

# MAIRIE DE SAINT-AIGNAN-SUR-ROË

## Construction d'un restaurant scolaire

Rue de l'Etang – Saint-Aignan-sur-Roë (53)

Étude géotechnique de conception (G2)  
Phase Avant-Projet – G2 AVP

07/02/2019



Agence du MANS • 14 Rue de Vienne – 72190 COULAINES  
Tél. 33 (0) 2 43 76 86 86 • Fax 33 (0) 2 43 76 86 87 • [cebtp.lemans@groupeginger.com](mailto:cebtp.lemans@groupeginger.com)

<p><i>Mairie de Saint Aignan sur Roë</i></p> <p><b>CONSTRUCTION D'UN RESTAURANT SCOLAIRE</b></p> <p>Saint-Aignan-sur-Roë (53390)</p> <p>RAPPORT - ETUDE GEOTECHNIQUE DE CONCEPTION (G2) – phase AVP</p>							
Dossier : OLM2.IC178 – G07634LM				Contrat : OLM2.I.0319			
Indice	Date	Chargée d'affaire	Visa	Vérifié par	Visa	Contenu	Observations
1	07/02/19	Lucia CARVALHO		David HATEAU		23 pages 3 annexes	

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

## Sommaire

<b>1. Plans de situation</b>	<b>5</b>
1.1. Extrait de carte IGN	5
1.2. Image aérienne	5
<b>2. Contexte de l'étude</b>	<b>6</b>
2.1. Données générales	6
2.1.1. Généralités	6
2.1.2. Document communiqué	6
2.2. Description du site	6
2.2.1. Topographie, occupation du site et avoisinants	6
2.2.2. Contextes géotechnique, hydrogéologique et sismique	6
2.2.3. Risques naturels	7
2.2.4. Contexte sismique	8
2.3. Caractéristiques de l'avant-projet	8
2.3.1. Description de l'ouvrage	8
2.3.2. Sollicitations appliquées aux fondations et aux niveaux bas	8
2.3.3. Terrassements prévus	8
2.4. Mission Ginger CEBTP	9
<b>3. Investigations géotechniques</b>	<b>11</b>
3.1. Préambule	11
3.2. Implantation et nivellement	11
3.3. Sondages, essais et mesures in situ	11
<b>4. Synthèse des investigations</b>	<b>12</b>
4.1. Modèle géologique général	12
4.1.1. Lithologie	12
4.1.2. Modèle géo-mécanique général	14
4.2. Contexte hydrogéologique général	14
4.2.1. Piézométrie	14
4.2.2. Inondabilité	14
4.3. Risque sismique	15

<b>5. Principes généraux de construction en phase avant-projet .....</b>	<b>16</b>
5.1. Analyse du contexte et principes d'adaptation.....	16
5.2. Adaptations générales de l'avant-projet.....	17
5.2.1. Réalisation des terrassements .....	17
5.2.2. Traficabilité en phase chantier.....	17
5.2.3. Terrassabilité des matériaux .....	17
5.2.4. Drainage en phase chantier.....	17
5.3. Niveau-bas - dallage.....	18
5.3.1. Conception et exécution .....	18
5.3.2. Contrôles.....	18
5.3.3. Tassements prévisibles .....	19
5.4. Fondation de l'habitation.....	19
5.5. Protection des ouvrages vis-à-vis de l'eau .....	22
<b>6. Observations majeures .....</b>	<b>23</b>

## ANNEXES

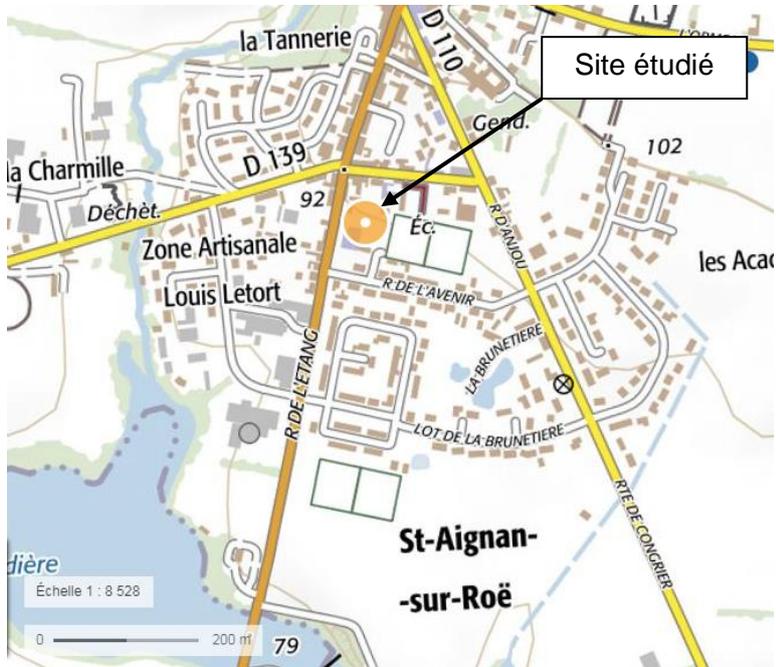
**ANNEXE 1 – NOTES GENERALES SUR LES MISSIONS GEOTECHNIQUES**

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

**ANNEXE 3 – SONDAGES SEMI-DESTRUCTIFS**

## 1. Plans de situation

### 1.1. Extrait de carte IGN



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

### 1.2. Image aérienne



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

## 2. Contexte de l'étude

### 2.1. Données générales

#### 2.1.1. Généralités

Nom de l'opération : Construction d'un restaurant scolaire

Localisation / adresse : Rue de l'Etang – 53390 SAINT-AIGNAN-SUR-ROË

Client : Mairie de Saint-Aignan-sur-Roë

#### 2.1.2. Document communiqué

Document	Echelle	Origine / référence	Date
Plan topographique	1/25000	Mairie de Saint-Aignan-sur-Roë	Transmis à la commande

### 2.2. Description du site

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

Le site concerné par les investigations est relativement plat.

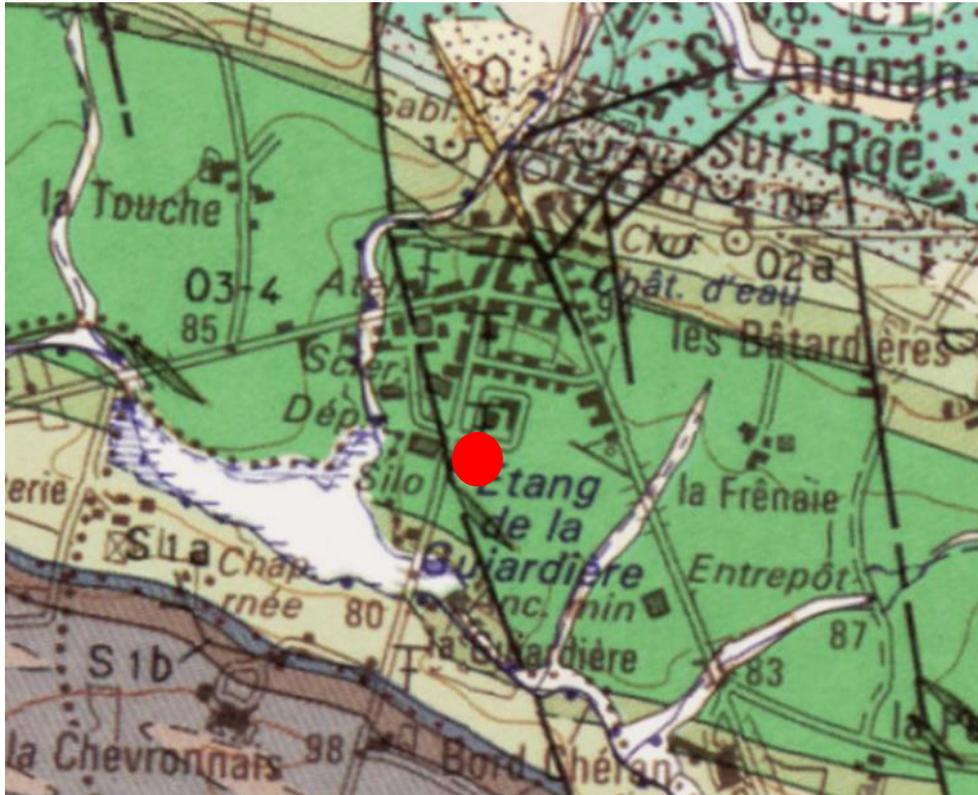
Lors de notre intervention, une partie du site était recouvert d'un enrobé ; l'autre partie était terrassée suite à la démolition d'un ancien bâtiment.

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

#### 2.2.2. Contextes géotechnique, hydrogéologique et sismique

D'après notre expérience locale et la carte géologique de Châteaubriand à l'échelle 1/50000<sup>ème</sup>, le site serait constitué des formations suivantes de haut en bas, sous d'éventuels remblais d'aménagement et une faible épaisseur de terre végétale :

- la formation des **Schistes d'Angers (O3-4)**.



Extrait de la carte géologique de Châteaubriand – Source : Infoterre

D'un point de vue hydrologique, et d'après notre expérience locale et la carte géologique de Châteaubriand, les venues d'eau attendues s'apparentent à des rétentions dans les formations superficielles et/ou des circulations anarchiques au sein du massif rocheux.

### 2.2.3. Risques naturels

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

Risques naturels	Sensibilité
Remontées d'eaux sédimentaires	Zone non concernée
Risque d'inondation débordement de cours d'eau	Zone non concernée
Argiles (retrait/gonflement)	Sensibilité a priori faible
Cavités naturelles ou anthropiques	Pas de présence de cavités connues à proximité du projet
Mouvements de terrains	Pas de présence de mouvements de terrains connus à proximité du projet

#### 2.2.4. Contexte sismique

Pour les bâtiments à « risque normal » dont le permis de construire a été déposé après le 1<sup>er</sup> mai 2011, le nouveau zonage sismique de la France (décret n°2010-1255 du 22/10/2010) est applicable. Le site étudié est classé en zone de sismicité 2 (faible). L'application des règles parasismiques est obligatoire et il faut se reporter à l'Eurocode 8 (Norme NF EN 1998 – Calcul des structures pour leur résistance au séisme).

### 2.3. Caractéristiques de l'avant-projet

#### 2.3.1. Description de l'ouvrage

Le projet porte sur la construction d'un restaurant scolaire, d'une emprise au sol de 180 m<sup>2</sup> environ, sur la commune de Saint-Aignan-sur-Roë (53).

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

D'après les informations fournies par le client, les sollicitations vis-à-vis des ELS sont estimées par Ginger CEBTP, sous toutes réserves, à :

- charge verticale sur appuis isolés : 200 kN,
- charge verticale sur appuis continus : 100 kN/ml,
- surcharges uniformément réparties au niveau bas : 5 kPa.

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

#### 2.3.3. Terrassements prévus

Il n'est pas prévu de terrassements autres que le simple reprofilage du terrain (+/- 0,5 m).

## 2.4. Mission Ginger CEBTP

La mission de Ginger CEBTP est conforme au contrat n°OLM2.I.0319.

Il s'agit d'une mission d'étude géotechnique de conception (G2) selon la norme AFNOR NF P 94-500 de novembre 2013 sur les missions d'ingénierie géotechnique.

La mission comprend, conformément au contrat, les prestations suivantes :

- **Approche du contexte géotechnique du site :**
  - Faire une première approche d'un modèle géologique ;
  - Etudier les différents risques naturels identifiés ;
  - Qualifier le risque de liquéfaction sous séisme ;
  - Faire une première estimation des caractéristiques géotechniques importantes.
  
- **Approche des Principes Généraux de Construction :**
  - Analyse du contexte et principes d'adaptation.
  - Adaptations générales de l'avant-projet :
    - Réalisation des terrassements ;
    - Traficabilité en phase chantier ;
    - Terrassabilité des matériaux ;
    - Drainage en phase chantier ;
  - Niveau-bas.
  - Fondation de la structure :
    - Exemple de fondation envisageable ;
    - Déterminer les horizons d'ancrage de la fondation ;
    - Approche de la contrainte admissible du sol pour un type de fondation ;
    - Approche des paramètres de dimensionnement des fondations envisageable ;
    - Exemples de calcul pour quelques fondations types ;
    - Dispositions constructives.
  - Préconisations vis-à-vis du retrait/gonflement des argiles.

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

- l'étude de stabilité des talus ;
- l'étude des ouvrages de soutènements éventuels ;
- la reconnaissance de cavités ;
- l'évolution dans le temps de l'hydrogéologie locale (propriétés des différents aquifères, niveaux d'eau caractéristiques EB, EF, EH, EE, PHEC) ;
- les études de pollutions ;

- la reconnaissance des anomalies géotechniques situées en dehors de l'emprise des investigations.

**Conformément à la norme NF P94-500 de novembre 2013, une étude de projet G<sub>2</sub> phase Projet (G<sub>2</sub> PRO) doit être envisagée afin de valider les Principes Généraux de Construction établis en phase AVP, à fournir un dossier de synthèse des hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade du projet (valeurs caractéristiques des paramètres géotechniques en particulier), établir des notes techniques donnant les choix constructifs des ouvrages géotechniques et des notes de calcul de dimensionnement.**

Si cette phase AVP de la mission G2 n'est pas suivie de la phase PRO, les résultats ne peuvent pas être utilisés directement dans un DCE (Document de Consultation des Entreprises).

### 3. Investigations géotechniques

#### 3.1. Préambule

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

Ces investigations ont été réalisées le 4 janvier 2019.

#### 3.2. Implantation et nivellement

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

L'altitude de la tête du sondage correspond au niveau du terrain tel qu'il était au moment des investigations (noté par la suite TA : terrain actuel).

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

Les investigations suivantes ont été réalisées :

Type de sondage	Quantité	Noms	Prof. / TN
<b>Sondage semi-destructif à la tarière hélicoïdale</b> continue Ø 63 mm	3	S1 S2 S3	6.0 6.0 6.0
<b>Exécution d'essais pressiométriques.</b> Norme NF EN ISO 22476-4	10		

Les coupes des sondages sont présentées en annexe 3 où l'on trouvera en particulier les renseignements décrits ci-après :

- **Sondage semi-destructif à la tarière continue :**
  - coupe des sols ;
  - niveau d'eau éventuel ;
- et, pour chaque essai pressiométrique réalisé :
  - Module pressiométrique :  $E_M$  (MPa) ;
  - Pression limite nette :  $p_r^*$  (MPa) ;
  - Pression de fluage nette :  $p_r^*$  (MPa) ;
  - Rapport :  $E_M/p_r^*$ .

Ces paramètres sont portés directement sur les coupes de forage.

## 4. Synthèse des investigations

### 4.1. Modèle géologique général

Cette synthèse devra être confirmée dans la mission d'étude géotechnique de conception G2 PRO.

#### 4.1.1. Lithologie

A noter que la profondeur des formations est donnée par rapport au terrain naturel tel qu'il était au moment de la reconnaissance. L'analyse et la synthèse des résultats des investigations réalisées ont permis de dresser la coupe géotechnique schématique suivante :

##### Formation n°1 : Remblais

✓ *Caractéristiques descriptives :*

A partir de : 0.0 m de profondeur environ ;

Jusqu'à : 0.5 à 1.1 m de profondeur environ ;

Nature : Remblais +/- graveleux +/- argileux +/- schisteux.

Note : on note la présence d'un enrobé de faible épaisseur au droit des sondages S2 et S3.

✓ *Caractéristiques géotechniques :*

Module pressiométrique E (MPa)	5.2
Pression limite pl* (Mpa)	0.57

Il s'agit de **remblais moyennement denses et normalement consolidés** au sens de la classification mécanique de l'Eurocode 7.

##### Formation n°2a : Complexe schisteux très altéré

✓ *Caractéristiques descriptives :*

A partir de : 0.5 à 1.1 m de profondeur environ ;

Jusqu'à : 1.5 à 2.5 m de profondeur environ.

Nature : Schistes gris / vert / beige.

✓ *Caractéristiques géotechniques :*

Module pressiométrique E (MPa)	13.3 à 47.7
Pression limite pl* (Mpa)	1.18 à 3.00

Il s'agit de **schistes très altérés** au sens de la classification mécanique de l'Eurocode 7.

Formation n°2a : **Complexe schisteux +/- altéré**

✓ *Caractéristiques descriptives :*

A partir de : 1.5 à 2.5 m de profondeur environ ;

Jusqu'à la profondeur d'arrêt des sondages, soit 6.0 m de profondeur environ.

Nature : Schistes gris / vert / beige.

✓ *Caractéristiques géotechniques :*

Module pressiométrique E (MPa)	78.9 à 144.1
Pression limite pl* (Mpa)	3.86 à 4.89

Il s'agit de **schistes altérés** au sens de la classification mécanique de l'Eurocode 7.

Remarques :

- nous rappelons qu'il n'est pas toujours évident de distinguer les variations horizontales et/ou verticales éventuelles, inhérentes aux changements de faciès, compte tenu de la surface investiguée par rapport à celle concernée par le projet. De ce fait, les caractéristiques indiquées précédemment ont un caractère représentatif mais non absolu ;
- les essais de pénétration dynamique des sols étant des sondages dits « aveugles », la géologie des terrains ainsi que les limites de couches sont interprétées ou extrapolées à partir des diagrammes et notamment des valeurs de compacité du sol. La nature des terrains et leur compacité devront, par conséquent, être confirmées lors des travaux.

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

Sondage	Profondeur de la base (m)		
	Formation n°1 Remblais	Formation n°2a Schistes très altérés	Formation n°2b Schistes +/- altérés
S1	0.5	1.5	> 6.0
S2	1.1	1.5	> 6.0
S3	0.5	2.5	> 6.0

#### 4.1.2. Modèle géo-mécanique général

Le modèle géo-mécanique retenu est le suivant :

Formation	Nature du sol	Prof. Base / TA (m)	Valeurs pressiométriques		
			pl (MPa)	EM (MPa)	$\alpha$ coeff. rhéologique
n°1	Remblais	0.5 à 1.1	0.5	5	1/3
n°2a	Schistes très altérés	1.5 à 2.5	1.2	13	1/3
n°2b	Schistes +/- altérés	> 6.0	3.9	80	1/2

## 4.2. Contexte hydrogéologique général

### 4.2.1. Piézométrie

Aucune arrivée d'eau n'a été observée dans les sondages lors des investigations. Toutefois, des circulations d'eau ponctuelles ne sont pas à exclure au sein des formations notamment en cas de précipitations.

Par ailleurs, il peut exister des circulations d'eau anarchiques / ponctuelles qui n'ont pas été détectées par les sondages.

### 4.2.2. Inondabilité

Par ailleurs des informations précises sur le risque réel d'inondation peuvent être fournies dans les documents d'urbanisme (P.L.U.) et dépendent des travaux de protection réalisés, donc susceptibles de varier dans le temps. S'agissant de données d'aménagement hydraulique et non de données hydrogéologiques, elles ne font pas partie de notre mission d'étude géotechnique.

### 4.3. Risque sismique

Selon le décret n°2010-1255 et la norme NF EN 1998 (EUROCODE 8), les principales données parasismiques déduites des éléments du projet et des reconnaissances effectuées dans le cadre de cette étude et présentées dans les paragraphes précédents, figurent dans le tableau ci-dessous :

Zone de sismicité	2 (faible)
Type de sol	B
Paramètre de sol S	1.35

## 5. Principes généraux de construction en phase avant-projet

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

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

#### **Contexte géologique et géotechnique :**

Contexte géotechnique : sous une couche de remblais +/- graveleux +/- argileux +/- schisteux moyennement denses et normalement consolidés de 0.5 à 1.1 m d'épaisseur, on distingue une formation schisteuse très altérée en tête jusqu'à 2.5 m de profondeur environ à +/- altérée plus en profondeur jusqu'à l'arrêt des sondages à 6.0 m de profondeur environ.

Contexte hydrologique : aucune arrivée d'eau n'a été observée dans les sondages lors des investigations. Toutefois, des circulations d'eau ponctuelles ne sont pas à exclure au sein des formations notamment en cas de précipitations.

#### **Projet et choix constructifs :**

Le projet porte sur la construction d'un restaurant scolaire, d'une emprise au sol de 180 m<sup>2</sup> environ, sur la commune de Saint-Aignan-sur-Roë (53).

Compte tenu des points précédents, **un système de fondations superficielles de types semelles filantes ou isolées peut être envisagé, ainsi qu'un dallage sur terre-plein.**

Ces principes sont détaillés dans les paragraphes suivants.

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

## 5.2. Adaptations générales de l'avant-projet

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

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

### 5.2.1. Réalisation des terrassements

Il n'est pas prévu de terrassements autres que le simple reprofilage du terrain (+/- 0,5 m).

### 5.2.2. Traficabilité en phase chantier

Les formations n°1 (remblais) et n°2a (schistes très altérés) peuvent être sensibles à l'eau. Par conséquent, les travaux devront être réalisés dans des conditions météorologiques favorables sinon le chantier pourrait rapidement devenir impraticable et nécessiterait la mise en place de surépaisseurs en matériaux insensibles à l'eau.

### 5.2.3. Terrassabilité des matériaux

La réalisation des déblais concernant les remblais (formation n°1) et les schistes très altérés (formation n°2a) ne devrait pas poser de problème particulier à l'extraction. Toutefois, bien que nous n'en ayons pas trouvé au droit des sondages, il n'est pas exclu de rencontrer des blocs ou des affleurements rocheux en phase travaux. Cela nécessitera alors l'emploi d'engins adaptés ou d'outils adaptés tels qu'éclateur, BRH, dérocteur, etc...

### 5.2.4. Drainage en phase chantier

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

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

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

### 5.3. Niveau-bas - dallage

#### 5.3.1. Conception et exécution

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

- purge des enrobés et/ou de la couverture végétale et des matériaux remaniés,
- terrassement jusqu'au fond de forme (remblais +/- graveleux +/- argileux +/- schisteux),
- purge éventuelle des poches médiocres et des sols détériorés par les engins de terrassement ou les eaux de pluie,
- **compactage du fond de forme à 95 % de l'optimum Proctor normal (OPN) avec des engins adaptés,**
- mise en place d'un géotextile anti-contaminant (non obligatoire),
- mise en œuvre de la structure sous dallage avec compactage de la couche de forme à 95 % de l'optimum Proctor modifié (OPM).

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

- une couche de forme de 0.3 m d'épaisseur minimale, pour un fond de forme constitué de remblais, en concassé calcaire 0/60 ou 0/80 insensible à l'eau, grave non traitée (GNT) 0/80;
- une couche de réglage de 0.1 m d'épaisseur minimale en concassé calcaire 0/31.5 insensible à l'eau, grave non traitée (GNT) 0/31.5 ou équivalent.

On veillera à respecter les recommandations du guide GTR édité en 1992 par le SETRA. Les apports devront être granulaires, insensibles à l'eau et de granulométrie continue. Il peut s'agir de matériaux de type  $D_2 / D_3$  ou  $R_{21}$ .

Les dallages seront conçus conformément au DTU 13.3 partie 2.

#### 5.3.2. Contrôles

D'après le DTU 13.3 de mars 2005 applicable au projet, le module de Westergaard (Kw) à obtenir est de 50 MPa/m minimum sur la couche de forme avec un rapport  $EV_2/EV_1 < 2$ .

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

Ginger CEBTP se tient à la disposition du maître d'œuvre ou de l'entreprise pour la réalisation des essais de contrôle à tout stade de l'exécution.

### 5.3.3. Tassements prévisibles

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

Formation	Epaisseur (m)	$\alpha$	Module $E_s^{(1)}$ (MPa)
1 – Remblais	1.1	1/3	15
2a – Schistes très altérés	1.4	1/3	39
2b – Schistes +/- altérés	> 3.5	1/2	160

<sup>(1)</sup> avec  $E_s = E_M / \alpha$

Pour une surcharge maximale de 5 kN/m<sup>2</sup> appliquée à un élément de dallage de 8 x 8 mètres, le tassement prévisible à long terme sera inférieur au centimètre et les tassements différentiels (du bord au centre des éléments) seront inférieurs au demi-centimètre.

Sous réserve de l'appréciation du Maître d'œuvre et du BET, ces déformations paraissent admissibles pour ce type de bâtiment.

Il revient aux concepteurs de préciser la limite acceptable des tassements. S'ils sont considérés comme trop importants, un principe de plancher porté (ou un dallage après amélioration de sol) reste adaptable.

## 5.4. Fondation de la structure

Compte tenu des éléments précédents, un système de fondations superficielles par **semelles filantes et/ou isolées** ancrées de 0.3 m minimum dans les **schistes très altérés** (formation n°2a) est envisageable.

Le toit de cette formation a été atteint entre 0.5 à 1.1 m par rapport au terrain au droit des sondages réalisés.

**Dans tous les cas, l'encastrement devra assurer les conditions de mise hors gel des fondations, soit une profondeur minimale de 0.8 m par rapport à la plus proche surface exposée aux intempéries.**

Des descentes de charge hétérogènes peuvent conduire à des tassements différentiels dont l'amplitude devra être estimée dans le cadre d'une étude complémentaire de type G2.

➤ **Exemples de prédimensionnement**

Le prédimensionnement des fondations est mené à partir des résultats pressiométriques, conformément à la norme NFP 94-261 de juin 2013 (Justification des ouvrages géotechniques – Normes d'application nationale de l'Eurocode 7 – Fondations superficielles).

Principe de calcul de la capacité portante :

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

Avec :

- $R_0$  : 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 – ici négligé,
- $R_{v;d}$  : la valeur de calcul de la résistance nette du terrain sous la fondation superficielle,
- $\gamma_{R;v}$  : un facteur partiel à considérer, égal à 2.30 à l'ELS quasi-permanent et caractéristique et 1.40 à l'ELU pour les situations durables et transitoires,
- $R_{v;k}$  : la valeur caractéristique de la résistance nette du terrain sous la fondation superficielle,
- $A'$  : la surface effective de la base d'une fondation superficielle,
- $q_{net}$  : la contrainte associée à la résistance nette du terrain sous la fondation superficielle,
- $\gamma_{R;d;v}$  : le coefficient de modèle lié à la méthode de calcul utilisée pour le calcul de la contrainte  $q_{net}$  (1.20 pour la méthode pressiométrique).

Calcul de  $q_{net}$ , contrainte associée à la résistance nette du terrain sous la fondation superficielle :

La contrainte  $q_{net}$  du terrain sous une fondation est déterminée à partir de la relation suivante :

$$q_{net} = k_p p_{le}^* i_\delta i_\beta$$

Avec :

- $k_p$  : le facteur de portance pressiométrique qui dépend des dimensions de la fondation, de son encastrement relatif et de la nature du sol,
- $p_{le}^*$  : la pression limite nette équivalente,
- $D$  : la hauteur d'encastrement en mètre,
- $D_e$  : la hauteur d'encastrement équivalente en mètre,
- $i_\delta$  : le coefficient de réduction de portance lié à l'inclinaison du chargement (on considère ici une charge verticale centrée, soit  $i_\delta = 1.00$ ).

Des exemples de pré-dimensionnement ont été établis à partir des règles de calculs précédentes et du schéma géotechnique détaillé précédemment. Les résultats figurent dans le tableau suivant :

Cas de fondations	B (largeur) (m)	D (m)	$\rho_{ie}^*$ (MPa)	$D_e$ (m)	$K_p$	$A'$ (m <sup>2</sup> )	$q_{net}$ (kPa)	$R_{v;d}$ ELS (kN/ml)	$V_d$ ELS <sup>(1)</sup> (kN/ml)	Taux de travail correspondant (kPa)	S (cm)
Semelle filante	0.5	0.8	1.2	0.55	1.20	0.5	1445	<b>262</b>	<b>100</b>	200	< 1
Semelle isolée	1.0	0.8	1.2	0.55	1.09	1.0	1313	<b>476</b>	<b>200</b>	200	< 1

*S* : valeur de tassement estimé en fonction de la charge estimée  $V_d$  à l'ELS, hors tassement du dallage

(1) Chargement tenant compte du poids de la fondation

**A ce stade des études, le taux de travail admissible ne dépassera pas, dans tous les cas, 200 kPa.**

➤ **Limite du dimensionnement**

Dans le cas où les charges seraient inclinées, par exemple pour des semelles excentrées en limite de propriété, il conviendra d'appliquer les coefficients minorateurs  $i_s$  (cf. les recommandations de l'annexe D de la norme NFP 94-261).

Les tassements ont été calculés selon les recommandations de l'annexe H pour des charges verticales centrées et pour des sollicitations et dimensions de semelles précises.

**Nous rappelons que les tassements sont dimensionnants pour les ouvrages. Ainsi, en fonction de leur admissibilité, une limitation de charge pourra s'appliquer.**

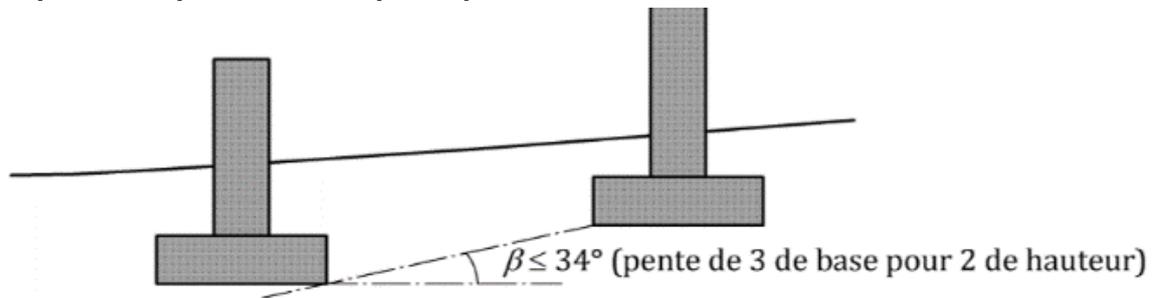
➤ **Dispositions constructives :**

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

- il est recommandé de ne pas descendre la largeur des fondations en dessous de 0.5 m pour des semelles filantes pour des raisons de bonne exécution (cela permet d'assurer un enrobage correct des armatures standard) ;
- il appartient au BET structure de vérifier que les tassements déterminés précédemment sont acceptables par l'ouvrage et les avoisinants ;
- la présence de sols compressibles conduit à prévoir des joints complets rapprochés en cas de bâtiment allongé et à chaque aile de bâtiment. Dans les mêmes conditions, le niveau bas sera rigidifié au maximum pour limiter l'effet des tassements différentiels ;
- en cas de deux parties d'un même bâtiment, fondés de façon différente ou présentant un nombre de niveaux différent, il conviendra de s'assurer que la structure peut s'adapter sans danger aux tassements différentiels qui pourraient se produire ;

- dans le cas contraire, les projeteurs devront prévoir un joint de construction intéressant toute la hauteur de l'ouvrage, y compris les fondations elles-mêmes.

**Par ailleurs, des fondations établies à des niveaux différents doivent respecter la règle des 3 de base pour 2 de hauteur entre arêtes de fondations et/ou pied de talus, à moins de dispositions particulières spécifiques.**



Des surprofondeurs du toit de la couche d'ancrage sont toujours possibles et pourront nécessiter un rattrapage en gros béton et, par conséquent, des surconsommations de béton.

Afin d'éviter une décompression du sol de fondation, un béton de propreté sera immédiatement coulé après terrassement afin de le protéger.

La justification du dimensionnement devra faire l'objet d'une étude spécifique dans le cadre d'une étude de projet géotechnique (G<sub>2</sub> PRO).

## 5.5. Protection des ouvrages vis-à-vis de l'eau

Il appartient aux concepteurs de s'assurer auprès des services compétents que le terrain n'est pas inondable.

Le projet n'étant pas enterré, les variations du niveau de la nappe n'auront pas d'influence.

## 6. Observations majeures

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

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

Nous rappelons que cette étude a été menée dans le cadre d'une étude de conception de niveau avant-projet (G2 AVP) et que, conformément à la norme NF P94-500 de novembre 2013, une étude de conception de niveau projet (G2 PRO) doit être envisagée (collaboration avec l'équipe de conception) pour :

- permettre l'optimisation du projet avec, notamment, prise en compte des interactions sol / structure ;
- vérifier la bonne transcription de toutes les préconisations dans les pièces techniques du marché.

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

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

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

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

Afnor, Normes en ligne pour: GINGER CEBTP le 20/11/2013 à 10:53

NF P94-500:2013-11

NF P 94-500

— 16 —

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

<p>L'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique (étapes 1 à 3) doit suivre les étapes de conception et de réalisation de tout projet pour contribuer à la maîtrise des risques géotechniques. Le maître d'ouvrage ou son mandataire doit faire réaliser successivement chacune de ces missions par une ingénierie géotechnique. Chaque mission s'appuie sur des données géotechniques adaptées issues d'investigations géotechniques appropriées.</p>
<p><b>ÉTAPE 1 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE PRÉALABLE (G1)</b></p> <p>Cette mission exclut toute approche des quantités, délais et coûts d'exécution des ouvrages géotechniques qui entre dans le cadre de la mission d'étude géotechnique de conception (étape 2). Elle est à la charge du maître d'ouvrage ou son mandataire. Elle comprend deux phases :</p> <p><u>Phase Étude de Site (ES)</u></p> <p>Elle est réalisée en amont d'une étude préliminaire, d'esquisse ou d'APS pour une première identification des risques géotechniques d'un site.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— Faire une enquête documentaire sur le cadre géotechnique du site et l'existence d'avoisnants avec visite du site et des alentours.</li> <li>— Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.</li> <li>— Fournir un rapport donnant pour le site étudié un modèle géologique préliminaire, les principales caractéristiques géotechniques et une première identification des risques géotechniques majeurs.</li> </ul> <p><u>Phase Principes Généraux de Construction (PGC)</u></p> <p>Elle est réalisée au stade d'une étude préliminaire, d'esquisse ou d'APS pour réduire les conséquences des risques géotechniques majeurs identifiés. Elle s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.</li> <li>— Fournir un rapport de synthèse des données géotechniques à ce stade d'étude (première approche de la ZIG, horizons porteurs potentiels, ainsi que certains principes généraux de construction envisageables (notamment fondations, terrassements, ouvrages enterrés, améliorations de sols).</li> </ul>
<p><b>ÉTAPE 2 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE DE CONCEPTION (G2)</b></p> <p>Cette mission permet l'élaboration du projet des ouvrages géotechniques et réduit les conséquences des risques géotechniques importants identifiés. Elle est à la charge du maître d'ouvrage ou son mandataire et est réalisée en collaboration avec la maîtrise d'œuvre ou intégrée à cette dernière. Elle comprend trois phases :</p> <p><u>Phase Avant-projet (AVP)</u></p> <p>Elle est réalisée au stade de l'avant-projet de la maîtrise d'œuvre et s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.</li> <li>— Fournir un rapport donnant les hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade de l'avant-projet, les principes de construction envisageables (terrassements, soutènements, pentes et talus, fondations, assises des dallages et voiries, améliorations de sols, dispositions générales vis-à-vis des nappes et des avoisnants), une ébauche dimensionnelle par type d'ouvrage géotechnique et la pertinence d'application de la méthode observationnelle pour une meilleure maîtrise des risques géotechniques.</li> </ul> <p><u>Phase Projet (PRO)</u></p> <p>Elle est réalisée au stade du projet de la maîtrise d'œuvre et s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées suffisamment représentatives pour le site.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.</li> <li>— Fournir un dossier de synthèse des hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade du projet (valeurs caractéristiques des paramètres géotechniques en particulier), des notes techniques donnant les choix constructifs des ouvrages géotechniques (terrassements, soutènements, pentes et talus, fondations, assises des dallages et voiries, améliorations de sols, dispositions vis-à-vis des nappes et des avoisnants), des notes de calcul de dimensionnement, un avis sur les valeurs seuils et une approche des quantités.</li> </ul> <p><u>Phase DCE / ACT</u></p> <p>Elle est réalisée pour finaliser le Dossier de Consultation des Entreprises et assister le maître d'ouvrage pour l'établissement des Contrats de Travaux avec le ou les entrepreneurs retenus pour les ouvrages géotechniques.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— Établir ou participer à la rédaction des documents techniques nécessaires et suffisants à la consultation des entreprises pour leurs études de réalisation des ouvrages géotechniques (dossier de la phase Projet avec plans, notes techniques, cahier des charges particulières, cadre de bordereau des prix et d'estimatif, planning prévisionnel).</li> <li>— Assister éventuellement le maître d'ouvrage pour la sélection des entreprises, analyser les offres techniques, participer à la finalisation des pièces techniques des contrats de travaux.</li> </ul>

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

<p><b>ÉTAPE 3 : ÉTUDES GÉOTECHNIQUES DE RÉALISATION (G3 et G 4, distinctes et simultanées)</b></p> <p><b>ÉTUDE ET SUIVI GÉOTECHNIQUES D'EXECUTION (G3)</b></p> <p>Cette mission permet de réduire les risques géotechniques résiduels par la mise en œuvre à temps de mesures correctives d'adaptation ou d'optimisation. Elle est confiée à l'entrepreneur sauf disposition contractuelle contraire, sur la base de la phase G2 DCE/ACT. Elle comprend deux phases interactives :</p> <p><u>Phase Étude</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.</li> <li>— Étudier dans le détail les ouvrages géotechniques : notamment établissement d'une note d'hypothèses géotechniques sur la base des données fournies par le contrat de travaux ainsi que des résultats des éventuelles investigations complémentaires, définition et dimensionnement (calculs justificatifs) des ouvrages géotechniques, méthodes et conditions d'exécution (phasages généraux, suivis, auscultations et contrôles à prévoir, valeurs seuils, dispositions constructives complémentaires éventuelles).</li> <li>— Élaborer le dossier géotechnique d'exécution des ouvrages géotechniques provisoires et définitifs : plans d'exécution, de phasage et de suivi.</li> </ul> <p><u>Phase Suivi</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— Suivre en continu les auscultations et l'exécution des ouvrages géotechniques, appliquer si nécessaire des dispositions constructives prédéfinies en phase Étude.</li> <li>— Vérifier les données géotechniques par relevés lors des travaux et par un programme d'investigations géotechniques complémentaire si nécessaire (le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats).</li> <li>— Établir la prestation géotechnique du dossier des ouvrages exécutés (DOE) et fournir les documents nécessaires à l'établissement du dossier d'interventions ultérieures sur l'ouvrage (DIUO)</li> </ul> <p><b>SUPERVISION GÉOTECHNIQUE D'EXECUTION (G4)</b></p> <p>Cette mission permet de vérifier la conformité des hypothèses géotechniques prises en compte dans la mission d'étude et suivi géotechniques d'exécution. Elle est à la charge du maître d'ouvrage ou son mandataire et est réalisée en collaboration avec la maîtrise d'œuvre ou intégrée à cette dernière. Elle comprend deux phases interactives :</p> <p><u>Phase Supervision de l'étude d'exécution</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— Donner un avis sur la pertinence des hypothèses géotechniques de l'étude géotechnique d'exécution, des dimensionnements et méthodes d'exécution, des adaptations ou optimisations des ouvrages géotechniques proposées par l'entrepreneur, du plan de contrôle, du programme d'auscultation et des valeurs seuils.</li> </ul> <p><u>Phase Supervision du suivi d'exécution</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— Par interventions ponctuelles sur le chantier, donner un avis sur la pertinence du contexte géotechnique tel qu'observé par l'entrepreneur (G3), du comportement tel qu'observé par l'entrepreneur de l'ouvrage et des avoisinants concernés (G3), de l'adaptation ou de l'optimisation de l'ouvrage géotechnique proposée par l'entrepreneur (G3).</li> <li>— donner un avis sur la prestation géotechnique du DOE et sur les documents fournis pour le DIUO.</li> </ul>
<p><b>DIAGNOSTIC GÉOTECHNIQUE (G5)</b></p> <p>Pendant le déroulement d'un projet ou au cours de la vie d'un ouvrage, il peut être nécessaire de procéder, de façon strictement limitative, à l'étude d'un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques, dans le cadre d'une mission ponctuelle. Ce diagnostic géotechnique précise l'influence de cet ou ces éléments géotechniques sur les risques géotechniques identifiés ainsi que leurs conséquences possibles pour le projet ou l'ouvrage existant.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— Définir, après enquête documentaire, un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.</li> <li>— Étudier un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques (par exemple soutènement, causes géotechniques d'un désordre) dans le cadre de ce diagnostic, mais sans aucune implication dans la globalité du projet ou dans l'étude de l'état général de l'ouvrage existant.</li> <li>— Si ce diagnostic conduit à modifier une partie du projet ou à réaliser des travaux sur l'ouvrage existant, des études géotechniques de conception et/ou d'exécution ainsi qu'un suivi et une supervision géotechniques seront réalisés ultérieurement, conformément à l'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique (étape 2 et/ou 3).</li> </ul>

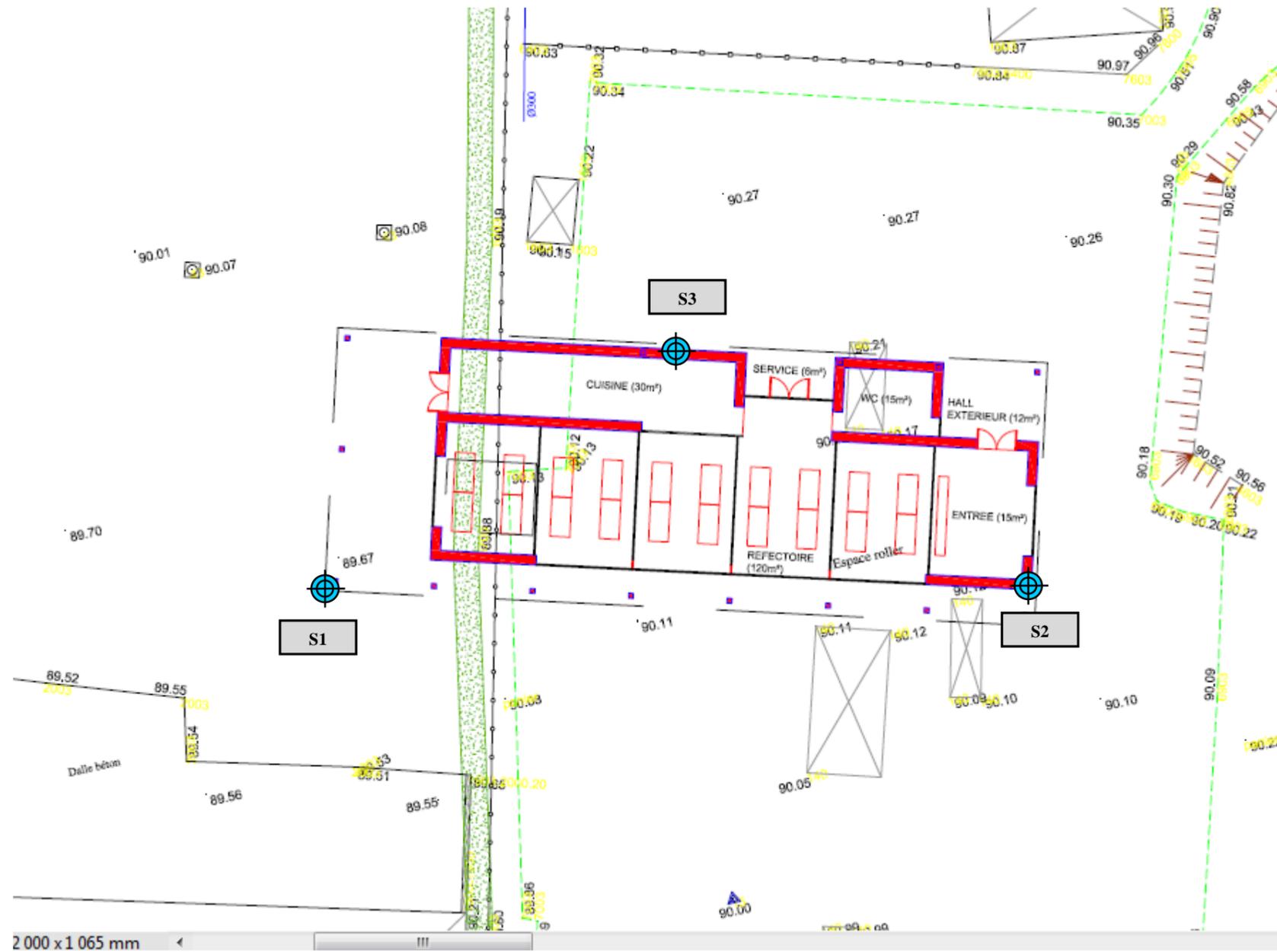
## ***ANNEXE 2 – PLAN D'IMPLANTATION DES SONDAGES***

# PLAN D'IMPLANTATION DES SONDAGES

*Chantier :* Construction d'un restaurant scolaire  
Saint-Aignan-sur-Roë (53)  
*Client :* Mairie de Saint-Aignan-sur-Roë

*N° dossier :* OLM2.IC178 – G07634LM

*Date :* 07/02/2019



## LEGENDE



 SP : Sondage à la tarière Ø63 mm pour essais pressiométriques

Echelle : sur plan

**GINGER**  
CEBTP

GINGER – CEBTP  
14 Rue de Vienne  
72190 COULAINES  
Tél. : 02.43.76.86.86 – Fax : 02.43.76.86.875

### **ANNEXE 3 – SONDAGES SEMI-DESTRUCTIFS**

- Coupes des sondages semi-destructifs,
- Courbes pressiométriques éventuelles ( $p_r$  et  $E_M$ ).

# SONDAGE PRESSIOMETRIQUE

**S1**



Dossier : **OLM2.IC178 - G07634LM**

Localité : **St Aignan sur Roe (53)**

Chantier : **Construction d'un restaurant scolaire**

Client : **Mairie de St Aignan sur Roe**

X :

Date début de forage : **04/01/2019**

Echelle : **1/45**

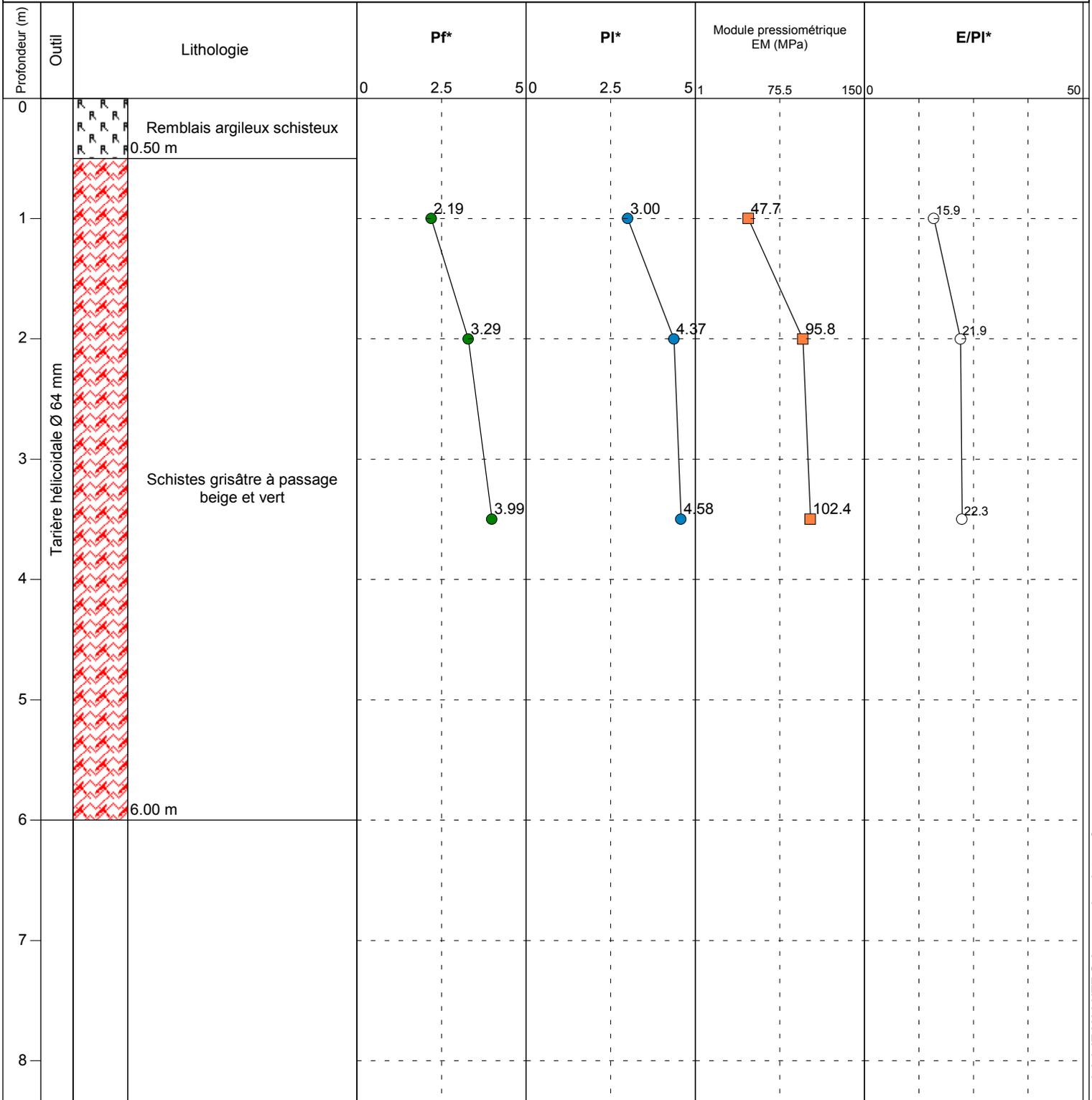
Y :

Date fin de forage : **04/01/2019**

Machine : **M252**

Z :

Profondeur de fin : **6.00m**



Observation : Aucune arrivée d'eau observée.

EXGTE 3.20

# SONDAGE PRESSIOMETRIQUE

**S2**



Dossier : **OLM2.IC178 - G07634LM**

Localité : **St Aignan sur Roe (53)**

Chantier : **Construction d'un restaurant scolaire**

Client : **Mairie de St Aignan sur Roe**

X :

Date début de forage : **04/01/2019**

Echelle : **1/45**

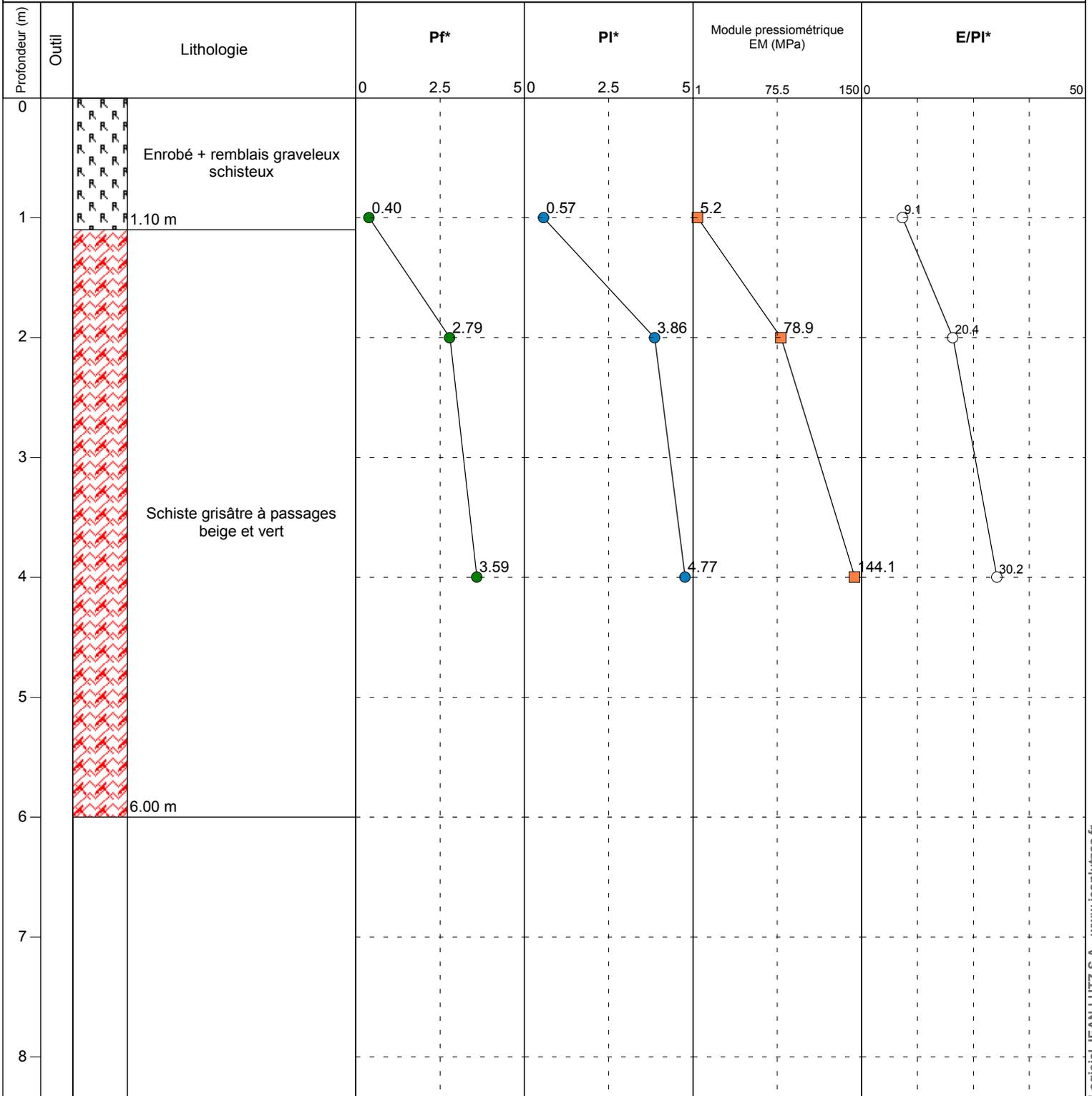
Y :

Date fin de forage : **04/01/2019**

Machine : **M252**

Z :

Profondeur de fin : **6.00m**



Observation : Aucune arrivée d'eau observée.

EXGTE 3.20

# SONDAGE PRESSIOMETRIQUE

**S3**



Dossier : **OLM2.IC178 - G07634LM**

Localité : **St Aignan sur Roe (53)**

Chantier : **Construction d'un restaurant scolaire**

Client : **Mairie de St Aignan sur Roe**

X :

Date début de forage : **04/01/2019**

Echelle : **1/45**

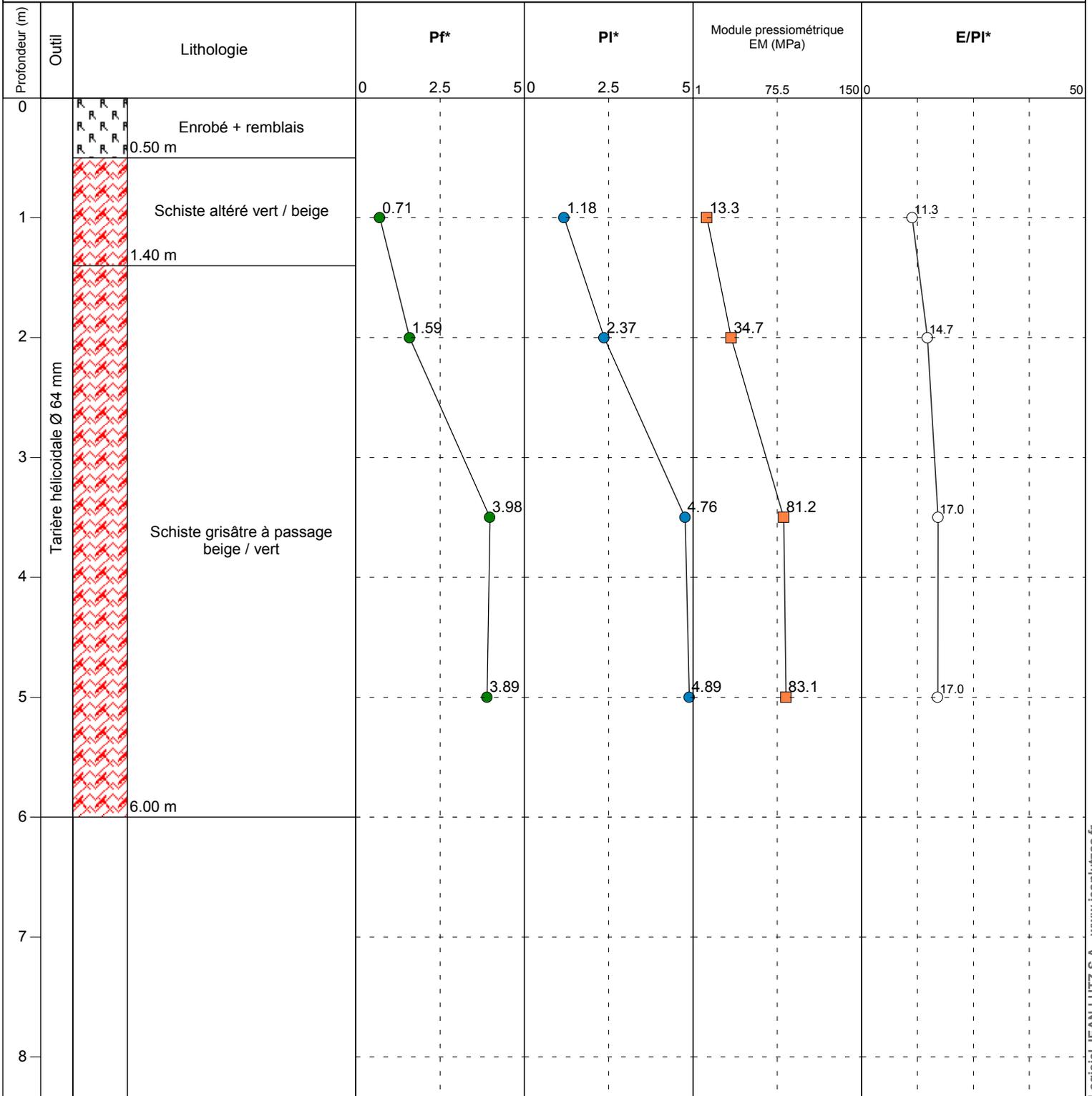
Y :

Date fin de forage : **04/01/2019**

Machine : **M252**

Z :

Profondeur de fin : **6.00m**



Observation : Aucune arrivée d'eau observée.

EXGTE 3.20



## LE RESEAU



La Réunion



Guyane



Martinique



Guadeloupe



Nouvelle  
Calédonie



Polynésie



Maghreb

## CONTACT

### Agence du Mans

14 Rue de Vienne

72190 COULAINES

Tél. : +33 (0) 02.43.76.86.86

Fax. : +33 (0) 02.43.76.86.87

[cebtp.lemans@groupeginger.com](mailto:cebtp.lemans@groupeginger.com)

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