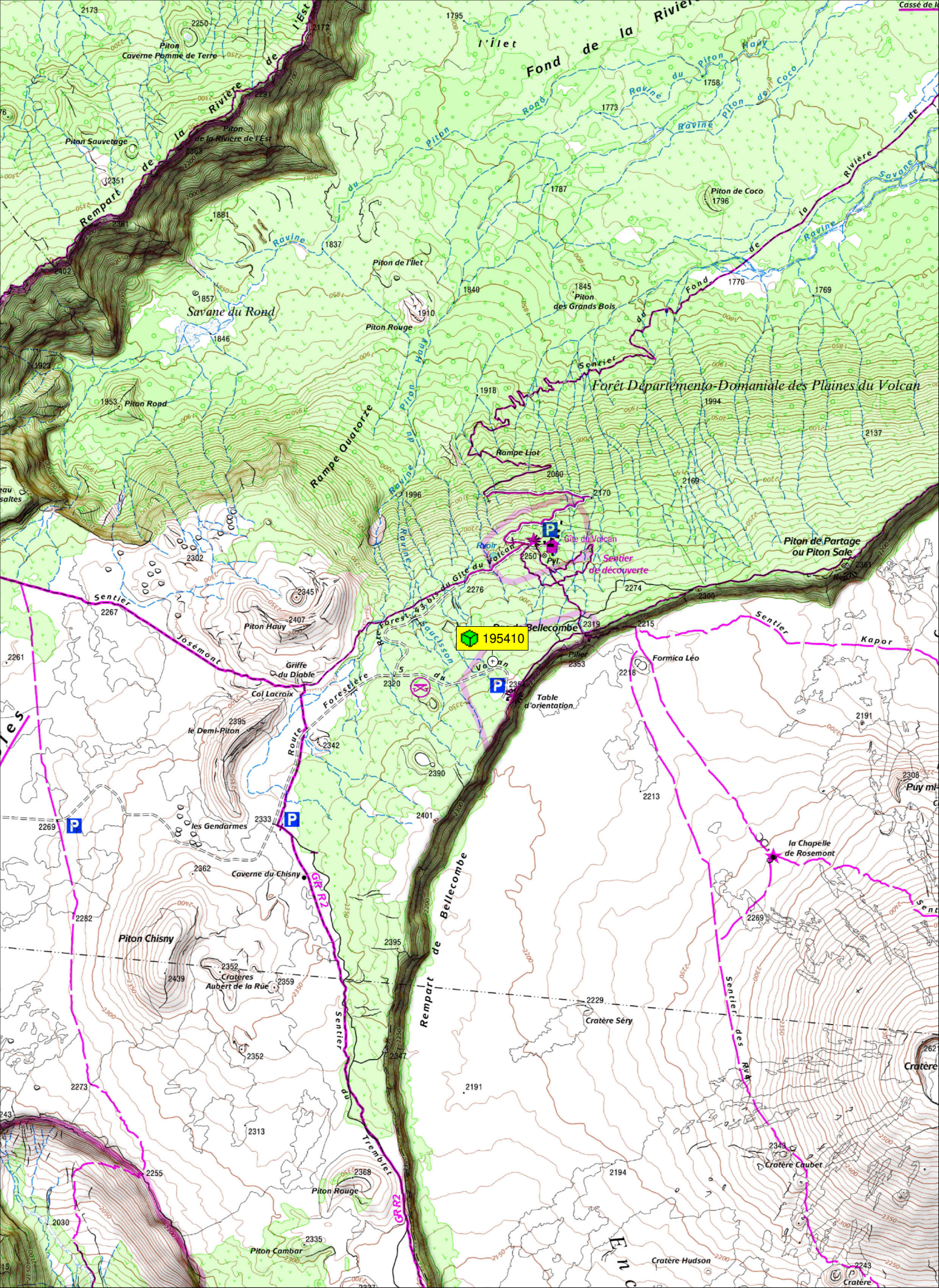
### 3. Rapport de la mission

Le rapport géotechnique constitue le compte-rendu de la mission d'ingénierie 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 constructeur ou pour 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.

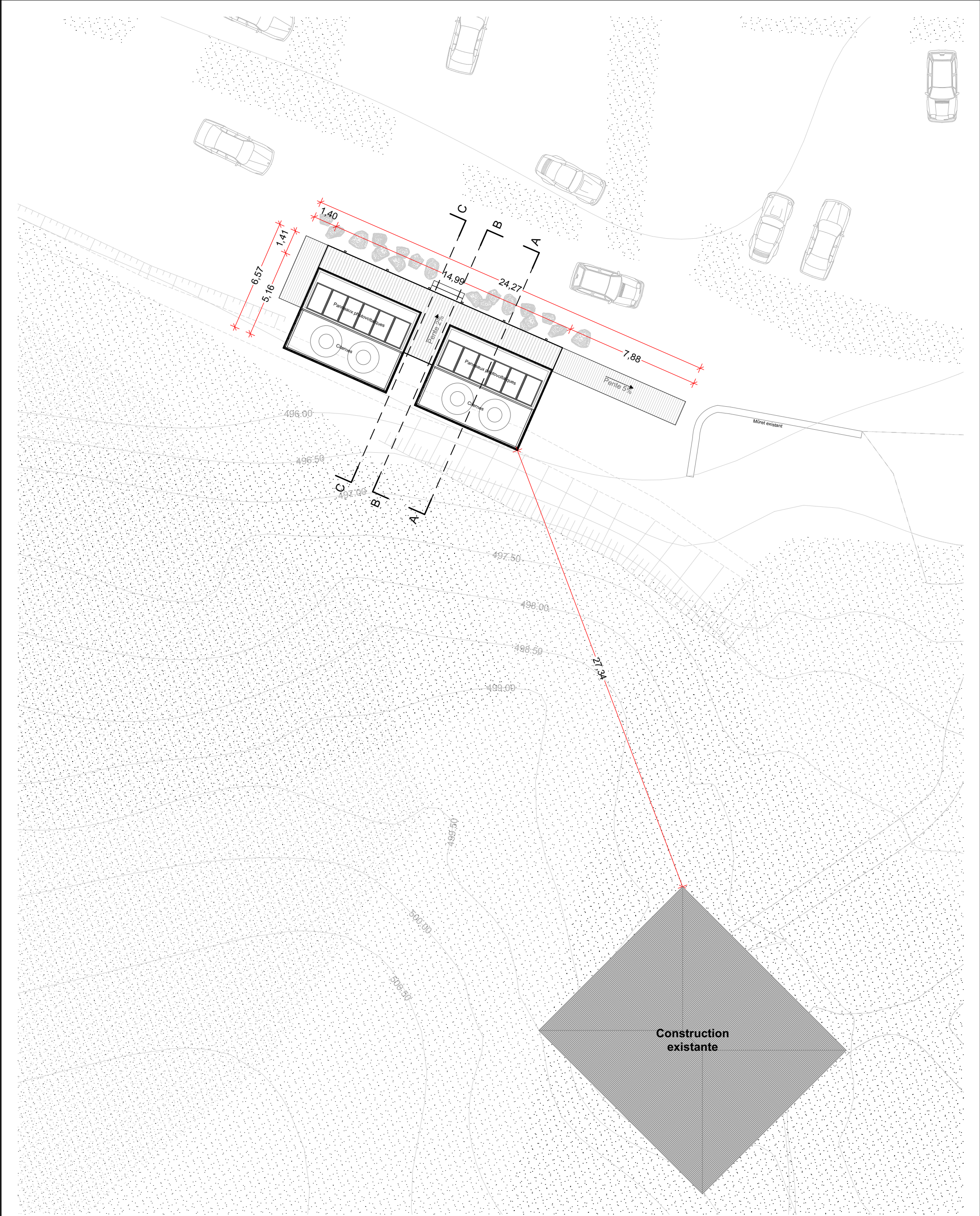
## ANNEXE 3

### SITUATION GÉOGRAPHIQUE DU PROJET



## ANNEXE 4

### PLAN DE MASSE, COUPES DE L'OPÉRATION



Emprise au sol (construction) : 111.25m²

- Graviers / Terre
- Tôle acier
- Caillebotis

# Plan de masse



NB: Ces plans ne sont en aucun cas des plans d'exécution et ne peuvent être utilisés pour réaliser la construction

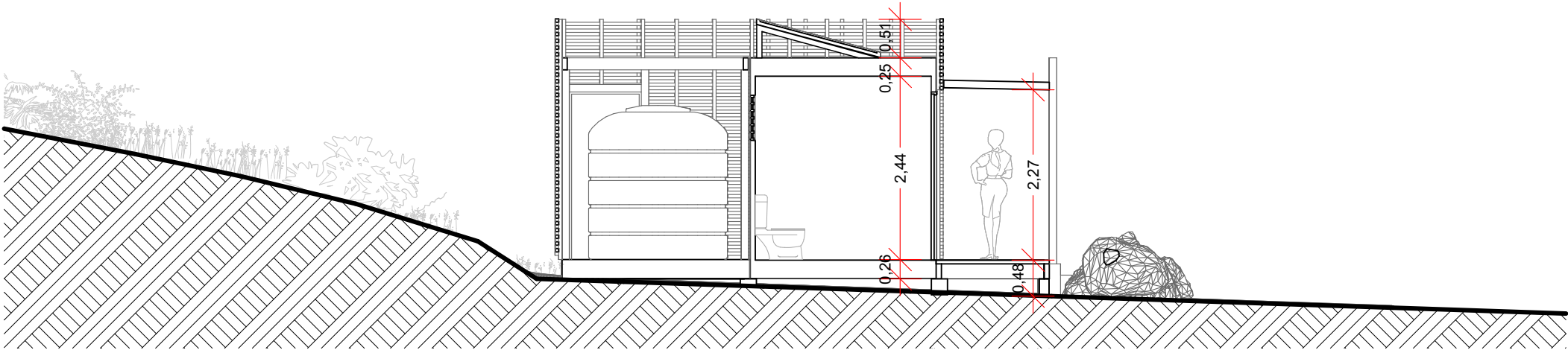
Demandeur : Département de la Réunion - M. Cyrille Melchior  
34 Rue du Général De Gaulle  
97488 Saint-Denis Cedex

Projet : Sanitaires provisoires - Pas de Bellecombe Jacob  
Route forestière du Volcan  
97439 Sainte-Rose Cedex

|            |     |     |    |                  |     |         |
|------------|-----|-----|----|------------------|-----|---------|
| Ech: 1:200 |     |     |    | Date: 01.12.2020 |     | 20PC006 |
| ESQ        | APS | APD | PC | PRO              | DCE | ACT     |
|            |     |     |    |                  |     |         |

PC2

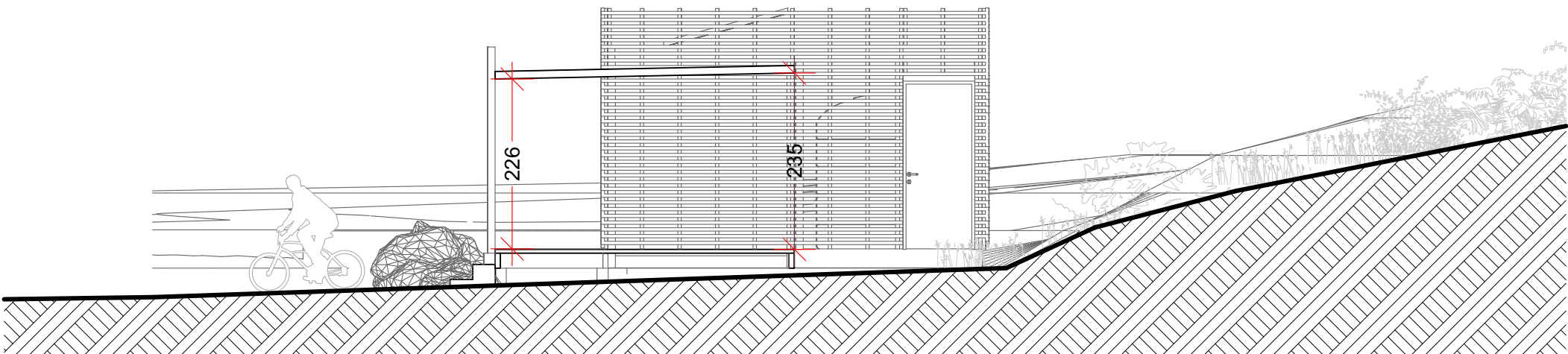
CossonChristophe  
architecte d.p.l.g.  
26 rue Barquisseau  
97410 Saint-Pierre  
0692 25 58 73



PC

Coupe A

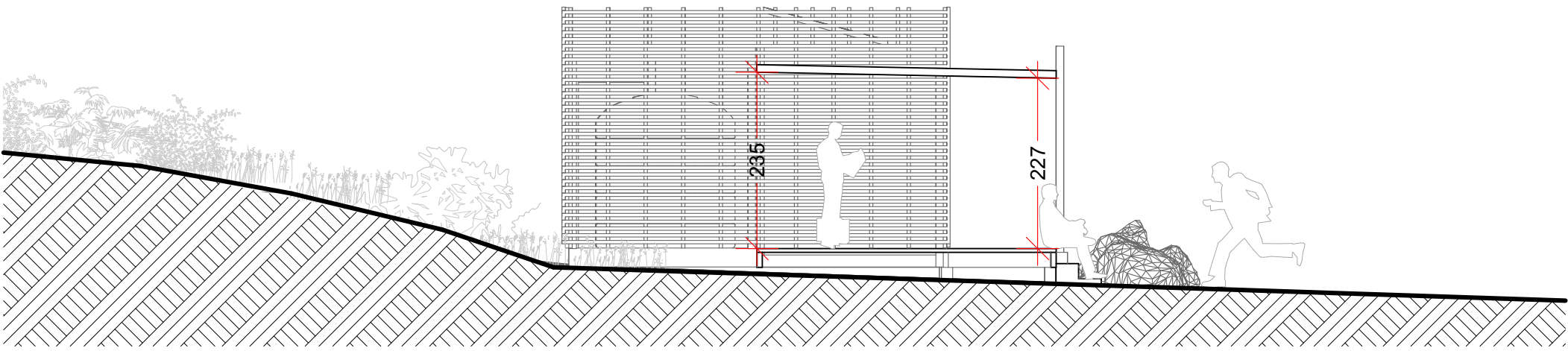
1:75



B

Coupe B

1:75



C

Coupe C

1:75

NB: Ces plans ne sont en aucun cas des plans d'exécution et ne peuvent être utilisés pour réaliser la construction

Demandeur : Département de la Réunion - M. Cyrille Melchior  
34 Rue du Général De Gaulle  
97488 Saint-Denis Cedex

Projet : Sanitaires provisoires - Pas de Bellecombe Jacob  
Route forestière du Volcan  
97439 Sainte-Rose Cedex

Ech: 1:50 Date: 01.12.2020 20PC006

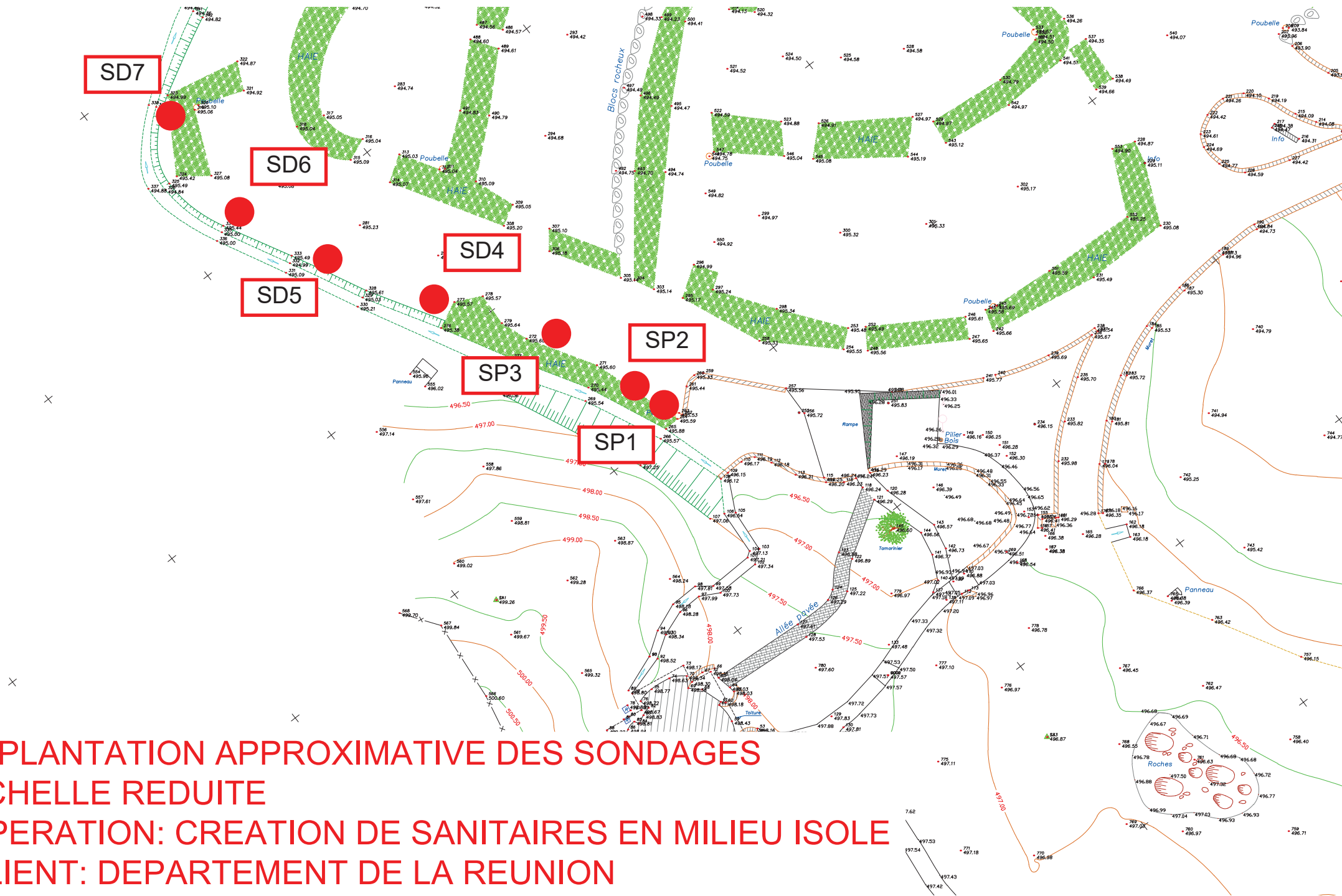
ESQ APS APD PC PRO DCE ACT EXE

PC3

Cosson Christophe  
architecte d.p.l.g.  
26 rue Barquisseau  
97410 Saint-Pierre  
0692 25 58 73

## ANNEXE 5

### IMPLANTATIONS APPROXIMATIVES DES FORAGES



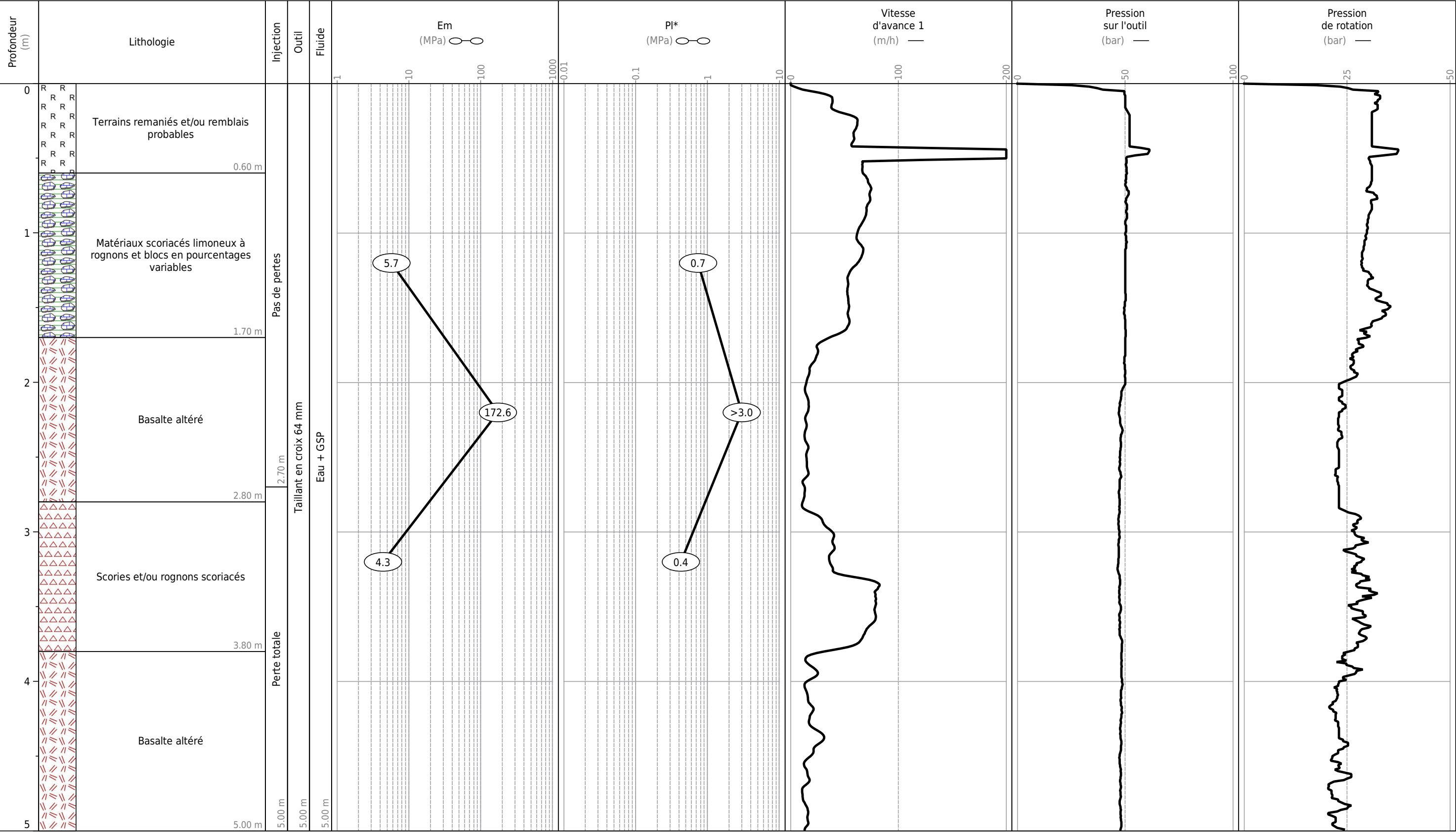
## ANNEXE 6

COUPES SUR FORAGES PRESSIOMÉTRIQUES ET  
DESTRUCTIFS



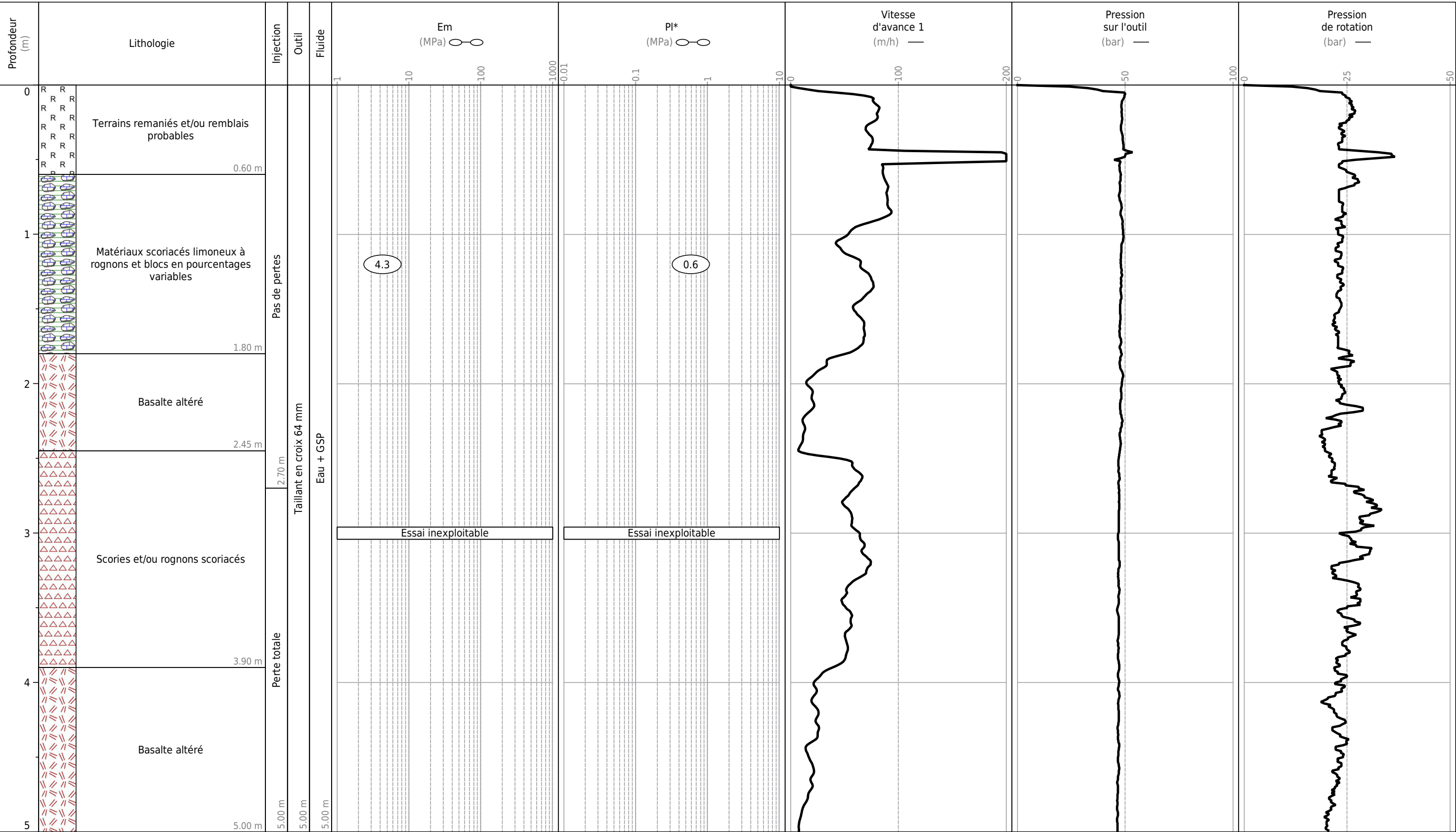
RÉSULTATS DES ESSAIS PRESSIOMÉTRIQUES

SONDAGE SP1



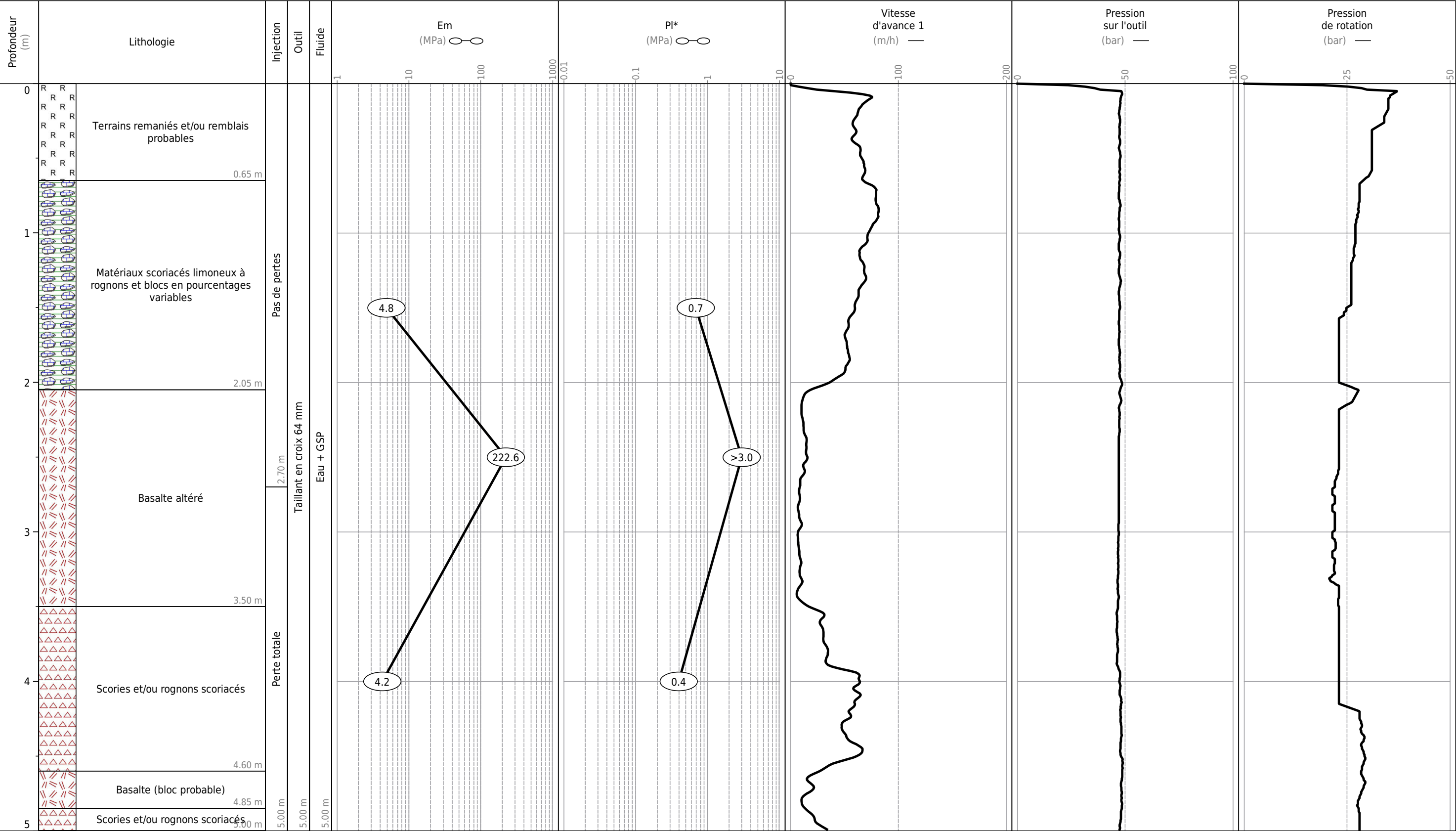
Obs. :

SONDAGE SP2



Obs. :

SONDAGE SP3



Obs. :

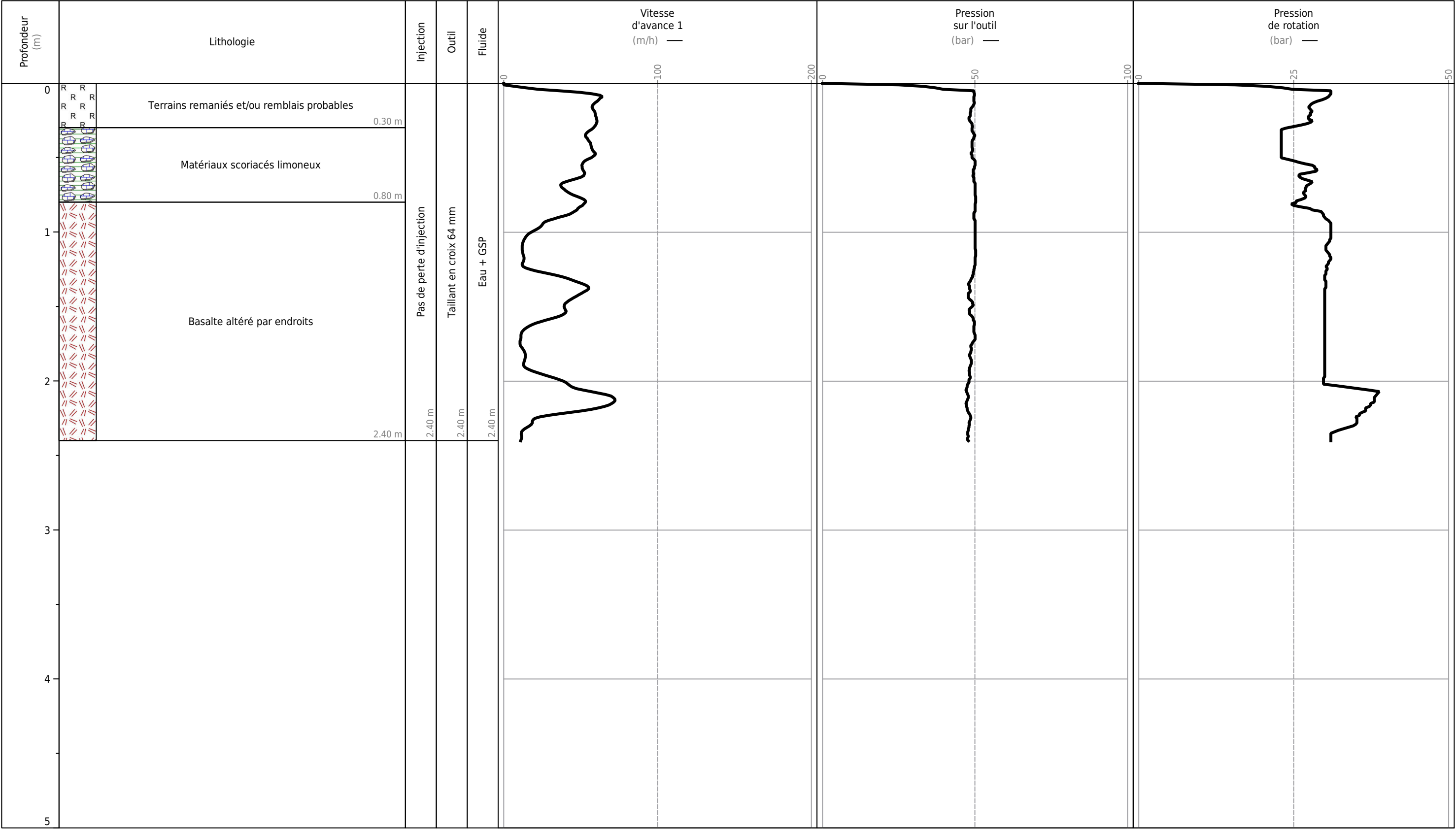


Sol - Eau - Environnement  
Date : 25/11/2019  
Machine : SOCO65 Foreur : JYB

OPERATION : CREATION DE SANITAIRES EN MILIEU ISOLE  
Client : DEPARTEMENT DE LA REUNION  
DOSSIER GEISER N° GE195410

Echelle 1/25

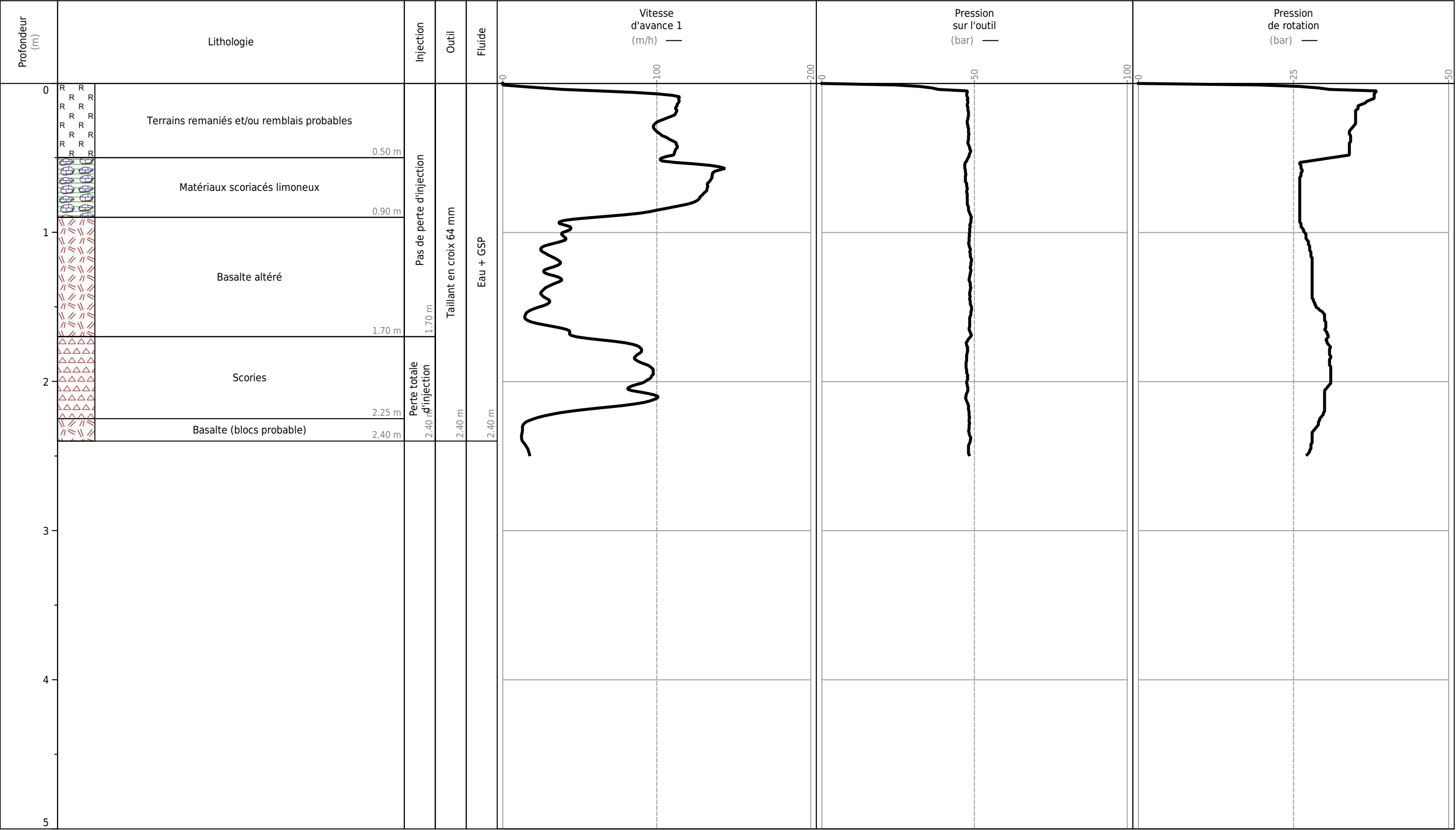
SONDAGE SD4



Obs. :

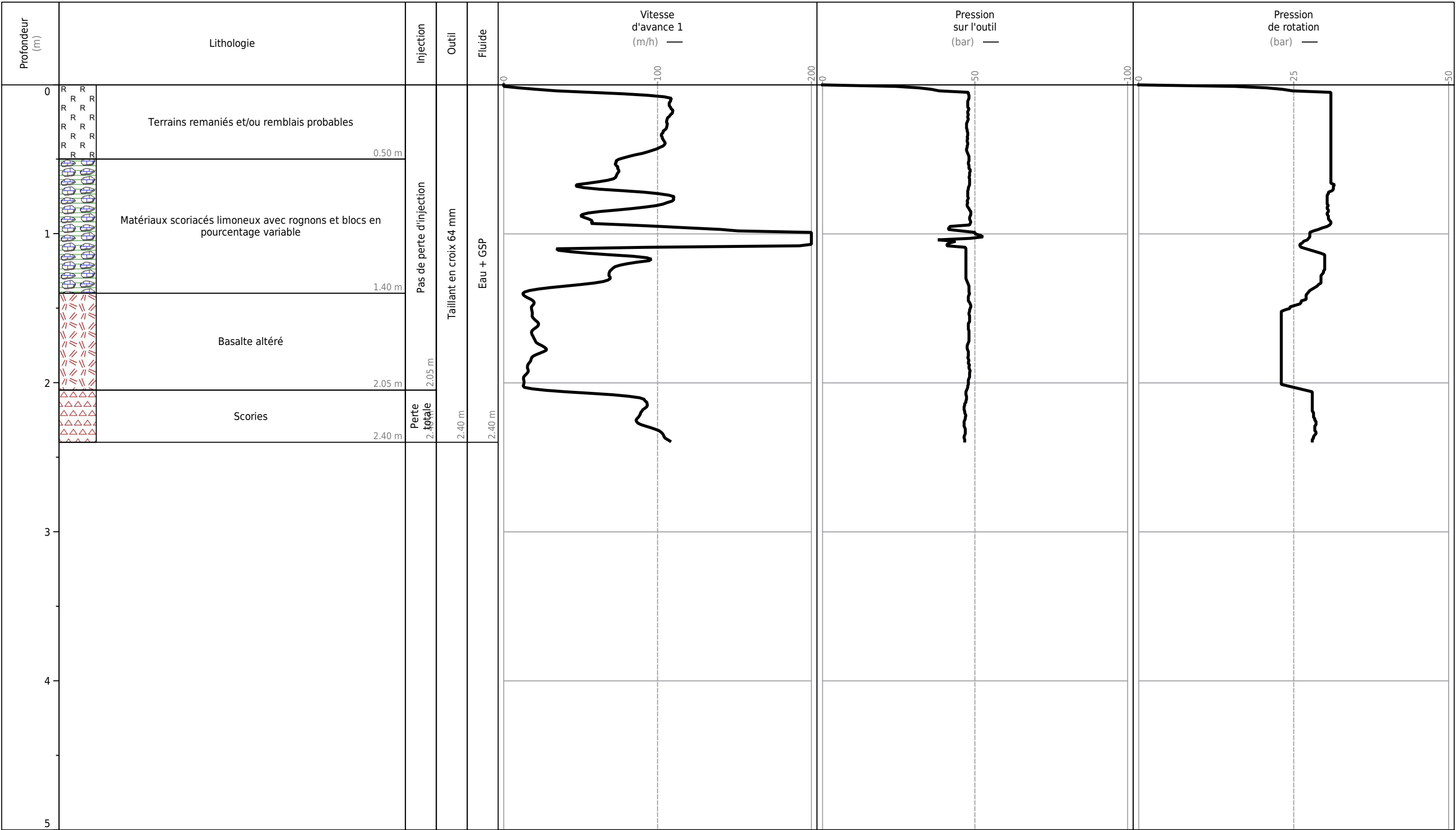


# SONDAGE SD6



Obs. :

SONDAGE SD7



Obs. :

## ANNEXE 7

### PHOTOGRAPHIES DE NOTRE MACHINE DE FORAGE EN STATION

## PHOTOGRAPHIES DE NOTRE MACHINE DE FORAGE EN STATION

OPÉRATION : CREATION DE SANITAIRES EN MILIEU ISOLE

CLIENT : DEPARTEMENT

DOSSIER GEISER N°GE195410

Forage SP1 :



Forage SP2 :



**PHOTOGRAPHIES DE NOTRE MACHINE DE FORAGE EN STATION**

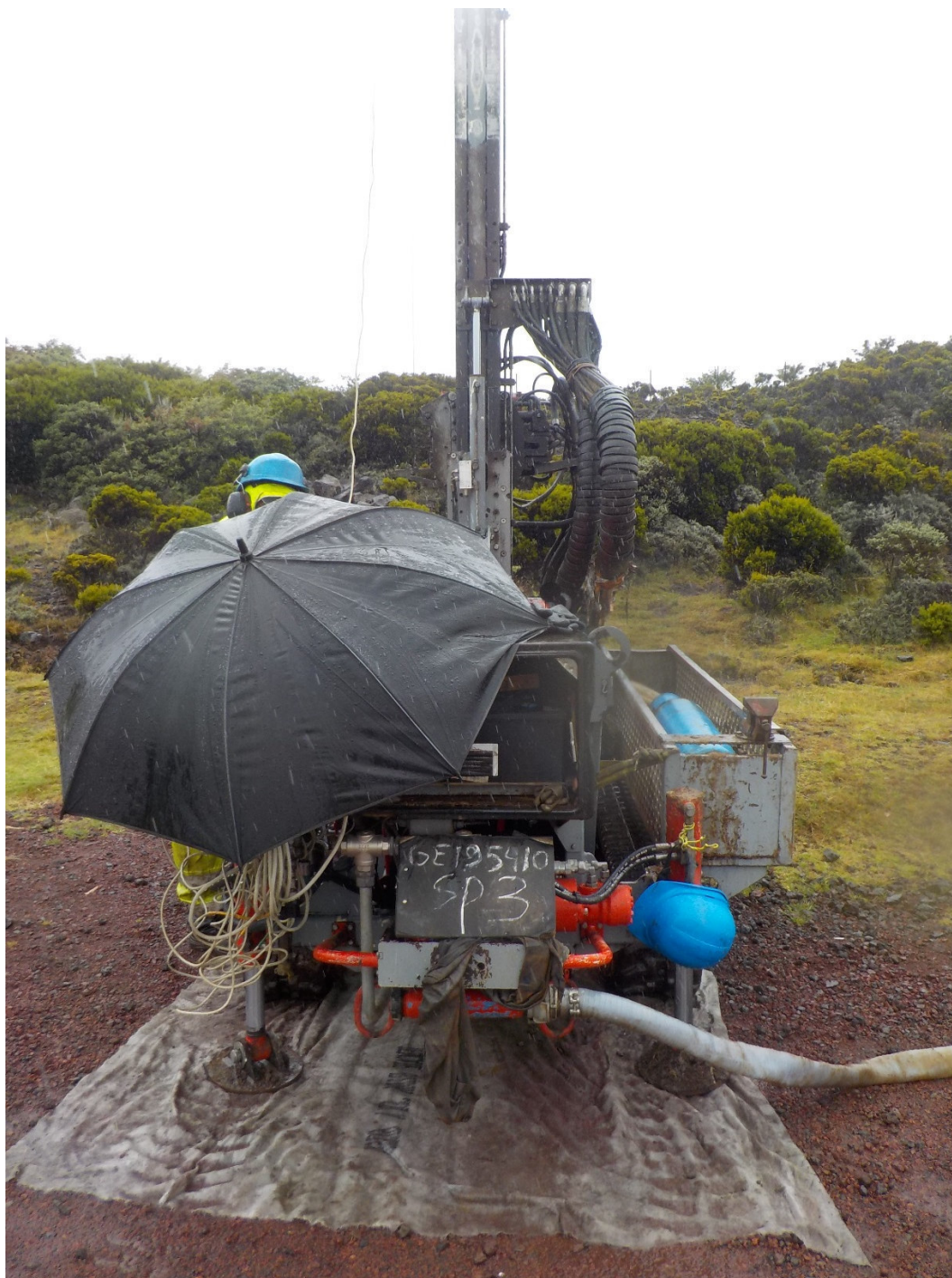
OPÉRATION : CREATION DE SANITAIRES EN MILIEU ISOLE

CLIENT : DEPARTEMENT

DOSSIER GEISER N°GE195410



Forage SP3 :



**PHOTOGRAPHIES DE NOTRE MACHINE DE FORAGE EN STATION**

OPÉRATION : CREATION DE SANITAIRES EN MILIEU ISOLE

CLIENT : DEPARTEMENT

DOSSIER GEISER N°GE195410



Forage SD4 :



**PHOTOGRAPHIES DE NOTRE MACHINE DE FORAGE EN STATION**

OPÉRATION : CREATION DE SANITAIRES EN MILIEU ISOLE

CLIENT : DEPARTEMENT

DOSSIER GEISER N°GE195410



Forage SD5 :



**PHOTOGRAPHIES DE NOTRE MACHINE DE FORAGE EN STATION**

OPÉRATION : CREATION DE SANITAIRES EN MILIEU ISOLE

CLIENT : DEPARTEMENT

DOSSIER GEISER N°GE195410



Forage SD6 :



**PHOTOGRAPHIES DE NOTRE MACHINE DE FORAGE EN STATION**

OPÉRATION : CREATION DE SANITAIRES EN MILIEU ISOLE

CLIENT : DEPARTEMENT

DOSSIER GEISER N°GE195410

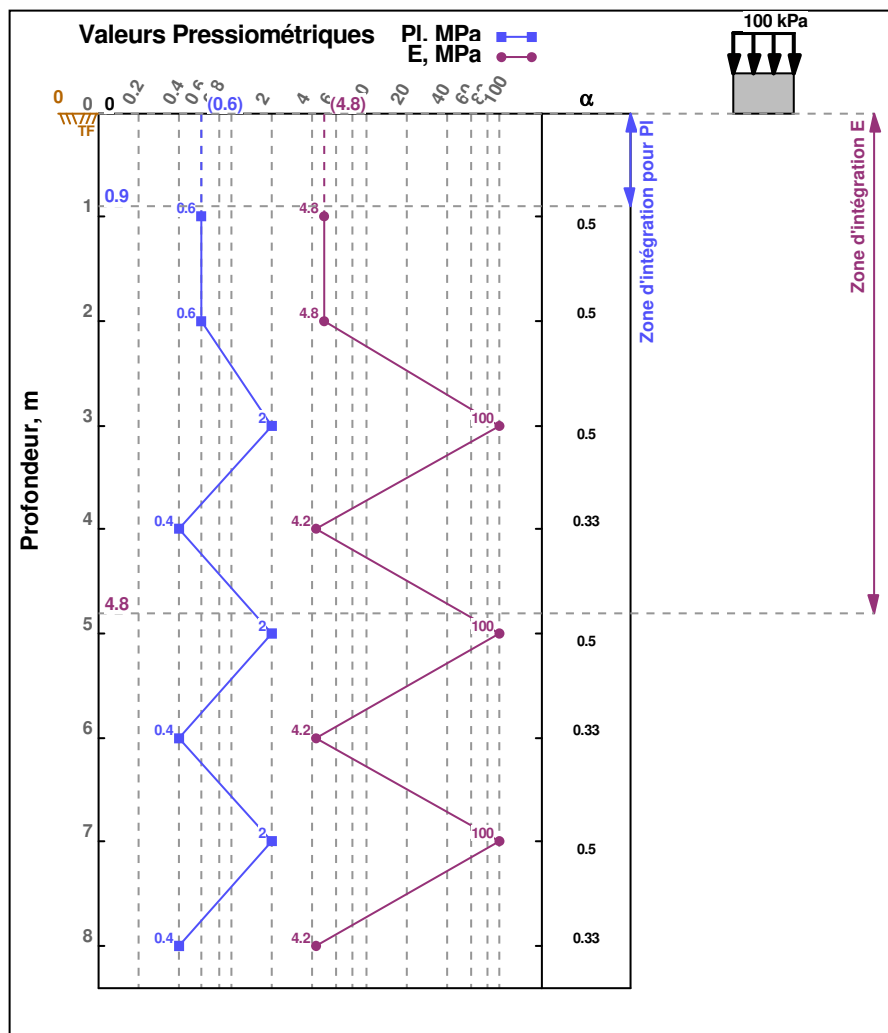


Forage SD7 :



## ANNEXE 8

### EVALUATION DES CAPACITES PORTANTES ET TASSEMENTS



### Fondation : Semelle filante

Largeur : 0.6 m

Aire : 0.6 m<sup>2</sup>

Encastrement : 0 m

Base de la fondation : 0 m

### Paramètres des sols

Type de sol sous la fondation :

Argiles et limons

Poids des terres au-dessus de la fondation :

après travaux = 18 kN/m<sup>3</sup>

avant travaux = 18 kN/m<sup>3</sup>

Contrainte verticale finale  $q'_{0}$  : 0 kPa (calculée)

Contrainte verticale initiale  $\sigma'_{v0}$  : 0 kPa (calculée)

$\alpha = 0.493$  (calculé)

Cohésion sous la fondation : 5 kPa

Angle de frottement sous la fondation : 20 °

Module de Young sous la fondation : 9 MPa

Coefficient de poisson sous la fondation : 0.3

Fichier : SF60



GEOFOND© V1.22A du 23/02/2021 développé par GEOS

site web : <http://www.geos.fr> e-mail : [logiciels@geos.fr](mailto:logiciels@geos.fr)

GEOS Ingénieurs Conseils, 310 Avenue Marie Curie

Bât. Europa 2, Archamps Technopole, 74160 ARCHAMPS

Tél : 04 50 95 38 14

Fax : 04 50 95 99 36

### Données :

| N° | Etat-limite  | $q'$ (kPa) | $\delta$ (°) | $V_d$ (kN) | $H_d$ (kN) | $\sigma_{V;d}$ (kPa) |
|----|--------------|------------|--------------|------------|------------|----------------------|
| 1  | ELS Q.P.L.T. | 100        | 0            | 60         | 0          | 100                  |

### Capacité portante suivant la NF P 94-261 :

| N° | $h_f$ (m) | $D_e$ (m) | $k_p$ | $p_{le}$ (MPa) | $i_\delta$ | $i_{\delta\beta}$ | $q_{net}$ (kPa) | $A'$ (m <sup>2</sup> ) | $\gamma'_{r,v}$ | $R_{v;d}$ (kN) | Excentricité | $R_{h;d}$ (kN)   |
|----|-----------|-----------|-------|----------------|------------|-------------------|-----------------|------------------------|-----------------|----------------|--------------|------------------|
| 1  | 0.9       | 0         | 0.8   | 0.6            | 1          | 1                 | 480             | 0.6                    | 2.3             | 104.3 vérifié  | vérifié      | Non calc. (EL\$) |

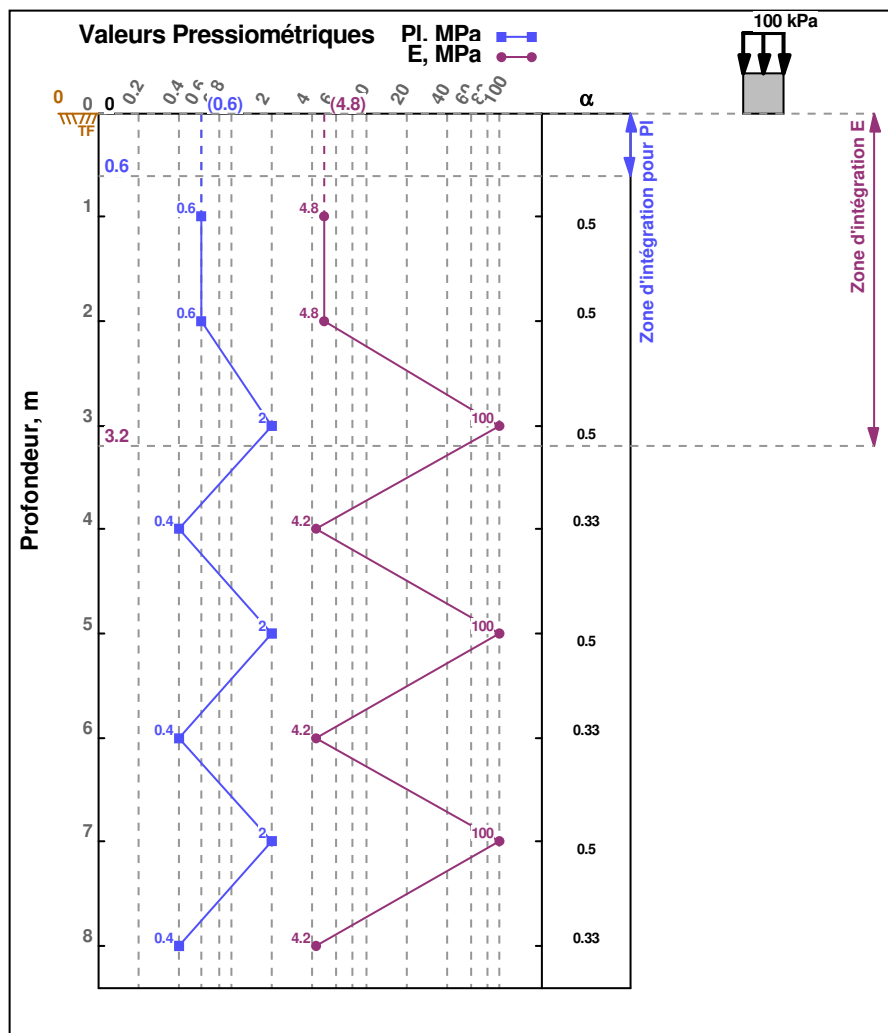
### Tassements suivant la NF P 94-261 :

| N° | $q_{ref}$ (kPa) | $E_c$ (MPa) | $E_d$ (MPa) | $\lambda_c$ | $\lambda_d$ | $S_c$ (cm) | $S_d$ (cm) | $S_f$ (cm) | $S_{def}$ (cm) |
|----|-----------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------|------------|------------|----------------|
| 1  | 100             | 4.8         | 5.06        | 1.5         | 2.65        | 0.104      | 0.426      | 0.53       | 1.01           |

### Raideurs et tassements suivant NF P 94-261 :

| N° | $K_v$ (MN/m) | $\delta_v$ (cm) | $K_h$ (MN/m) | $K_\theta$ (MN.m/rd) |
|----|--------------|-----------------|--------------|----------------------|
| 1  | 3.61         | 1.66            | 2.04         | 2.79                 |

|               |                  |                  |               |
|---------------|------------------|------------------|---------------|
| GE195410 _ JD | 19/04/2022 07:33 | <b>TASSEMENT</b> | <b>FIGURE</b> |
|               |                  |                  | <b>SF60</b>   |



### Fondation : Semelle carrée

Côté : 0.4 m

Aire : 0.16 m<sup>2</sup>

Encastrement : 0 m

Base de la fondation : 0 m

### Paramètres des sols

Type de sol sous la fondation :

Argiles et limons

Poids des terres au-dessus de la fondation :

après travaux = 18 kN/m<sup>3</sup>

avant travaux = 18 kN/m<sup>3</sup>

Contrainte verticale finale  $q'_0$  : 0 kPa (calculée)

Contrainte verticale initiale  $\sigma'_{v0}$  : 0 kPa (calculée)

$\alpha = 0.503$  (calculé)

Cohésion sous la fondation : 5 kPa

Angle de frottement sous la fondation : 20 °

Module de Young sous la fondation : 9 MPa

Coefficient de poisson sous la fondation : 0.3

Fichier : SI40X40



GEOFOND® V1.22A du 23/02/2021 développé par GEOS  
site web : <http://www.geos.fr> e-mail : [logiciels@geos.fr](mailto:logiciels@geos.fr)

GEOS Ingénieurs Conseils, 310 Avenue Marie Curie  
Bât. Europa 2, Archamps Technopole, 74160 ARCHAMPS

Tél : 04 50 95 38 14  
Fax : 04 50 95 99 36

### Données :

| N° | Etat-limite  | $q'$ (kPa) | $\delta$ (°) | $V_d$ (kN) | $H_d$ (kN) | $\sigma_{V;d}$ (kPa) |
|----|--------------|------------|--------------|------------|------------|----------------------|
| 1  | ELS Q.P.L.T. | 100        | 0            | 16         | 0          | 100                  |

### Capacité portante suivant la NF P 94-261 :

| N° | $h_f$ (m) | $D_e$ (m) | $k_p$ | $p_{le}$ (MPa) | $i_\delta$ | $i_{\delta\beta}$ | $q_{net}$ (kPa) | $A'$ (m <sup>2</sup> ) | $\gamma'_{r,v}$ | $R_{v;d}$ (kN) | Excentricité | $R_{h;d}$ (kN)   |
|----|-----------|-----------|-------|----------------|------------|-------------------|-----------------|------------------------|-----------------|----------------|--------------|------------------|
| 1  | 0.6       | 0         | 0.8   | 0.6            | 1          | 1                 | 480             | 0.16                   | 2.3             | 27.83 vérifié  | vérifié      | Non calc. (EL\$) |

### Tassements suivant la NF P 94-261 :

| N° | $q_{ref}$ (kPa) | $E_c$ (MPa) | $E_d$ (MPa) | $\lambda_c$ | $\lambda_d$ | $S_c$ (cm) | $S_d$ (cm) | $S_f$ (cm) | $S_{def}$ (cm) |
|----|-----------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------|------------|------------|----------------|
| 1  | 100             | 4.8         | 5           | 1.1         | 1.12        | 0.0509     | 0.23       | 0.281      | 0.43           |

### Raideurs et tassements suivant NF P 94-261 :

| N° | $K_v$ (MN/m) | $\delta_v$ (cm) | $K_h$ (MN/m) | $K_\theta$ (MN.m/rd) |
|----|--------------|-----------------|--------------|----------------------|
| 1  | 4.65         | 0.344           | 3.75         | 0.137                |

|               |                  |                  |               |
|---------------|------------------|------------------|---------------|
| GE195410 _ JD | 19/04/2022 07:32 | <b>TASSEMENT</b> | <b>FIGURE</b> |
|               |                  |                  | <b>SI</b>     |