



## GEOTECHNIQUE EST

672 rue des Mercières  
69140 RILLIEUX LA PAPE

Tel : 04 78 88 75 83  
Fax : 04 78 97 40 38

contact69@getoechnique-sas.com



ETUDES  
RECONNAISSANCES  
ANALYSES  
AUSCULTATION

## RAPPORT D'ETUDE MISSION GEOTECHNIQUE G2 AVP

Plate-forme logistique et bureaux LIDL  
ZA de Kertédevant  
**PLOUAGAT (22)**

Client :

IDEC  
3, rue Copernic  
CS83425 – La Chaussée Saint Victor  
41034 BLOIS CEDEX

Dossier 2018-05-17					Fichier : 2018-05-17 LD 001A
C					
B					
A	06/11/2018	L. DEROCHE	J. SANCHEZ	-	Version complète
O	19/10/2018	L. DEROCHE	J. SANCHEZ	-	Version provisoire
Indice	Date	Établi par	Validé par	Vérfié par	Modification / Observations

# PLAN DU RAPPORT

1.	INTRODUCTION .....	2
2.	CONDITIONS DE SITE ET DESCRIPTION DE L'OUVRAGE .....	2
2.1	Conditions de site.....	2
2.2	Description de l'ouvrage.....	6
3.	CONTENU DES RECONNAISSANCES .....	7
3.1	Les forages destructifs .....	8
3.2	Les essais pressiométriques Ménard .....	8
3.3	Les essais pénétrométriques .....	8
3.4	Les sondages à la pelle mécanique.....	9
4.	CONTEXTE GEOTECHNIQUE.....	9
4.1	Les remblais.....	9
4.2	La terre végétale .....	9
4.3	Les limons marron et marron orangé.....	10
4.4	Les granites altérés.....	11
4.5	Les granites compacts.....	11
4.6	Fondations des existants .....	12
4.7	Hydrogéologie.....	12
4.8	Sismicité .....	13
4.9	Risque minier .....	13
5.	ANALYSE ET RECOMMANDATIONS POUR LES TERRASSEMENTS ET LES PLATES-FORMES.....	13
5.1	Recommandations générales.....	13
5.2	Démolition .....	14
5.3	Terrassements .....	14
5.4	Remblais.....	16
5.5	Couche de forme .....	16
5.6	Stabilité des talus .....	17
5.7	Pré dimensionnement des voiries lourdes .....	18
6.	ANALYSE ET RECOMMANDATIONS POUR LES FONDATIONS .....	18
6.1	Types de fondations.....	18
6.2	Calcul de la capacité portante.....	19
6.3	Calcul des tassements au droit des appuis.....	19
6.4	Dispositions constructives.....	20
7.	ANALYSE ET RECOMMANDATIONS POUR LES DALLAGES.....	20
7.1	Tassements sous les dallages.....	20
7.2	Paramètres pour le dimensionnement des dallages .....	21
	ANNEXES.....	23

## 1. INTRODUCTION

A la demande et pour le compte de la société IDEC, GEOTECHNIQUE EST a réalisé une étude géotechnique de type G2 AVP selon la norme NF-P-94-500 de novembre 2013 (voir annexe), au droit du projet de plateforme logistique et bureaux LIDL et des voiries associées, situé ZA de Kertedevant, sur la commune de PLOUAGAT (22).

Cette étude a pour objet de déterminer :

- le contexte géologique et hydrogéologique,
- les caractéristiques géotechniques des terrains en place et au droit des espaces verts,
- les conditions de réalisation des fondations, des terrassements et du dallage.

Nos conclusions sont basées sur :

- la reconnaissance visuelle du site ;
- l'étude de sa géologie ;
- la réalisation de sondages et essais in situ ;
- la réalisation d'essais en laboratoire.

Documents en notre possession :

- plan topographique, référencé 25522-03 du 05/04/2001, en format dwg,
- plan topographique de l'existant, référencé APS 00 du 15/10/2018, en format pdf,
- périmètre de la ZA sur le fond cadastral, du 19/12/2011, en format pdf,
- plan de masse avec fond topographique, du 23/07/2018, en format dwg,
- plan de masse, du 15/10/2018, en format pdf et dwg,
- rapport de la DRIRE Bretagne, du 26/05/2000,
- rapport de la DREAL Bretagne, du 08/03/2010,
- rapport d'étude d'avant –projet G11 réalisé par GEOSIS, référencé G000105 du 19/06/2009.

## 2. CONDITIONS DE SITE ET DESCRIPTION DE L'OUVRAGE

### 2.1 Conditions de site

La zone réservée à l'implantation du projet est située sur la commune de PLOUAGAT (22). Sa superficie totale est de 167000 m<sup>2</sup> environ. Elle se trouve au lieu-dit Kertedevant, rue Bourgeois, à l'Est de la RD7 et au Sud de la RN12, au Sud-est du territoire communal de Plouagat (*vue aérienne*).

Le terrain est délimité au Nord par la RN12, à l'Est par la voie ferrée Brest / Paris et quelques habitations de la Ville Neuve Maros, au Sud par une voirie et à l'Ouest par la RD7.



Vue aérienne (Google le 17/09/2018)

La parcelle est majoritairement occupée par des champs de culture (maïs, en partie récolté – *photo 1*), et également par une zone de friches au Nord-est (*photo 2*) et par une zone boisée à l'Ouest en partie basse. On note également la présence d'un bâtiment existant en partie centrale du terrain. Il s'agit d'un poulailler (*photo 3*). Le projet prévoit la démolition de l'ensemble des ouvrages existants (par l'entreprise Leffarmor).



Photo 1



Photo 2



Photo 3

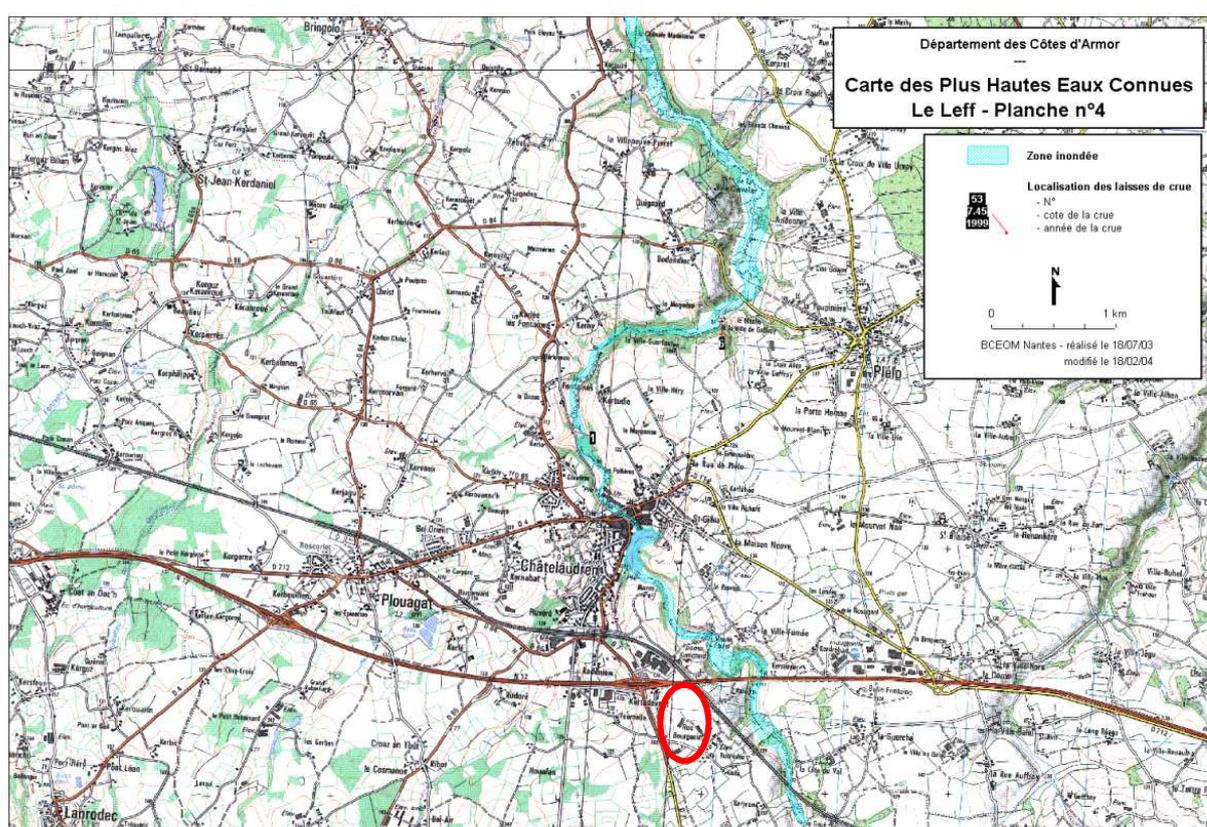
D'après le plan topographique, la zone d'étude se situe à des altitudes comprises entre 118 et 134.25 NGF. Le terrain est penté de l'Est vers l'Ouest.

D'après la carte géologique n°242 au 1/50000<sup>ème</sup> de Guingamp, les terrains attendus au droit du projet sont des gabbros de Suiffiec et des isaltérites.

Le terrain se situe en zone d'aléa faible vis-à-vis du risque de retrait / gonflement des argiles, d'après la carte éditée par le BRGM.

Le site se trouve en « risque faible » selon le zonage sismique de la France établi par la délégation aux risques majeurs du ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement.

Le site se trouve en dehors des zones inondables par le Leff.

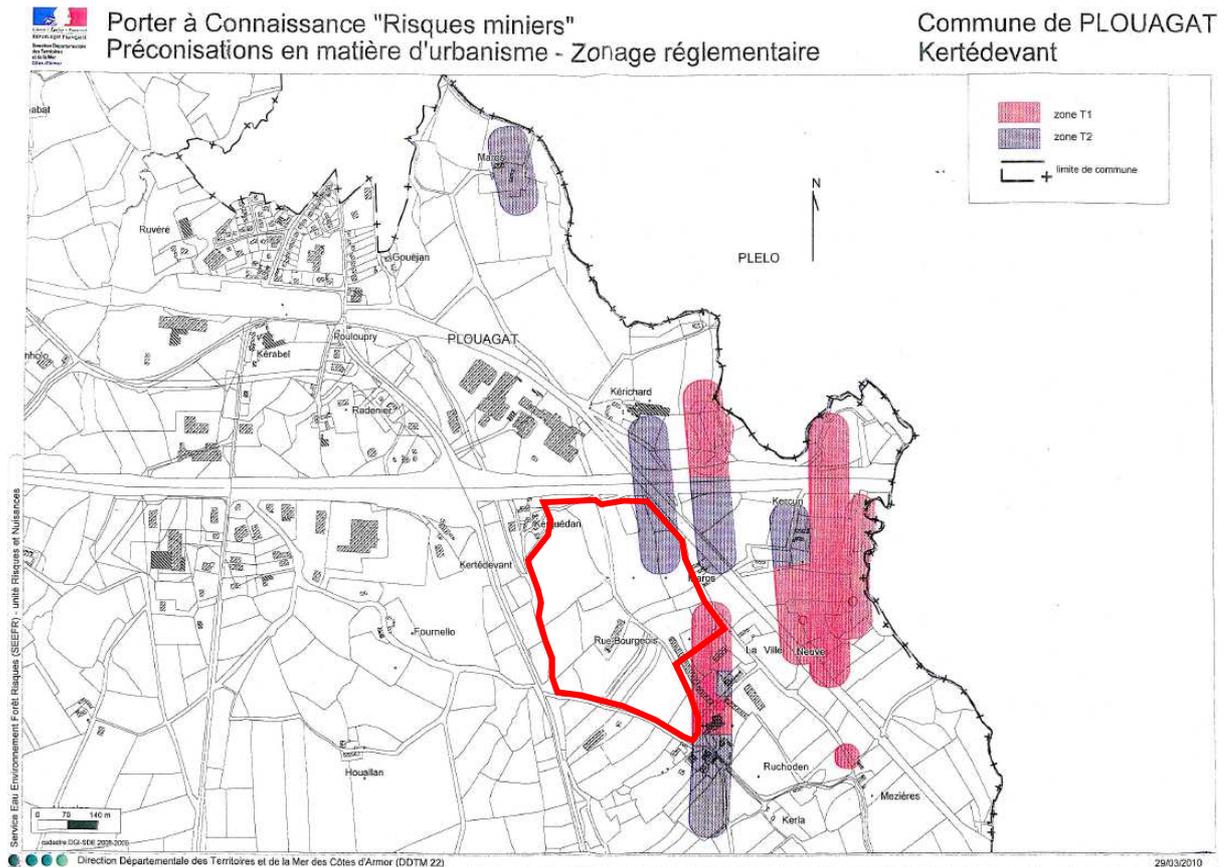


Atlas des zones inondables (<http://www.cotes-darmor.gouv.fr>, le 19/10/2018)

La commune de PLOUAGAT fait l'objet d'un plan de prévention des risques miniers.

L'ancienne concession de Trémuson d'exploitation de plomb argentifère prend place au droit de la commune. L'exploitation a eu lieu de 1690 à 1931. Aujourd'hui, il subsiste un aléa d'effondrement très faible à moyen sur la commune.

Cet aléa couvre la partie Est du site, zonée en T1 (risque moyen, interdiction de construire) et T2 (risque faible à très faible, construction possible sous réserve de ne pas augmenter le nombre de personnes exposées aux risques).



Carte d'aléa minier (source : document IDEC)

On note la présence de deux sondages référencés, avec des données exploitables, par le BRGM, en partie Est de notre site, au droit de ces zones T1 et T2 :

- 02424X4003/GT – sondage descendu à 50 m
- 02424X0112/S / 02424X0113/S / 02424X0114/S / – aucune donnée disponible

## 2.2 Description de l'ouvrage

Le projet consiste en la réalisation d'une plate-forme logistique et bureaux LIDL. Il comportera une partie entrepôts, des bureaux, un poste de garde, des cuves et locaux sprinkler, des cours camion, un parking VL de 234 places et un parking PL de 30 places, des bassins de rétentions des eaux et d'infiltration, des voiries et des espaces verts avec des merlons.

Le niveau fini sur dallage est calé à environ 132.9 NGF, soit des hauteurs de déblais / remblais maximales de - 3.2 et + 5.5 m au droit de l'ensemble du projet.

Les surcharges réparties sur le dallage du bâtiment sont de 5.7 t/m<sup>2</sup>.

Les descentes de charge maximale au droit des appuis sont de 150 tonnes à l'ELS par appui isolé.

Le trafic PL prévu est de 300 PL/jour.

### 3. CONTENU DES RECONNAISSANCES

En 2009, une étude géotechnique G11 avait été effectuée par GEOSIS dans le cadre du projet de la ZA de Kertedevant. Plusieurs sondages avaient été réalisés :

- neuf sondages à la tarière, descendus à 3 m de profondeur (T1 à T9),
- onze essais au pénétromètre dynamique descendus entre 1.25 m (refus) et 3 m de profondeur (P1 à P9, PA, PB et PBbis).

Les travaux de reconnaissance réalisés par nos soins du 24 septembre au 9 octobre 2018, comportent :

- neuf sondages avec essais pressiométriques tous les 1.5 m, descendus à 8 m de profondeur (SP1 à SP9),
- dix essais pénétrométriques descendus entre 1.8 m (refus) et 7.8 m de profondeur (PD1 à PD10),
- quatre sondages destructifs avec équipements piézométriques descendus à 8 m (PZ1 à PZ4),
- cinq sondages destructifs avec enregistrement de paramètres, descendus entre 5 m (DE4) et au refus entre 13 et 17.9 m de profondeur (DE2 à DE4),
- dix sondages de reconnaissance à la pelle mécanique, descendus entre 1.3 m (refus), 2.5 et 3 m de profondeur (PM1 à PM8, PM10 et PM11), avec trois essais de perméabilité Matsuo (PM4, PM6 et PM11) et un sondage de reconnaissance de fondation (PM9).

L'enregistrement des paramètres de foration est constitué de :

- vitesse d'avancement VIA (m/h)
- pression sur l'outil PO (bar)
- couple de rotation CR (bar)
- pression d'injection PI (bar)

Les essais en laboratoire ont été réalisés à partir du 8 octobre 2018 et sont actuellement *en cours* pour partie.

Ils comportent :

- quinze mesures de la teneur en eau naturelle,
- quatre identifications complètes avec analyse granulométrique, une teneur en eau et la détermination de la valeur au bleu,
- deux mesures de l'Indice Portant Immédiat,
- deux essais Proctor,
- deux essais CBR immergés traités,
- huit dosages des teneurs en sulfates,
- huit dosages des matières organiques,
- deux essais de cisaillement.

Les résultats complets sont présentés en annexe.

### 3.1 Les forages destructifs

Les forages destructifs et pour équipement piézométriques et les sondages pour essais pressiométriques ont été réalisés à l'aide d'une sondeuse hydraulique de type EMCI 4.50 (photo 4). Les sondages destructifs ont été forés à l'aide de tricône de 66 mm de diamètre et d'eau et les sondages pour essais pressiométriques ont été forés à l'aide de tarières de 63 mm de diamètre.



Photo 4

### 3.2 Les essais pressiométriques Ménard

Ils ont été réalisés à l'aide d'une sonde standard et répartis tous les 1.5 m en moyenne, le long des forages précédemment réalisés.

A partir des essais pressiométriques sont déterminés :

- le module pressiométrique ( $E_m$ ), exprimé en MPa,
- la pression de fluage ( $P_f$ ), exprimé en MPa,
- la pression limite ( $PI$  tel que  $PI^* = PI - P_o$ ), exprimé en MPa.

La procédure de l'essai est celle adaptée au pressiomètre type Ménard, norme NF 94.110-1.

Ces paramètres sont reportés pour chaque essai sur les profils présentés en annexe.

### 3.3 Les essais pénétrométriques

Pour les essais de pénétration dynamique, nous disposons d'un pénétromètre dynamique lourd type conforme à la Norme NF P 94-114 (NF EN ISO 22476-2), de type GEOTOOL GTR 790.

L'avancement du train de tige se fait par battage. Les caractéristiques intrinsèques du pénétromètre sont les suivantes :

- poids du mouton (M) : 64 kg ;
- poids des tiges (T) : 5 kg ;

- hauteur de chute (H) : 75 cm ;
- section droite de la pointe (A) : 30 cm<sup>2</sup>.

Les sondeurs comptent le nombre de coups pour un enfoncement de 10 cm. On en déduit la pénétration moyenne par coup (e en cm).

La résistance dynamique Rd est calculée par la formule classique des Hollandais et exprimée en MPa :

$$Rd = \frac{M^2 \times H}{A \cdot e \cdot (M + T)}$$

Les profils sont présentés en annexe.

### 3.4 Les sondages à la pelle mécanique

Les sondages à la pelle mécanique ont été réalisés à l'aide d'une mini-pelle à chenilles de 6.5 tonnes. Les coupes précises du sol et les prélèvements d'échantillons ont été effectués au fur et à mesure de l'extraction des matériaux, par un technicien de GEOTECHNIQUE OUEST. Les sondages ont été rebouchés immédiatement après réalisation ou après réalisation des essais de perméabilité.

Les coupes de sol correspondantes sont disponibles en annexe.

## 4. CONTEXTE GEOTECHNIQUE

Les différents sondages et essais réalisés par nos soins ont permis d'identifier les horizons de sol décrits ci-après, ainsi que leurs caractéristiques.

### 4.1 Les remblais

Ponctuellement au droit des sondages SP5 et PM5, réalisés à proximité immédiate d'une voie d'accès confectionnée par Leffarmor et d'un chemin d'accès aux parcelles agricoles, on note la présence de remblais constitués de graves, de GNT, d'enrobé et de granite concassé.

Le sondage PM3 a été légèrement décalé à cause de la présence d'une ancienne fosse remblayée contenant des déchets plastiques, du bois, du métal et des canalisations en amiante ou en fibro ciment.

Ces zones pourront faire l'objet d'investigations complémentaires en phase G2 PRO pour déterminer la nature exacte des matériaux de type remblais.

### 4.2 La terre végétale

On note la présence de terre végétale limoneuse marron au droit de la totalité des sondages à la pelle mécanique. Elle n'est pas différenciée des limons sous-jacents au droit des sondages pressiométriques et destructifs. Il s'agit de l'horizon limoneux siège des cultures et chargé de radicelles et racines.

Elle est présente sur 0.1 à 0.35 m d'épaisseur avec une moyenne à 0.25 m.

### 4.3 Les limons marron et marron orangé

Sous la terre végétale, on rencontre des limons sableux à sablo-argileux, sablo-graveleux, argilo-graveleux, de couleur marron.

Ces matériaux sont présents jusqu'à 0.5 / 1.7, soit 0.85 m en moyenne au droit des sondages à la pelle mécanique.

Sous ces limons marron, on rencontre des limons sableux, sablo-graveleux, sable argileux, argile limono-sableuse. Ces matériaux sont de couleur marron orangé. Il s'agit d'arène granitique, issue de l'altération très poussée des granites.

Ces matériaux sont présents jusqu'à 0.6 / 2.8, soit 1.75 m en moyenne au droit des sondages à la pelle mécanique, pressiométriques et destructifs (la distinction des deux couleurs n'a pas toujours été faite).

Ces matériaux sont absents du sondage PM10 qui a rencontré une poche de quartzite directement sous la terre végétale.

#### 4.3.1 Caractéristiques géotechniques

Cet horizon présente des caractéristiques mécaniques médiocres à bonnes :

	Valeur minimale	Valeur moyenne	Valeur maximale
Module pressiométrique Em (MPa)	8.2	13.3	24.1
Pression limite nette Pl (MPa)	0.81	1.24	1.61
Résistance dynamique Rd (MPa)	1.9	5	13 (25)

#### 4.3.1 Essais de laboratoire

	PM2 – 1 m	PM3 – 2 m	PM5 – 2.6 m	PM7 – 1.5 m	PM8 – 2 m
Identification	<b>A1 h</b>	<b>A1 (m)</b>	-	<b>B5 / A1 s/m</b>	<b>A1 m</b>
Lithologie	<b>Limon sableux marron orangé</b>		<b>Arène granitique marron orangé</b>	<b>Limon sablo-graveleux marron orangé gris</b>	<b>Limon sableux marron orangé gris</b>
W% (%)	24.3	18.1	12.6	16.8	16.0
Passant à 80µm (%)	59.3	40.5	-	34.7	45.7
Dmax (mm)	50	20	-	31.5	12.5
VBS	1.4	1.72	-	1.19	1.09
IPI	-	-	23.2	-	18.6
W% <sub>OPN</sub> (%)	21.3	-	-	18.5	-
γ <sub>OPN</sub> (t/m <sup>3</sup> )	1.65	-	-	1.74	-
MO (%)	6.0	13.6	-	7.9	3.4
Sulfates (mg/kg)	<50	110	-	<50	<50
dosage	1.5% chaux	-	-	5% ciment	-
CBR / W%	14.8 / 22.7	-	-	21.7 / 18.6	-
CBRi / W%	19.8 / 25.7	-	-	55.5 / 20.4	-
Gv	0.16	-	-	0.07	-

	PM4 – 1.5 m	PM11 – 1.5 m
Lithologie	<b>Arène granitique</b>	<b>Limon sableux</b>
W% (%)	12.6	30.4
$\gamma$ (t/m <sup>3</sup> )	1.65	1.34
c' (kPa)	2	5
$\phi'$ (°)	37	26

Les teneurs en eau des matériaux limoneux sont comprises entre 8.6 et 27.7%. Les matériaux sont majoritairement à l'état hydrique moyen et humide et ponctuellement à l'état hydrique sec et très humide.

Les teneurs en sulfates sont comprises entre 0.005 et 0.011%.

Les teneurs en matière organique sont comprises entre 2.1 et 13.6%.

#### 4.3.2 Essais in situ

Les essais d'infiltration réalisés au droit de PM4 et PM11 donnent les résultats suivants :

Sondages	Cote NGF essai	Lithologie	Perméabilité (m/s)
PM4 – 2.6 m	127	Arène granitique	$2.0 \cdot 10^{-6}$
PM11 – 2.8 m	128.1	Arène granitique	$4.6 \cdot 10^{-6}$

La perméabilité des limons sableux de type arène granitique est très faible.

#### 4.4 Les granites altérés

Sous les limons sableux et arènes granitiques, on rencontre des granites altérés de couleur gris, vert, brun, marron.

Ces matériaux sont présents jusqu'à 1.6 / 5.7 m de profondeur, soit 3.4 m de en moyenne.

##### 4.4.1 Caractéristiques géotechniques

Cet horizon présente de bonnes caractéristiques mécaniques :

	Valeur minimale	Valeur moyenne	Valeur maximale
Module pressiométrique $E_m$ (MPa)	6.6	20.0	79.4
Pression limite nette $PI$ (MPa)	1.10	2.16	5.54
Résistance dynamique $R_d$ (MPa)	1.7	> 5	23

##### 4.4.2 Essais in situ

Un essai d'infiltration réalisé au droit de PM6 donne le résultat suivant :

Sondages	Cote NGF essai	Lithologie	Perméabilité (m/s)
PM6 – 3 m	122.5	Granite altéré	$7.9 \cdot 10^{-7}$

La perméabilité du granite altéré est très faible.

#### 4.5 Les granites compacts

Sous les granites altérés, on rencontre des granites compacts de couleur marron, gris, vert, beige.

Ces matériaux sont présents jusqu'à 18 m de profondeur minimum.

#### 4.5.1 Caractéristiques géotechniques

Cet horizon présente des caractéristiques mécaniques bonnes à excellentes :

	Valeur minimale	Valeur moyenne	Valeur maximale
Module pressiométrique Em (MPa)	16.4	42.1	211.6
Pression limite nette PI (MPa)	1.70	3.52	5.96
Résistance dynamique Rd (MPa)	7	>12	60 et refus

#### 4.6 Fondations des existants

D'après la reconnaissance de fondation effectuée par nos soins, les fondations de la fosse à fiente du bâtiment poulailler existant sont descendues à 2.4 m de profondeur par rapport au terrain environnant. Le débord de la fondation est de 0.2 m.

La nature du sol d'assise est sable argileux vasard gris-bleu avec des odeurs de sulfure. Les terrains au-dessus de la fondation sont des remblais constitués de blocs de granite, de quartzite et d'arène granitique.

#### 4.7 Hydrogéologie

Lors de la réalisation des sondages, en octobre 2017, nous avons observé les niveaux d'eau suivants :

Sondage	Arrivée d'eau / TN (m)	Niveau d'eau / TN (m)	Niveau NGF
SP1	-	4.4	127.1
SP2	6.5	4.8	129.35
SP3	-	5.5	128.7
SP5	7.0	4.5	128.9
SP6	-	4.5	123.0
SP7	7.0	5.1	126.3
SP8	-	4.7	127.9
SP9	-	4.5	128.3
PZ1	-	3.9	130.8
PZ2	-	3.4	127.6
PZ3	-	3.9	125.4
PZ4	-	2.4	120.1
PM9	-	2.3	129.7

Les sondages non indiqués dans le tableau ci-dessus sont restés secs lors de leur réalisation (SP4, PM1 à PM5, PM8, PM10 et PM11) ou ont été réalisés à l'aide d'eau et n'ont donc pas permis de lecture d'un niveau représentatif de la nappe (DE1 à DE4).

Les niveaux observés au droit de l'ensemble des sondages permettent d'indiquer qu'il existe une nappe dont le niveau piézométrique se situe entre 2.3 et 5.5 m sous le niveau du terrain actuel, soit entre les cotes 120.1 et 130.8 NGF. Compte-tenu des fortes différences de topographie, il n'est pas représentatif de donner un niveau piézométrique moyen.

Ces relevés ayant un caractère ponctuel et instantané, ils ne permettent pas de préciser l'amplitude des variations du niveau d'eau qui peut remonter fortement en période pluvieuse ou suite à l'arrêt d'éventuels puits ou pompes. Des circulations d'eau superficielles peuvent par ailleurs se produire en période pluvieuse.

Nous avons mis en place quatre piézomètres au droit du site. Il est prévu la lecture des niveaux d'eau au droit de ces quatre piézomètres durant 3 mois.

Ces relevés couvriront donc la période hivernale, mais ne s'étaleront pas sur une année hydrogéologique. Il appartient donc aux responsables du projet de se faire communiquer par les services compétents le niveau des plus hautes eaux au droit du projet afin de vérifier les risques d'inondation. **Un diagnostic hydrogéologique peut également être effectué par un bureau d'études spécialisé, afin de déterminer ce niveau des plus hautes eaux, en phase projet.**

#### 4.8 Sismicité

Le site se trouve en « risque faible » selon le zonage sismique de la France établi par la délégation aux risques majeurs du ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement.

L'accélération gravitationnelle est de 0.7 m/s<sup>2</sup>.

Le facteur de sol est de 1, compte-tenu que nous sommes sur un sol de classe A (roche).

Le coefficient d'importance du bâtiment est 1, puisqu'il s'agit d'un bâtiment de classe II.

#### 4.9 Risque minier

Nous avons réalisé des sondages destructifs avec enregistrement des paramètres de foration (DE1 à DE4) au droit de la zone T2 au Nord-est du site, au droit des voiries et à proximité des zones T1 et T2 au droit des voiries et du bâtiment. Les sondages n'ont révélé la présence d'aucun vide franc ou passage décomprimé dans le rocher, jusqu'à 13 m de profondeur.

Il n'est donc pas nécessaire de prévoir des suggestions particulières vis-à-vis de ce risque.

## 5. ANALYSE ET RECOMMANDATIONS POUR LES TERRASSEMENTS ET LES PLATES-FORMES

### 5.1 Recommandations générales

- L'ensemble des terrassements devra être réalisé conformément au Guide Technique pour la Réalisation des Remblais et des Couches de Formes.
- Les plates-formes seront fermées avant chaque période de pluie et chaque arrêt de chantier.
- La terre végétale sera préalablement décapée sur 0.25 m d'épaisseur en moyenne au droit de l'ensemble du site. Elle sera stockée et réutilisée au droit des futurs espaces verts du site.
- Les fonds de forme seront pentés dans la mesure du possible et l'eau évacuée dans des fossés provisoires ou définitifs.
- On adaptera la profondeur du décaissement en fonction de la cote projet et de l'épaisseur de l'ensemble remblais - couche de forme.

## 5.2 Démolition

La réalisation du projet nécessitera la démolition de la totalité de la super structure, des dalles et des fondations du bâtiment existant. Il sera nécessaire d'araser tout élément de structure ou de dallage jusqu'à 0.7 m de profondeur minimum sous la cote du futur dallage soit environ 132.2 NGF et 0.7 m sous la sous-face des futures fondations, soit environ 130.2 NGF.

Les réseaux existants seront déviés si leur cote et position actuelles viennent entrer en conflit avec les cotes du projet et des réseaux du projet.

## 5.3 Terrassements

Les opérations de terrassement, afin de caler la plate-forme à la cote voulue de 132.9 NGF prendront place :

- en remblais, sur des épaisseurs de + 5.9 m au droit du bâtiment et + 4.7 m au droit des quais,
- en déblais, sur des épaisseurs de – 1.6 m au droit du bâtiment et – 2.8 m au droit des quais.

### 5.3.1 Drainage

Compte-tenu de la présence de circulations d'eau à faible profondeur au droit des sondages réalisés, il pourra s'avérer nécessaire de procéder à un drainage périphérique de la future plate-forme, plus particulièrement au niveau de la zone en futurs déblais. Les réseaux de fossés seront reliés à des exutoires (bassin d'infiltration).

Il pourra également s'avérer ponctuellement nécessaire de créer des tranchées drainantes en épis sur la plateforme au droit du futur bâtiment, sous la cote de 131 NGF, afin de permettre le rabattement des venues d'eau sous le niveau de la couche de forme des futurs quais. Ces tranchées seront raccordées à un fossé relié à un exutoire en partie basse du projet.

Ces dispositions permettront de réaliser les terrassements dans de meilleures conditions de traficabilité.

### 5.3.2 Nature des matériaux

Les matériaux de surface du site, mis à jour par les terrassements, seront :

- majoritairement des limons sableux marron et marron - orangé, classés A1 et B5 au sens du GTR, à l'état hydrique humide à sec,
- ponctuellement des granites altérés et des granites peu altérés, sans doute classés R62. Des pelles mécaniques de forte puissance devront être employées pour réaliser les terrassements dans ces couches.

Si les terrassements recoupent les couches de granite sain, il sera nécessaire d'employer des engins de très forte puissance de type BRH ou explosifs.

### 5.3.3 Classe de l'arase terrassement

La nature et l'état hydrique des matériaux de surface classent la partie supérieure des terrassements en PST1 / AR1 à PST2 / AR1. Les conditions de portance seront donc bonnes au moment des travaux mais pourront chuter à long terme.

Il sera nécessaire de vérifier une portance (EV2) de 35 MPa minimum en arase dans tous les cas.

Si cette portance n'est pas atteinte avant la mise en œuvre des remblais et après mise à niveau en déblais, il sera nécessaire de traiter les fonds de forme à la chaux pour se ramener en AR1.

De plus, les matériaux du site sont sensibles à l'eau et leur état hydrique pourra évoluer en période pluvieuse. Les fonds de forme seront pentés dans la mesure du possible et l'eau sera évacuée dans des fossés provisoires ou définitifs.

### 5.3.4 Réutilisation des matériaux

Les matériaux A1 et B5 à l'état hydrique sec pourront être réutilisés en remblais avec un compactage intense. Ils pourront être réutilisés en couche de forme avec une humification, un traitement au liant hydraulique et l'application d'un enduit de cure gravillonné éventuellement clouté.

Les matériaux A1 et B5 à l'état hydrique moyen pourront être réutilisés en remblais avec un compactage moyen. Ils pourront être réutilisés en couche de forme avec un arrosage, un traitement au liant hydraulique, éventuellement associé à un traitement à la chaux et l'application d'un enduit de cure gravillonné éventuellement clouté.

Les matériaux A1 et B5 à l'état hydrique humide pourront être réutilisés en remblais avec un traitement à la chaux et un compactage moyen. Ils pourront être réutilisés en couche de forme avec un traitement au liant hydraulique, éventuellement associé à un traitement à la chaux et l'application d'un enduit de cure gravillonné éventuellement clouté.

Il est déconseillé de travailler l'hiver. Tout épisode pluvieux engendrera l'arrêt du chantier.

### 5.3.5 Traitement des matériaux

Les dosages en sulfates réalisés sur les matériaux limono-sableux A1 / B5 indiquent qu'un traitement à la chaux est réalisable, sur ce critère. Les teneurs en matière organique sont élevées pour certaines. La présence de matière organique peut être néfaste pour le traitement à la chaux en consommant cette dernière qui n'est alors plus disponible pour réaliser l'effet d'ajustement de la teneur en eau.

Un essai Proctor a été réalisé sur les matériaux limono-sableux A1 et un essai sur les matériaux limono-sablo-graveleux B5/A1.

Nous proposons le tableau de préconisations de dosages en chaux suivants pour la réutilisation en remblais et le traitement à la chaux des couches de forme des matériaux A1 :

Teneur en eau (réalisées sur la fraction 0/20 mm)	W%<14.9%	14.9%<W%<19.1%	19.1%<W%<23.4%	23.4%<W%<26.6%	W%>26.6%
Etat hydrique	très sec	sec	moyen	humide	très humide
Dosage CaO	inutilisable	humidifier	rien à 1 % de CaO	2 à 3 % de CaO	inutilisable

Pour les matériaux plus graveleux classés B5, limite A1, le tableau est le suivant :

Teneur en eau (réalisées sur la fraction 0/20 mm)	W%<11.1%	11.1%<W%<16.7%	16.7%<W%<20.3%	20.3%<W%<23.1%	W%>23.1%
Etat hydrique	très sec	sec	moyen	humide	très humide
Dosage CaO	inutilisable	humidifier	rien à 1 % de CaO	2 à 3 % de CaO	inutilisable

L'ajout de chaux seule ou de chaux et ciment augmente les capacités portantes du matériau, par rapport à l'état naturel. Après immersion, la teneur en eau augmente et la capacité portante est améliorée. Le gonflement du matériau est négligeable à faible.

Les traitements à la chaux seule et au ciment sont adaptés sur ce type de matériaux, malgré la présence de matière organique en quantité non négligeable. Cela impliquera l'utilisation de chaux en proportions légèrement supérieures aux dosages habituels.

Par ailleurs, il sera nécessaire de réaliser une étude de traitement complète en phase G3 au démarrage du chantier afin de vérifier les quantités de chaux nécessaire pour le traitement des matériaux les plus organiques et l'absence de gonflement avec le liant réellement choisi pour la réalisation des travaux. De même il sera nécessaire de protéger les plates-formes traitées des arrivées d'eau, par fermeture immédiatement après le traitement à l'aide de compacteurs.

#### **5.4 Remblais**

Dans tous les cas, les matériaux mis en œuvre pour la mise à niveau de la plate-forme devront être aptes à la réutilisation en remblais, correctement mis en œuvre selon le GTR, par couches de 0.4 m d'épaisseur maximum, correctement compactés et traités à la chaux si nécessaire selon l'état hydrique. Le suivi d'exécution de ces travaux (mission G4) est fortement conseillé, compte-tenu du mode de fondation retenu.

La bonne réalisation des remblais permettra d'obtenir les critères de réception suivants :

- $EV2 > 40$  MPa en première et seconde couches,
- $EV2 > 50$  MPa en tête,
- $EV2 / EV1 < 2.2$ ,
- Objectif de compactage : q4 toute hauteur

De plus, compte-tenu du mode de fondation proposé, il sera nécessaire de réaliser des sondages pressiométriques complémentaires, après la réalisation des remblais, pour vérifier l'obtention de la portance de 0.2 MPa à l'ELS proposée (en parallèle de la mission G4).

#### **5.5 Couche de forme**

Une couche de forme sera ensuite mise en œuvre sous le dallage du bâtiment et sous les voiries VL et PL. Sur une PST1 / AR1 ( $EV2 > 35$  MPa) et pour un objectif de plateforme de classe PF2, il sera nécessaire de mettre en œuvre :

- soit une couche d'épaisseur minimale de 0.5 m de matériaux granulaires de bonne qualité de type GNT, insensibles à l'eau, l'épaisseur pourra être réduite à 0.4 m avec intercalation d'un géotextile,
- soit une couche de 0.35 m de matériaux limono-sablo-graveleux du site, traités au liant hydraulique éventuellement associé à de la chaux, selon les prescriptions du paragraphe 5.3.1.

Ces solutions permettront d'obtenir les critères de réception par essais à la plaque suivants :

- portance sous dallage :

EV2 > 70 MPa (matériaux granulaires),

EV2 > 100 MPa (matériaux traités),

EV2 / EV1 < 2.2 (matériaux granulaires),

Coefficient de Westergaard Kw > 60 MPa/m,

Objectif de compactage : q3,

- portance sous voiries et quais PL :

EV2 > 80 MPa (matériaux granulaires),

EV2 > 120 MPa (matériaux traités),

EV2 / EV1 < 2.2 (matériaux granulaires),

Coefficient de Westergaard Kw > 60 MPa/m, en cas d'aire de béquillage en béton,

- portance sous voiries et parkings VL :

EV2 > 50 MPa,

EV2 / EV1 < 2.2 (matériaux granulaires).

## 5.6 Stabilité des talus

Les talus du site seront réalisés dans les matériaux de type arènes granitiques plus ou moins limoneuses, en remblais ou en déblais.

En phase provisoire, les talus en déblais et en remblais pourront être taillés à 1 (horizontal) pour 1 (vertical) pour une hauteur maximale de 5 m et seront recouverts d'un polyane pour éviter une érosion régressive en cas de fortes pluies.

Pour les talus de hauteur plus importante, une étude de stabilité générale en phase provisoire sera nécessaire. Il pourra s'avérer nécessaire de réaliser les terrassements par passes.

Les talus de déblai définitifs de hauteur maximale 5 m pourront être réalisés avec une pente de 35° dans les matériaux les plus limoneux du site et avec une pente de 38° dans les matériaux les plus sableux, selon les résultats des essais de cisaillement réalisés.

Pour les profils avec des gabions, il sera nécessaire de vérifier, en phase exécution G3, la stabilité externe (au poinçonnement, renversement et glissement), la stabilité interne (fournisseur des gabions) et la stabilité générale (cercles de glissement) des différents profils.

Les modélisations seront basées sur les caractéristiques suivantes :

Lithologie	Limons sableux de surface	Arène granitique
$\gamma$ (t/m <sup>3</sup> )	1.34	1.65
c' (kPa)	5	2
$\phi'$ (°)	26	37

Les caractéristiques des gabions seront au minimum :

Lithologie	Gabion
$\gamma$ (t/m <sup>3</sup> )	2.00
c' (kPa)	0
$\varphi'$ (°)	30

Tous les talus devront faire l'objet d'une végétalisation (terre végétale + semis) et être aménagés avec descentes d'eau et fossés.

### 5.7 Pré dimensionnement des voiries lourdes

Les structures de chaussées proposées ci-dessous pourront être optimisées par l'entreprise spécialisée sous réserve de vérifier la résistance au gel / dégel de l'ensemble couche de forme / structure de chaussée.

Les choix de l'entreprise chargée des travaux devront être validés par le géotechnicien dans le cadre de sa mission G4 de suivi géotechnique des travaux.

Il est prévu la circulation de 300 PL/jour, sans accroissement. Nous proposons les structures suivantes, à mettre en place sur une PF2+ (logiciel Struct-Urb).

#### 5.7.1 Structure EME

- une couche de base de 7 cm de EME,
- une couche de fondation de 7 cm de EME,
- une couche de surface de 6 cm d'enrobé.

#### 5.7.2 Vérification au gel-dégel

Pour la structure envisagée en enrobé à module élevé et un hiver rigoureux non exceptionnel, les structures seront hors gel pour une épaisseur de couche de forme de 0.35 m dans le cas de matériaux traités et pour 0.5 m dans le cas de matériaux granulaires.

Les calculs complets sont disponibles en annexe.

## 6. ANALYSE ET RECOMMANDATIONS POUR LES FONDATIONS

La justification des fondations est donnée ci-dessous selon le D.T.U 13.12 (fondations superficielles).

### 6.1 Types de fondations

Au regard des caractéristiques mécaniques issues des essais pressiométriques et pénétrométriques, nous constatons que les terrains de surface sont portants. Après démolition du bâtiment existant et purge de tous les vestiges de fondations aux cotes prévues au paragraphe 5.2, un système de fondations superficielles sera adapté pour les appuis du bâtiment.

Nous conseillons de descendre les semelles dans le terrain naturel constitué de limons sableux, arène granitique ou directement sur les granites altérés lorsqu'ils affleurent. Aucune assise de fondation ne sera admise dans des matériaux de type remblais existant sur le terrain actuel.

Les fondations devront être descendues à minima à 0.4 m de profondeur (garde au gel) par rapport au terrain fini.

Pour des raisons de stabilité, la largeur de ces semelles ne pourra être inférieure à 0.4 m et sera suffisante pour limiter les contraintes sous celles-ci.

Localement, si des matériaux mous (possibilité d'arène granitique très argileuse ou de surépaisseurs de matériaux altérés rencontrés ponctuellement au droit des sondages SP1, PD1, PD2 et PD3) sont rencontrés en fond de fouille, ils devront être purgés et remplacés par des gros bétons, descendus sur les arènes plus graveleuses.

## 6.2 Calcul de la capacité portante

La contrainte de rupture est donnée sous une charge verticale centrée par :

$$q_l = k_p \cdot P_{le}^* \times i_{\delta\beta} + q_o$$

avec :

- $k_p$  : facteur de portance géométrique
- $P_{le}^*$  : pression limite nette équivalente calculée comme la moyenne des pressions limites nettes existant sur une profondeur égale à 1.5 x la largeur de la fondation sous celle-ci, limitée à 1.5 x la valeur minimale de  $P_{le}$  sur cet intervalle (MPa).
- $q_o$  : contrainte totale verticale au niveau de la base de la fondation, ici négligeable.
- $i_{\delta\beta}$  : est un coefficient minorateur qui tient compte de l'inclinaison des charges et de la géométrie du terrain sous la semelle.

On vérifiera pour chaque combinaison d'action la relation :

$$q_{ref} \leq 1/\gamma_q k_p \cdot P_{le}^* \times i_{\delta\beta} + q_o$$

avec : -  $\gamma_q = 2$  à ELU  
-  $\gamma_q = 3$  à ELS

Au droit du bâtiment, les contraintes admissibles ( $q_{ref}$ ) par le sol seront limitées à **0.25 MPa à l'ELS** et 0.37 MPa à l'ELU, à partir de 0.4 m de profondeur sous le niveau fini du bâtiment et avec un ancrage de 0.3 m dans le terrain naturel.

Les contraintes admissibles ( $q_{ref}$ ) par le sol seront limitées à **0.20 MPa à l'ELS** et 0.30 MPa à l'ELU, à partir de 0.4 m de profondeur sous le niveau fini du bâtiment dans les remblais techniques, réalisés selon les préconisations du paragraphe 5.4.

## 6.3 Calcul des tassements au droit des appuis

Les tassements sont donnés par :

$$s = s_c + s_d$$

où **sc** est le tassement volumique et **sd** le tassement déviatorique :

$$sc = \frac{\alpha}{9.E_s} (q - \sigma'_{v0}) . l_c . B$$
$$sd = \frac{2}{9.E_d} (q - \sigma'_{v0}) . B_0 \left( L_d . \frac{B}{B_0} \right)^\alpha$$

avec :

- $\alpha$  : coefficient rhéologique dépendant de la nature et de la structure du sol,
- $E_s$  : module pressiométrique équivalent dans la zone volumique (MPa),
- $E_d$  : module pressiométrique équivalent dans la zone déviatorique (MPa),
- $B$  : largeur de la fondation (m) et  $B_0$  = dimension de référence égale à 0.6 m,
- $q$  : contrainte verticale appliquée au sol par la fondation (MPa),
- $\sigma'_{v0}$  : contrainte verticale totale, à la base de la fondation avant travaux (MPa),
- $l_c, L_d$  : coefficients de forme.

Les tassements absolus sous appuis, dans les conditions précédemment citées, seront de l'ordre de 1.2 cm pour des charges ponctuelles jusqu'à 150 tonnes à l'ELS.

#### 6.4 Dispositions constructives

- Les fouilles devront être réalisées en période sèche et assainie. Toute venue d'eau dans les fouilles et en fond d'excavation sera éliminée par pompage. Les fonds de fouille devront être recompactés avant la réalisation des fondations ou des dallages.
- Les bords de fouille devront être élargis ou soutenus pendant les travaux.
- Le drainage des fondations pourra être réalisé avec mise en œuvre de matériaux compactés sains, et évacuation des eaux de drainage par pompage ou méthode gravitaire.
- Les fondations seront maintenues hors gel.
- Si les fouilles de fondation sont descendues au droit d'anciennes fouilles remblayées, il sera nécessaire d'approfondir les fouilles jusqu'au terrain naturel constitué de limons schisteux ou de schiste altéré à sain.

## 7. ANALYSE ET RECOMMANDATIONS POUR LES DALLAGES

### 7.1 Tassements sous les dallages

Les tassements sous les dallages ( $W$ ) sont calculés à l'aide des formules :

$$W = \sum_i W_i$$

et

$$W_i = \frac{\alpha . h_i . (q - \sigma'_{v0})}{E h_i}$$

avec :

- $\alpha_i$  : coefficient rhéologique fonction de la nature de la couche i
- $h_i$  : épaisseur de la couche i (m)
- $q'$  : surcharge (kPa)
- $\sigma'_{vo}$  : contrainte effective verticale calculée avant travaux (kPa)
- $E_{hi}$  : module pressiométrique harmonique de la couche i (MPa)

Pour une surcharge répartie de 5.7 t/m<sup>2</sup> au droit des cellules logistiques, et en considérant la charge apportée par un remblai d'apport de 5.9 m maximum, les tassements absolus pourront atteindre 2.9 cm ponctuellement, suite à la consolidation des sols par le poids des remblais d'apport, de l'ordre de 50%, compte-tenu de leur nature sableuse.

Les tassements différentiels sont estimés de l'ordre de 2 cm.

Si ces tassements ne sont pas acceptables pour ce type d'ouvrage, il sera nécessaire de calculer plus précisément la consolidation des sols par le poids des remblais d'apport à prendre en compte, par la réalisation d'essais oedométriques dans les matériaux les plus fins et compressibles du site.

Il pourra ensuite s'avérer nécessaire de réaliser un surchargement statique au droit des zones identifiées comme les plus compressibles pour permettre d'obtenir des tassements réisuels inférieurs à 2 cm en phase d'exploitation du bâtiment.

## 7.2 Paramètres pour le dimensionnement des dallages

Les essais pressiométriques réalisés permettent de déterminer les modules de déformation des sols supports en vue de l'application du DTU 13.3, pour permettre le calcul des déformations des dallages et l'optimisation de leur dimensionnement.

Les tableaux ci-après présentent les modules de déformation que nous proposons de retenir pour les horizons du sol support des dallages.

Zone déblais	Couche de forme	Limon sableux	Granite altéré	Granite compact
<b>Module de déformation moyen</b>	63 MPa	26 MPa	40 MPa	84 MPa
<b>Epaisseur moyenne de la couche</b>	0.35 à 0.65 m	0 à 1.75 m	1.7 m	Plus de 14 m

Zone remblais	Couche de forme	Remblai d'apport	Limon sableux	Granite altéré	Granite compact
<b>Module de déformation moyen</b>	63 MPa	45 MPa	26 MPa	40 MPa	84 MPa
<b>Epaisseur moyenne de la couche</b>	0.35 à 0.65 m	0 à 5.5 m	1.75 m	1.7 m	Plus de 14 m

Fait à Rillieux la Pape, le 6 novembre 2018

**Chargée d'affaires**  
**Laetitia DEROCHE**

**Responsable d'agence**  
**Josiane SANCHEZ**

## ANNEXES

- Annexe 1 : Conditions de validité de l'étude
- Annexe 2 : Conditions générales des missions d'ingénierie
- Annexe 3 : Plans d'implantation des sondages
- Annexe 4 : Coupes des sondages
- Annexe 5 : Essais en laboratoire
- Annexe 6 : Calculs des structures de voiries

## **Annexe 1 : Conditions de validité de l'étude**

1 - Le présent rapport et ses annexes sont indissociables. Il est basé sur un nombre limité de sondages et de mesures et sur les renseignements concernant le projet remis à GEOTECHNIQUE EST au moment de la reconnaissance géotechnique. L'analyse et les recommandations soumises dans ce rapport sont basées sur les résultats obtenus à partir des sondages dont l'emplacement est indiqué sur le plan d'implantation joint en annexe, et sur toutes les informations données dans ce rapport.

2 - Ce rapport ne tient pas compte des variations entre sondages. L'étude de sol étant basée sur un nombre limité de sondages, la continuité des couches de sols entre sondages ne peut être garantie et une adaptation du projet de fondation en fonction de l'hétérogénéité des sols est normale et ne peut être reprochée à GEOTECHNIQUE EST.

3 - Toute étude réalisée à partir d'une esquisse ou d'un plan de principe nécessitera une seconde étude spécifique adaptée au projet retenu. Le but de ce rapport est limité au projet et à la localisation décrite ci-avant.

4 - Tout changement d'implantation ou de structure des constructions par rapport aux hypothèses de départ sera communiqué à GEOTECHNIQUE EST qui donnera ou non son accord, selon que ces changements modifient les conclusions de l'étude.

5 - Les éléments nouveaux mis à jour en cours des travaux de fondations et non détectés lors de la reconnaissance devront être signalés à GEOTECHNIQUE EST afin d'étudier les adaptations nécessaires.

6 - Nous recommandons que toutes les opérations de construction en relation avec les terrassements et les fondations soient inspectées par un ingénieur géotechnicien afin d'assurer que les dispositions constructives soient totalement accomplies pendant les travaux.

## Annexe 2 : Conditions générales des missions d'ingénierie

### 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, coûts 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.

Extrait de la norme NF P 94-500 révisée en novembre 2013

### **4. Classification et enchaînement des missions types d'ingénierie géotechnique**

Le Maître d'Ouvrage doit associer l'ingénierie géotechnique au même titre que les autres ingénieries à la Maîtrise d'œuvre et ce, à toutes les étapes successives de conception, puis de réalisation de l'ouvrage. Le Maître d'Ouvrage, ou son mandataire, doit veiller à la synchronisation des missions d'ingénierie géotechnique avec les phases effectives à la Maîtrise d'œuvre du projet.

L'enchaînement et la définition synthétique des missions d'ingénierie géotechnique sont donnés dans les tableaux 1 et 2. Deux ingénieries géotechniques différentes doivent intervenir : la première pour le compte du Maître d'Ouvrage ou de son mandataire lors des étapes 1 à 3, la seconde pour le compte de l'entreprise lors de l'étape 3.

**Tableau 2 – Classification des missions types d'ingénierie géotechnique**

**EXTRAIT DE LA NORME NF P 94-500**

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

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

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

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

##### Phase Étude de Site (ES)

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

##### Phase Projet (PRO)

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

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

##### Phase DCE / ACT

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

- Établir ou participer à la rédaction des documents techniques nécessaires et suffisants à la consultation des entreprises pour leurs études de réalisation des ouvrages géotechniques (dossier de la phase Projet avec plans, notices techniques, cahier des charges particulières, cadre de bordereau des prix et d'estimatif, planning prévisionnel).
- Assister éventuellement le maître d'ouvrage pour la sélection des entreprises, analyser les offres techniques, participer à la finalisation des pièces techniques des contrats de travaux.

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

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

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

##### Phase Étude

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

##### Phase Suivi

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

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

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

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

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

##### Phase Supervision du suivi d'exécution

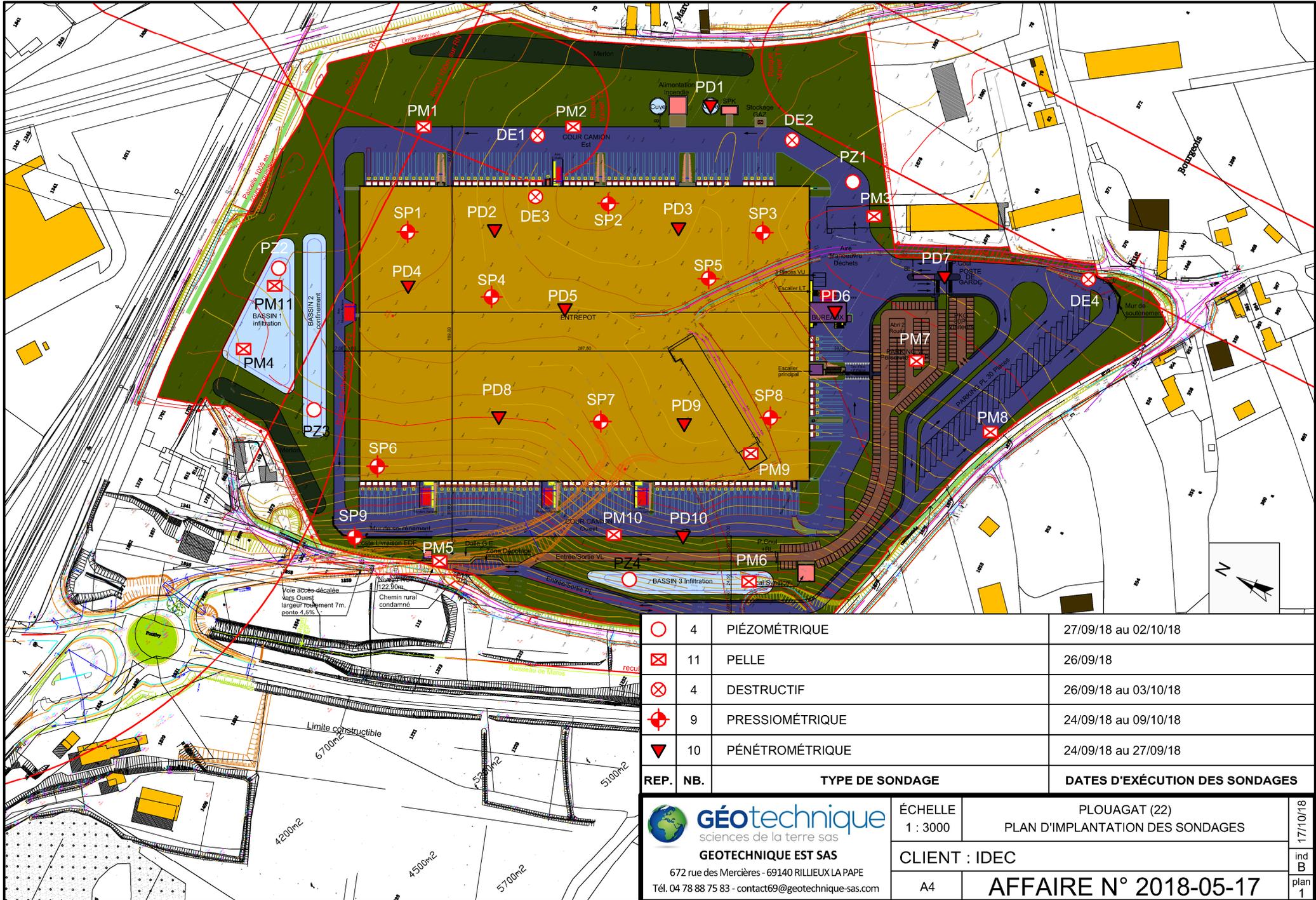
- Par interventions ponctuelles sur le chantier, donner un avis sur la pertinence du contexte géotechnique tel qu'observé par l'entrepreneur (G3), du comportement tel qu'observé par l'entrepreneur de l'ouvrage et des avoisinants concernés (G3), de l'adaptation ou de l'optimisation de l'ouvrage géotechnique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

#### DIAGNOSTIC GÉOTECHNIQUE (G5)

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

- Définir, après enquête documentaire, un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Étudier un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques (par exemple soutènement, causes géotechniques d'un désordre) dans le cadre de ce diagnostic, mais sans aucune implication dans la globalité du projet ou dans l'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).

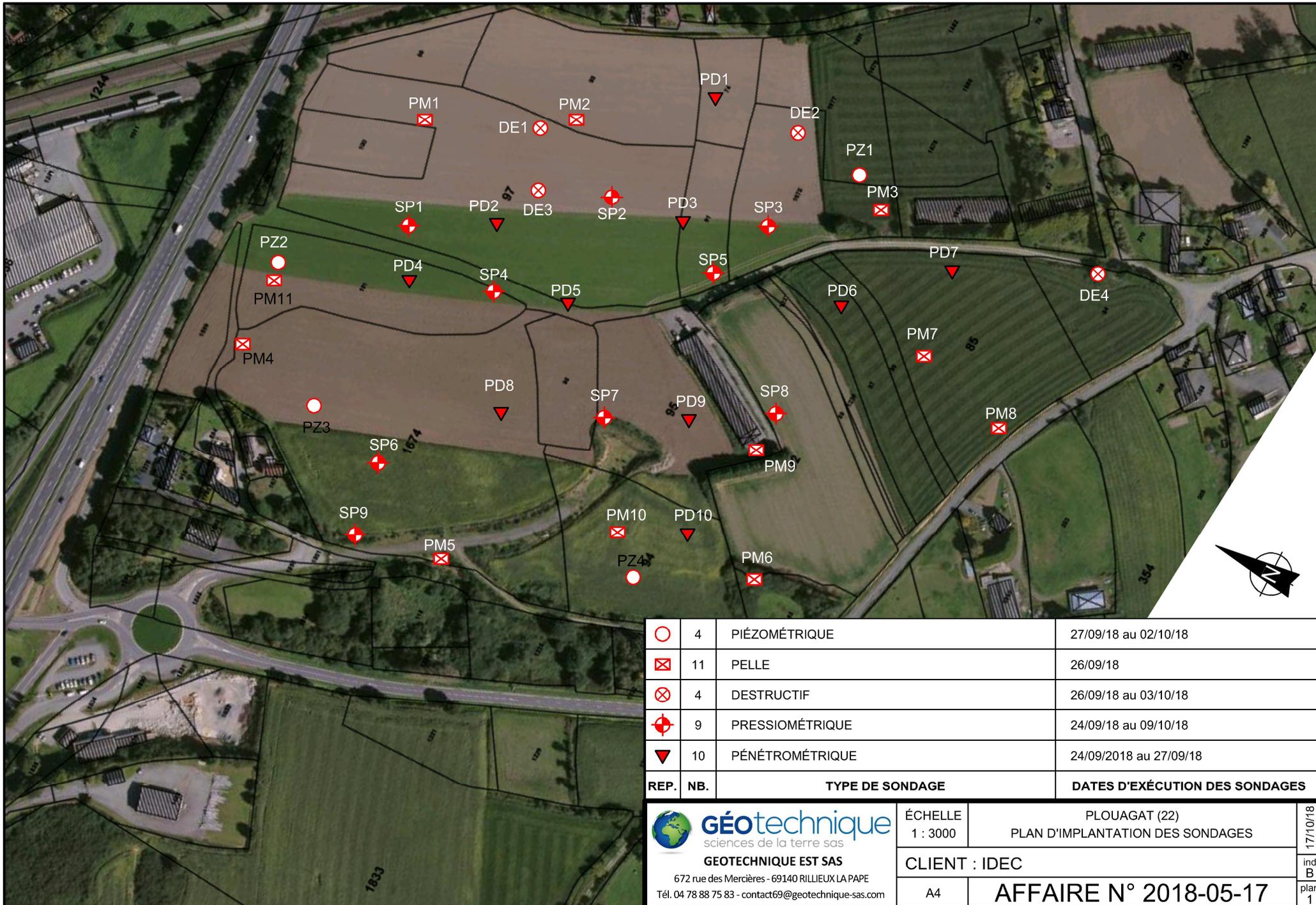
### **Annexe 3 : Plans d'implantation des sondages**



○	4	PIÉZOMÉTRIQUE	27/09/18 au 02/10/18
⊗	11	PELLE	26/09/18
⊗	4	DESTRUCTIF	26/09/18 au 03/10/18
⊕	9	PRESSIOMÉTRIQUE	24/09/18 au 09/10/18
▼	10	PÉNÉTROMÉTRIQUE	24/09/18 au 27/09/18
REP. NB.		<b>TYPE DE SONDAGE</b>	<b>DATES D'EXÉCUTION DES SONDAGES</b>


**GÉOTECHNIQUE**  
 sciences de la terre sas  
**GÉOTECHNIQUE EST SAS**  
 672 rue des Mercières - 69140 RILLIEUX LA PAPE  
 Tél. 04 78 88 75 83 - contact69@geotechnique-sas.com

ÉCHELLE 1 : 3000	PLOUAGAT (22) PLAN D'IMPLANTATION DES SONDAGES	17/10/18
CLIENT : IDEC		ind B
A4	<b>AFFAIRE N° 2018-05-17</b>	plan 1



○	4	PIÉZOMÉTRIQUE	27/09/18 au 02/10/18
⊠	11	PELLE	26/09/18
⊠	4	DESTRUCTIF	26/09/18 au 03/10/18
⊠	9	PRESSIOMÉTRIQUE	24/09/18 au 09/10/18
▼	10	PÉNÉTROMÉTRIQUE	24/09/2018 au 27/09/18
REP.	NB.	TYPE DE SONDAGE	DATES D'EXÉCUTION DES SONDAGES

 <b>GÉOTECHNIQUE</b> sciences de la terre sas <b>GEOTECHNIQUE EST SAS</b> 672 rue des Mercières - 69140 RILLIEUX LA PAPE Tél. 04 78 88 75 83 - contact69@geotechnique-sas.com	ÉCHELLE 1 : 3000	PLOUAGAT (22) PLAN D'IMPLANTATION DES SONDAGES	17/10/18
	CLIENT : IDEC	A4	ind B
AFFAIRE N° 2018-05-17			plan 1

## **Annexe 4 : Coupes des sondages**



Client : IDEC

Etude : PLOUAGAT (22)

Remarque :

X :  
Y :  
Z : 131,50 m  
Inclinaison :

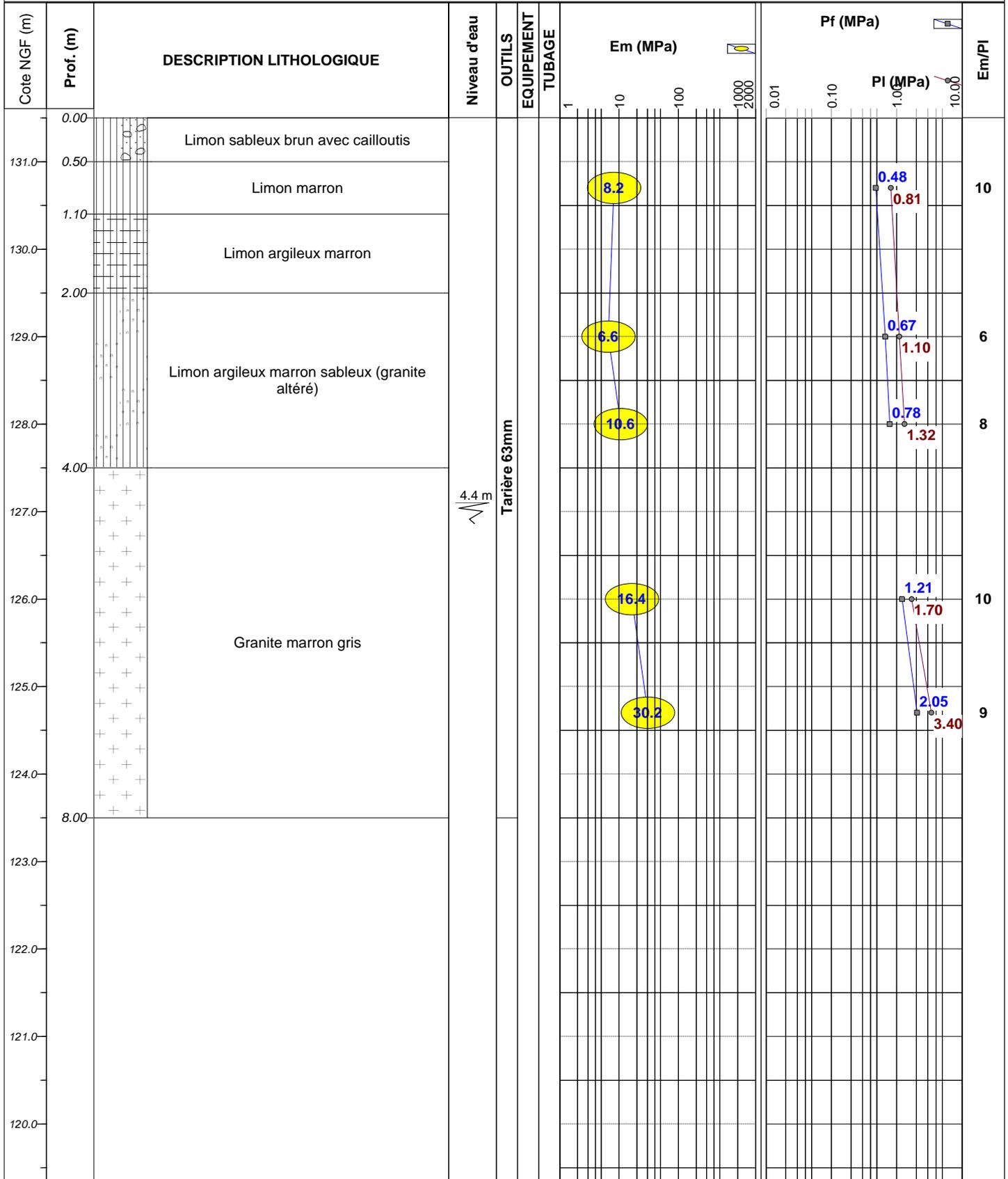
Machine : EMCI 4.50

Date : 08/10/18

Début : 0,00 m

Fin : 8,00 m

Echelle : 1 / 60





## SONDAGE : SP2

Type : **PRESSIOMETRIQUE**

Client : IDEC

Etude : PLOUAGAT (22)

Remarque :

X :  
Y :  
Z : 134,15 m  
Inclinaison : 0

Machine : EMCI 4.50

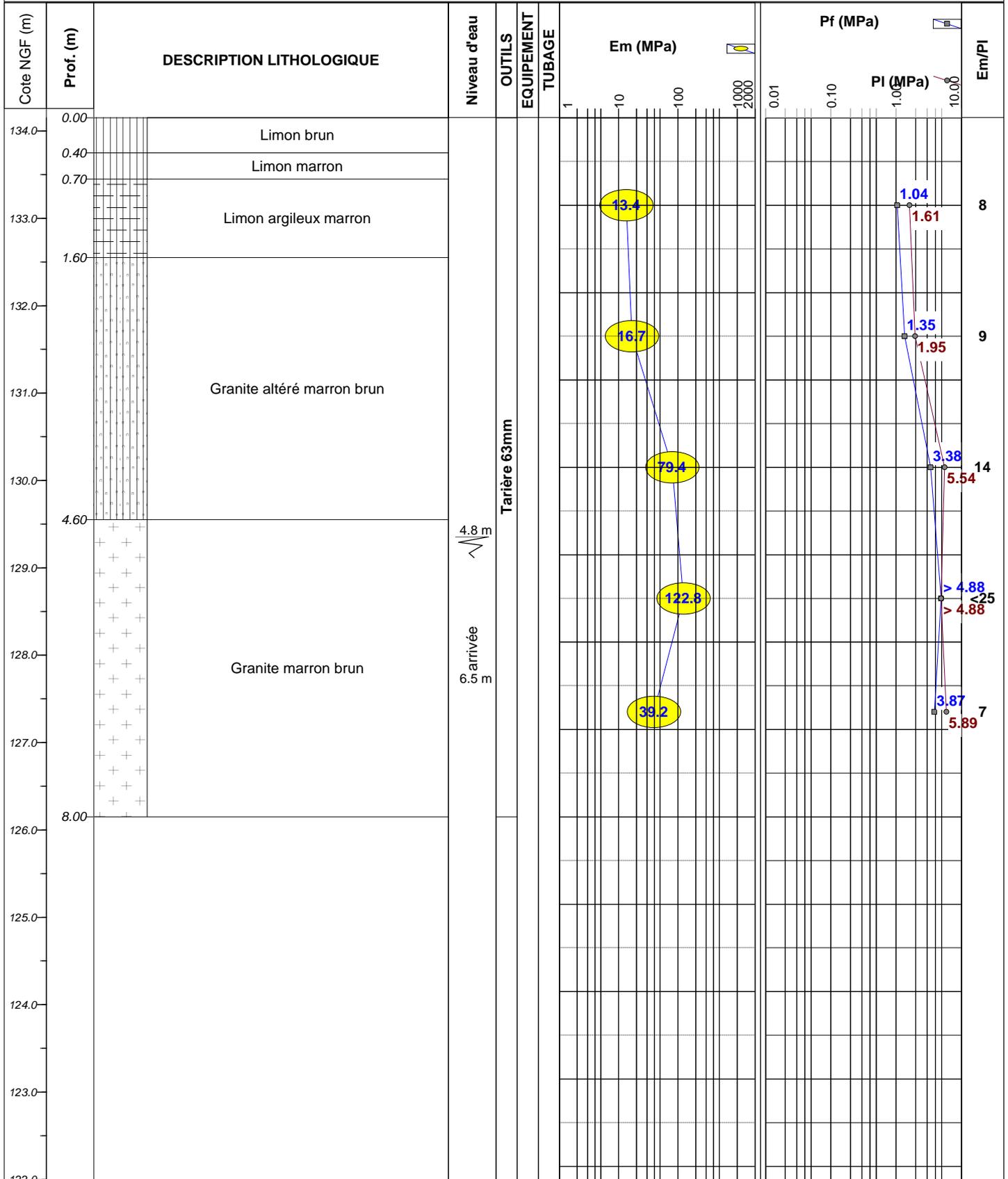
Date : 25/09/18

Début : 0,00 m

Fin : 8,00 m

Echelle : 1 / 60

Page: 1 / 1





Client : IDEC

Etude : PLOUAGAT (22)

Remarque :

X :  
Y :  
Z : 134,20 m  
Inclinaison :

Machine : EMCI 4.50

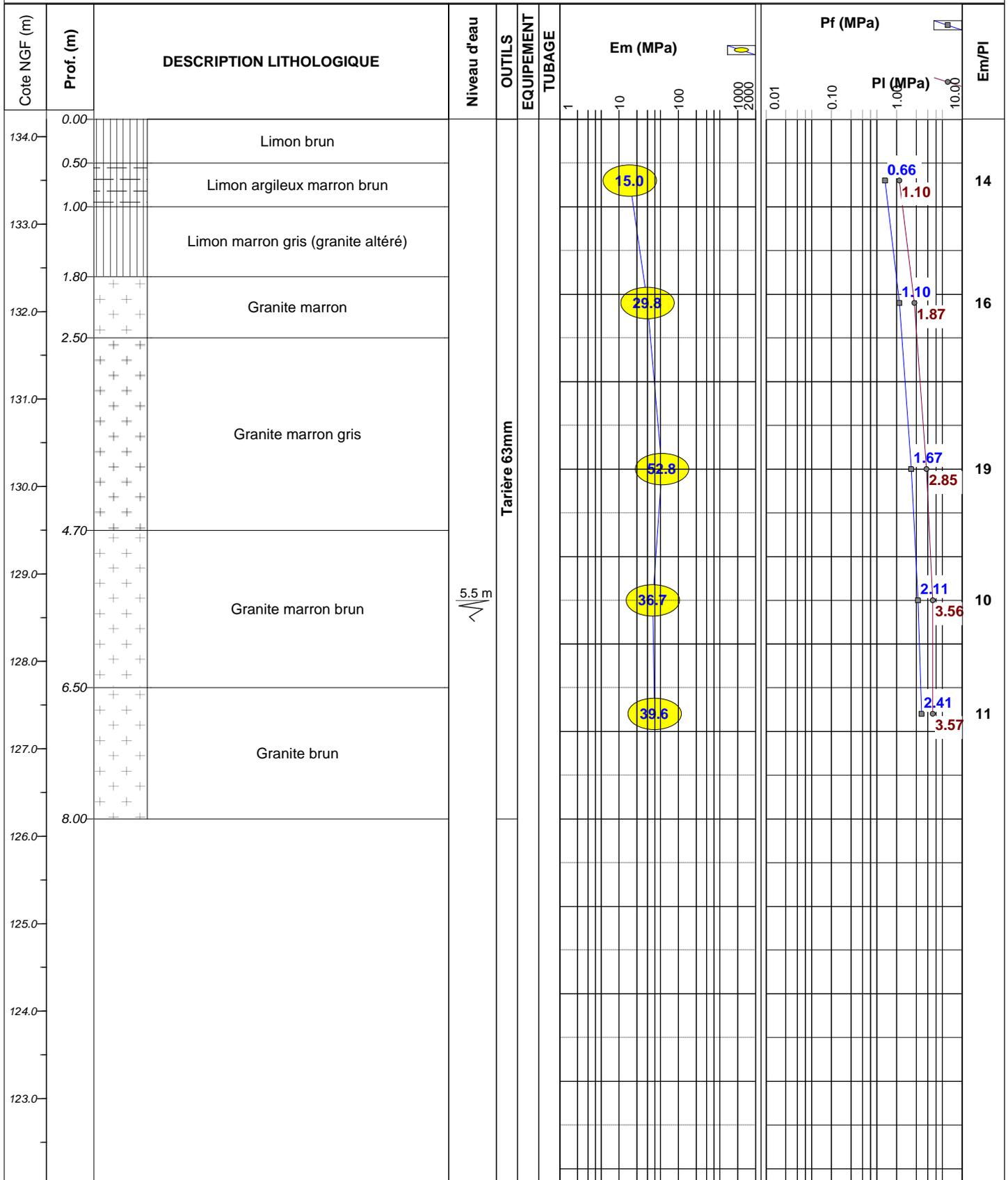
Date : 25/09/18

Début : 0,00 m

Fin : 8,00 m

Echelle : 1 / 60

Page: 1 / 1





## SONDAGE : SP4

Type : **PRESSIONNOMETRIQUE**

Client : IDEC

Etude : PLOUAGAT (22)

Remarque :

X :  
Y :  
Z : 132,20 m  
Inclinaison :

Machine : EMCI 4.50

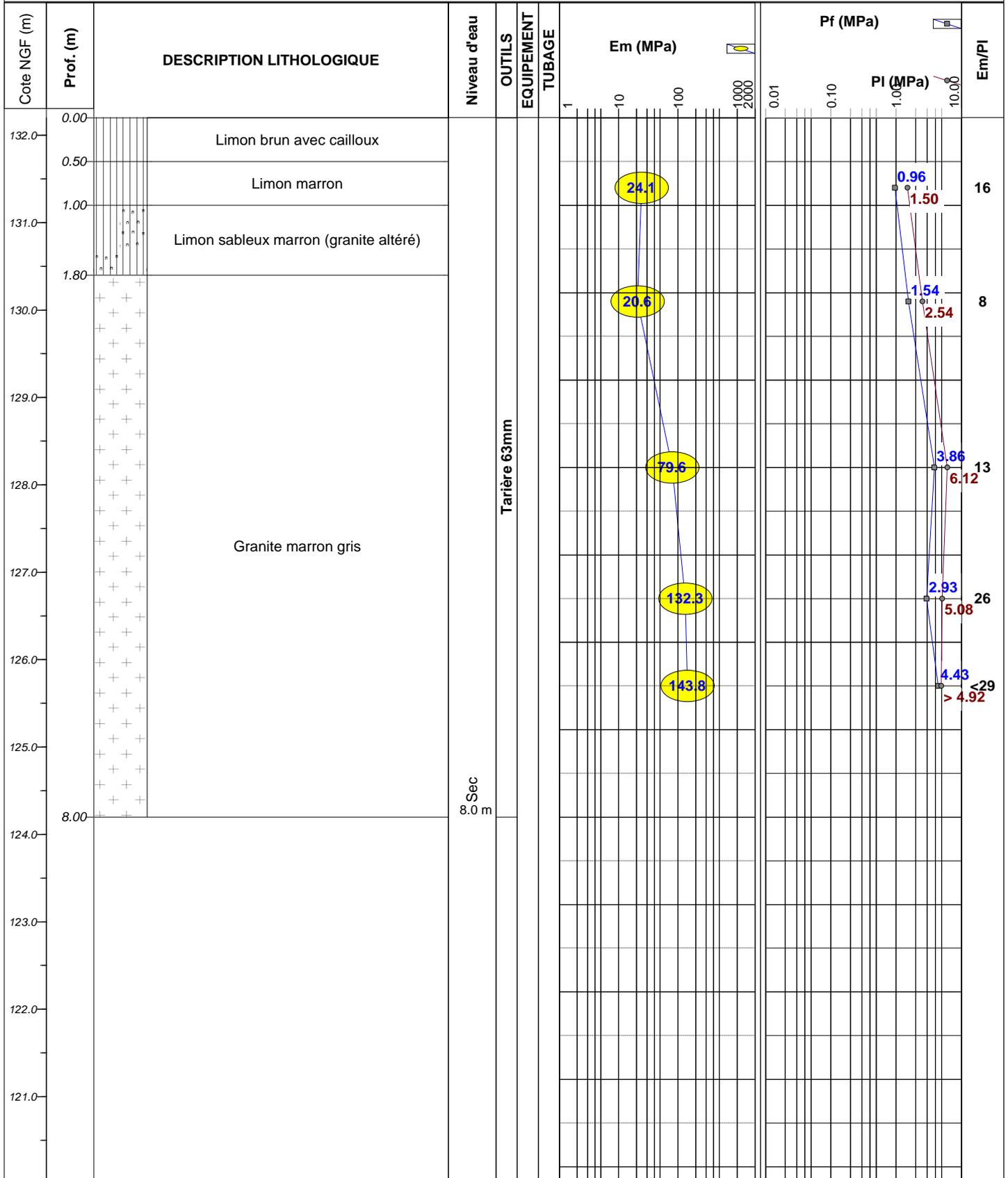
Date : 05/10/18

Début : 0,00 m

Fin : 8,00 m

Echelle : 1 / 60

Page: 1 / 1







## SONDAGE : SP6

Type : **PRESSIOMETRIQUE**

Client : IDEC

Etude : PLOUAGAT (2)

Remarque :

X :  
Y :  
Z : 127,50 m  
Inclinaison :

Machine : EMCI 4.50

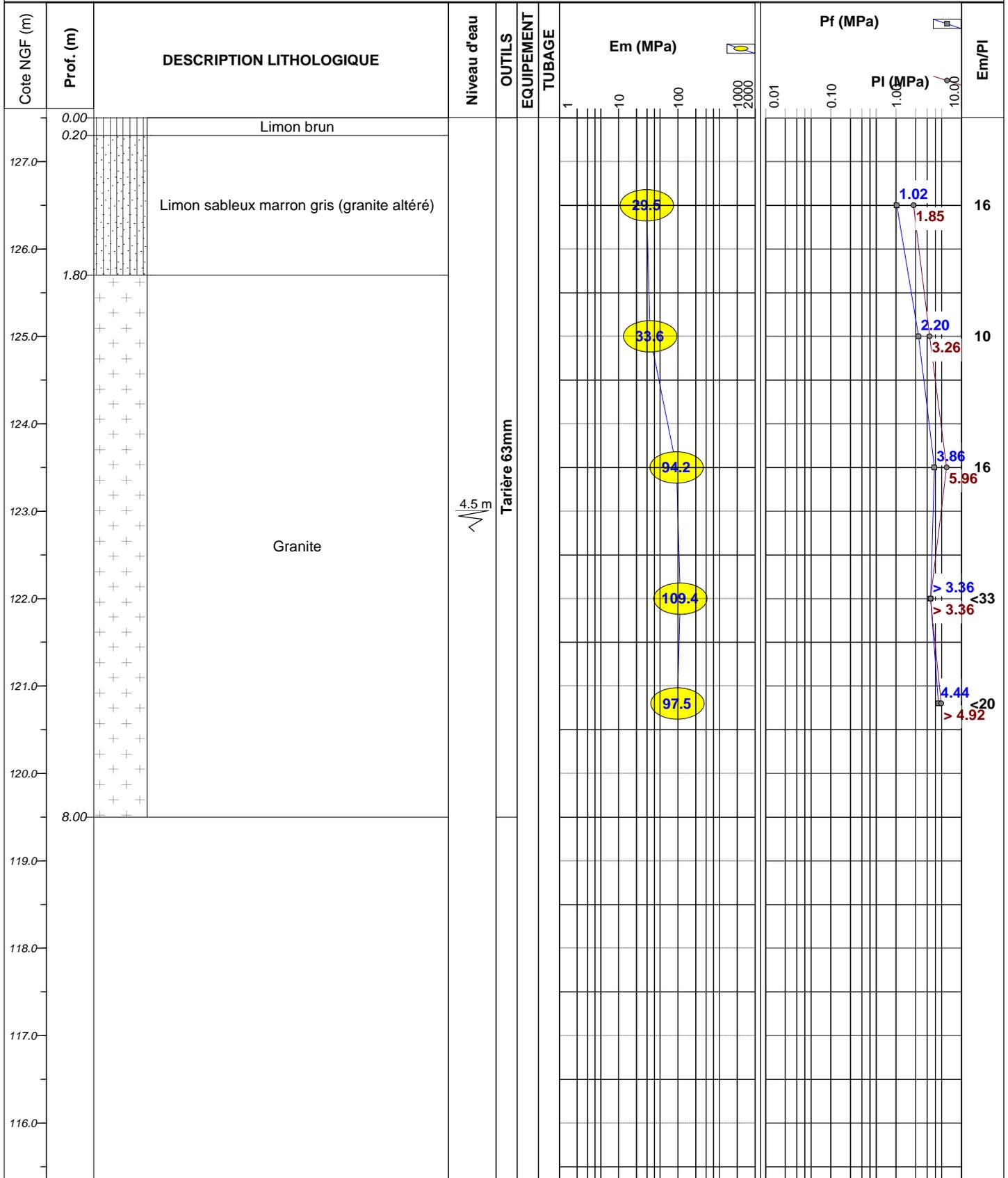
Date : 08/10/18

Début : 0,00 m

Fin : 8,00 m

Echelle : 1 / 60

Page: 1 / 1







## SONDAGE : SP8

Type : **PRESSIOMETRIQUE**

Client : IDEC

Etude : PLOUAGAT (22)

Remarque :

X :  
Y :  
Z : 132,60 m  
Inclinaison :

Machine : EMCI 4.50

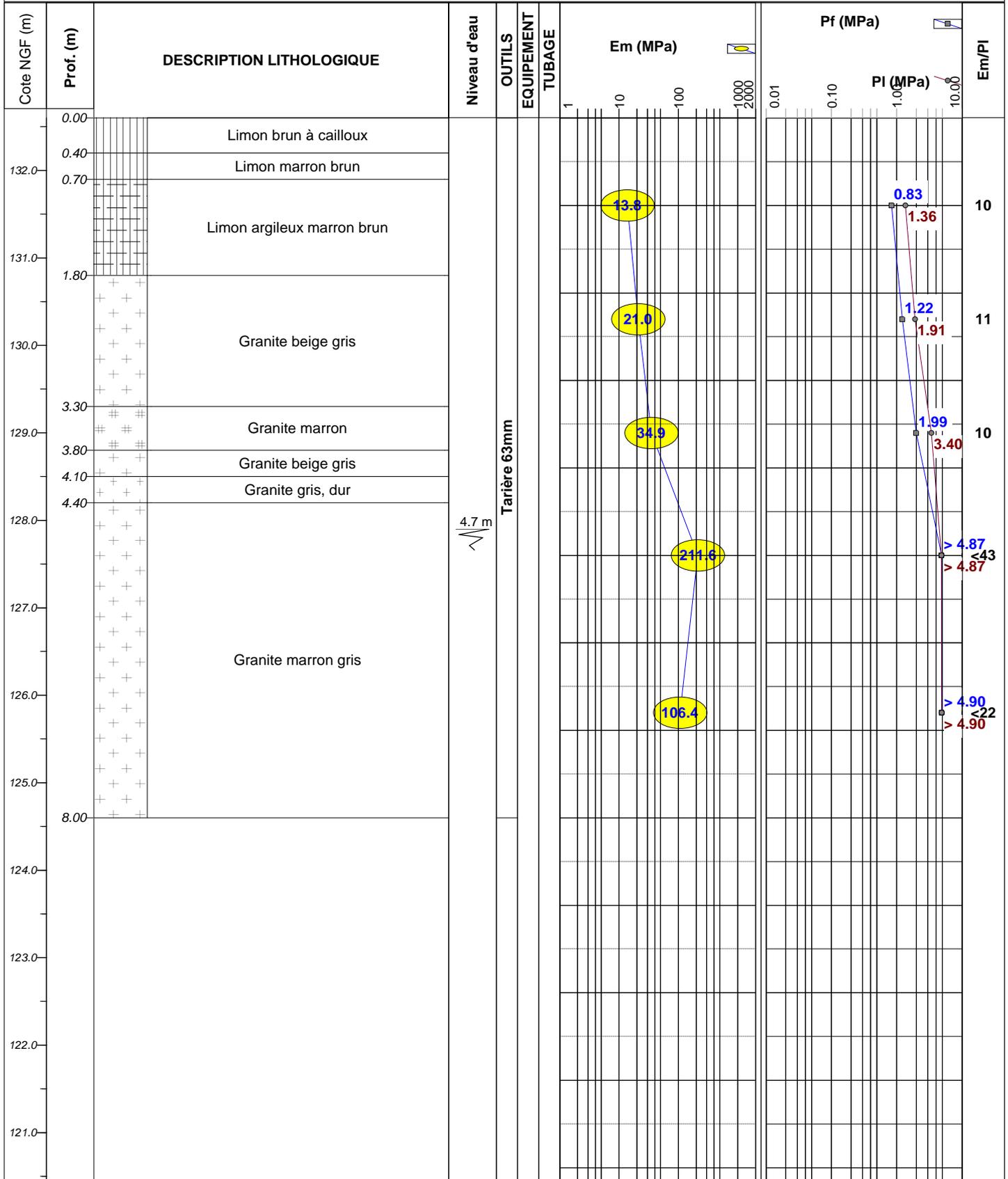
Date : 25/09/18

Début : 0,00 m

Fin : 8,00 m

Echelle : 1 / 60

Page: 1 / 1





Client : IDEC

Etude : PLOUAGAT (2)

Remarque :

X :  
Y :  
Z : 132,80 m  
Inclinaison :

Machine : EMCI 4.50

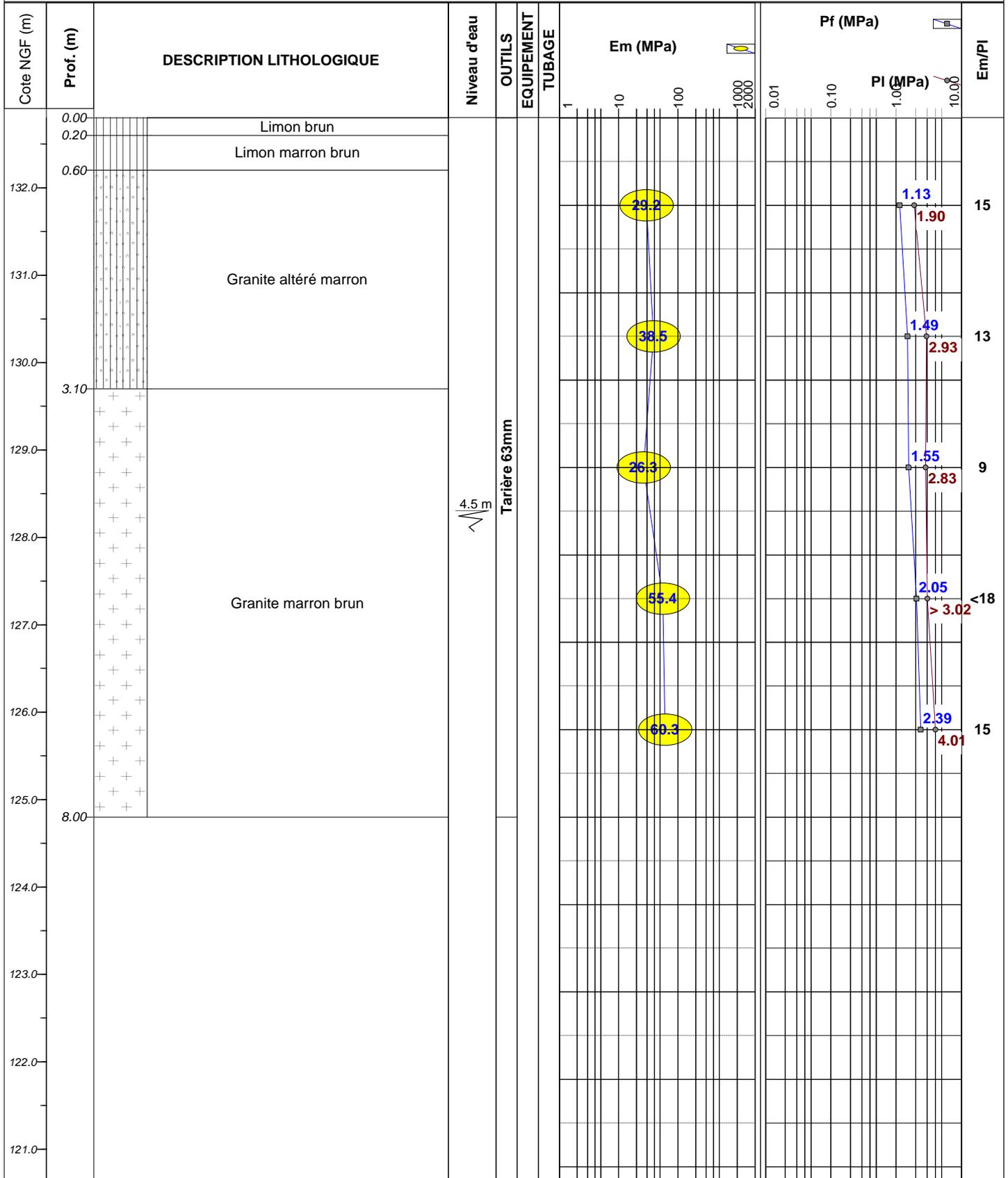
Date : 09/10/18

Début : 0,00 m

Fin : 8,00 m

Echelle : 1 / 60

Page: 1 / 1





**SONDAGE : DE1**

Type : *Destructif*

X :  
Y :  
Z : 133,10 m

Date : 27/09/18

Début : 0,00 m

Fin : 17,90 m

Inclinaison :

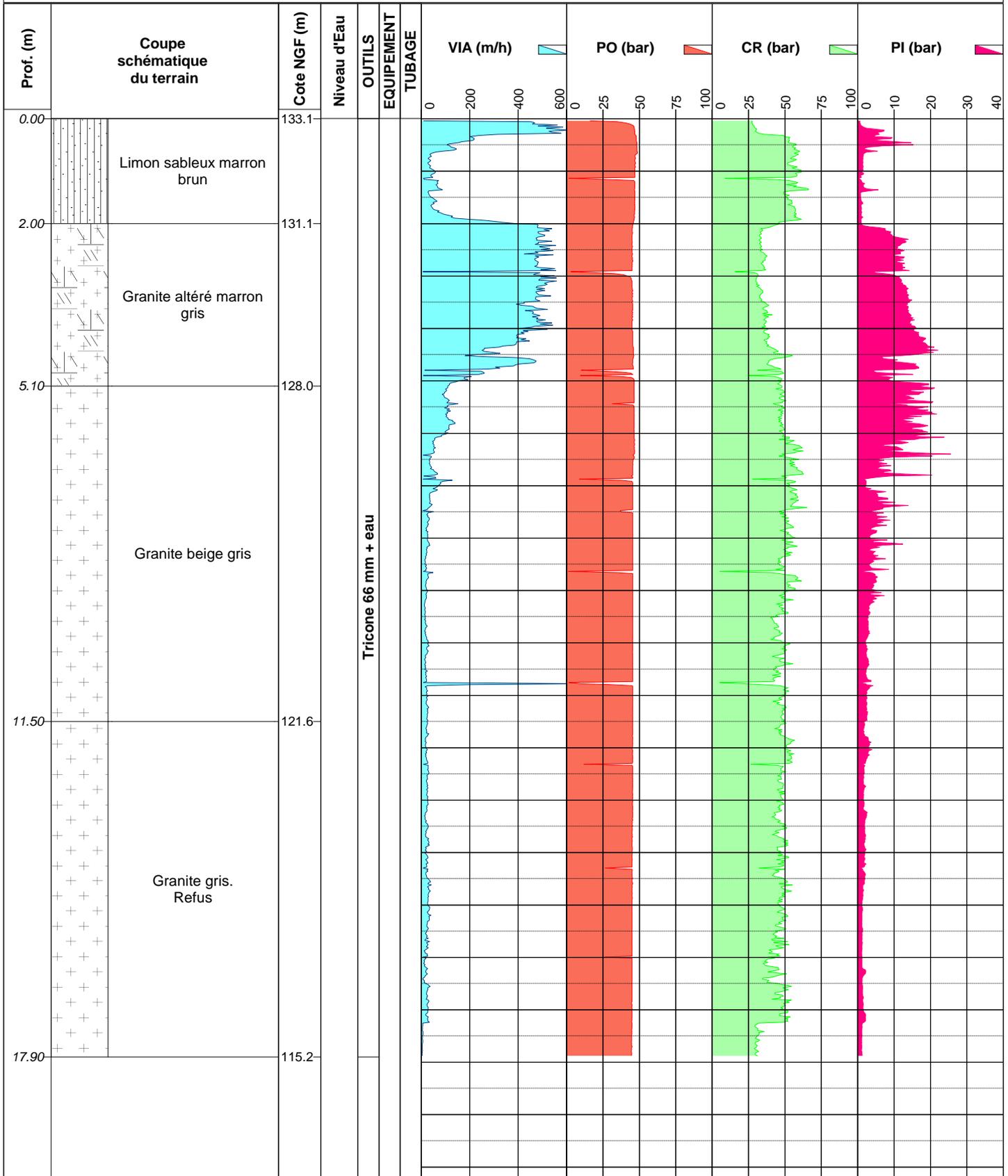
Machine : EMCI 4.50

Echelle : 1 / 100

Client : IDEC

Etude : PLOUAGAT (22)

Remarque :





**SONDAGE : DE2**

Type : *Destructif*

X :  
Y :  
Z : 134,30 m

Date : 27/09/18

Début : 0,00 m

Fin : 15,02 m

Inclinaison :

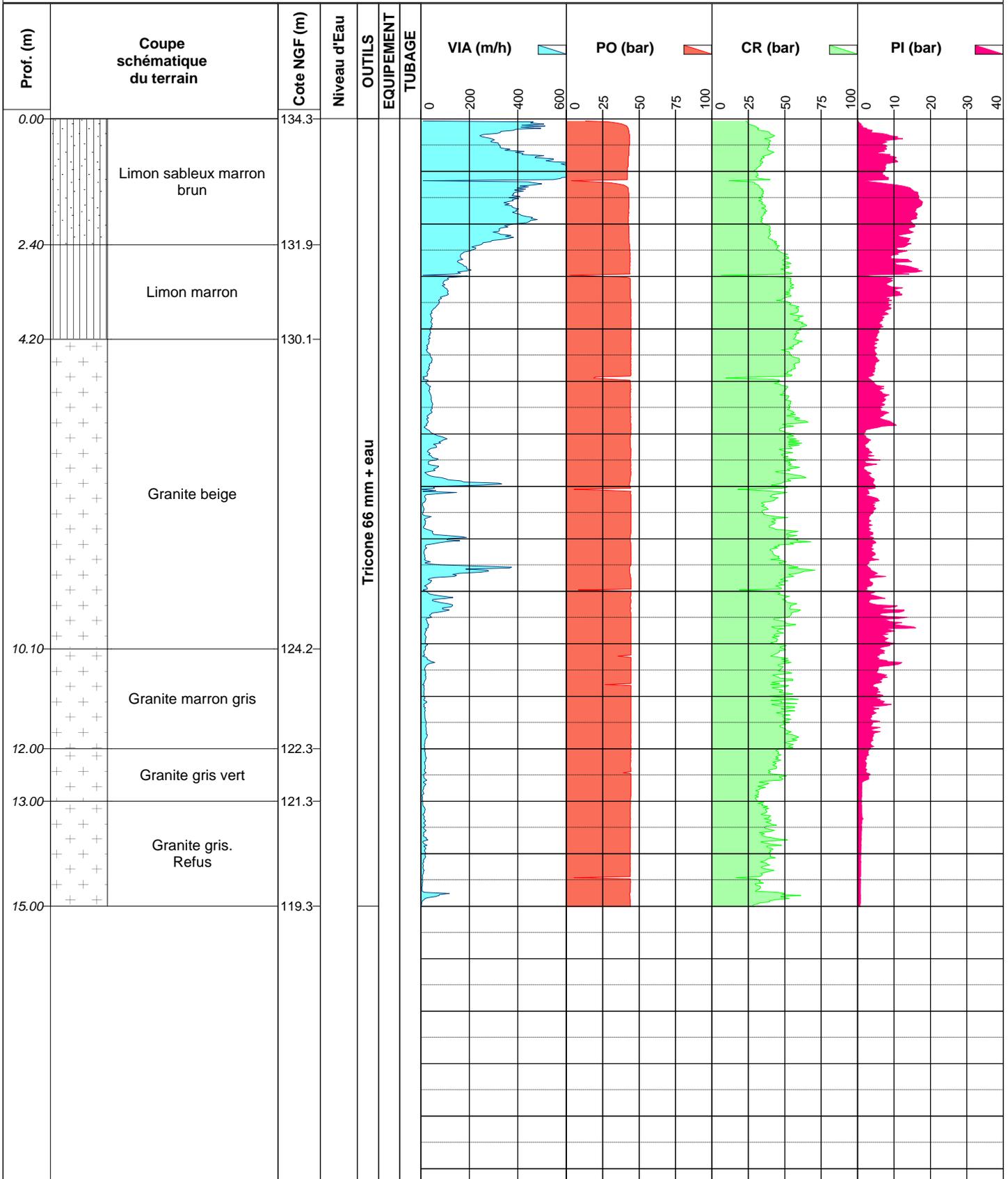
Machine : EMCI 4.50

Echelle : 1 / 100

Client : IDEC

Etude : PLOUAGAT (22)

Remarque :





**SONDAGE : DE3**

Type : *Destructif*

X :  
Y :  
Z : 133,60 m

Date : 26/09/18

Début : 0,00 m

Fin : 13,14 m

Inclinaison :

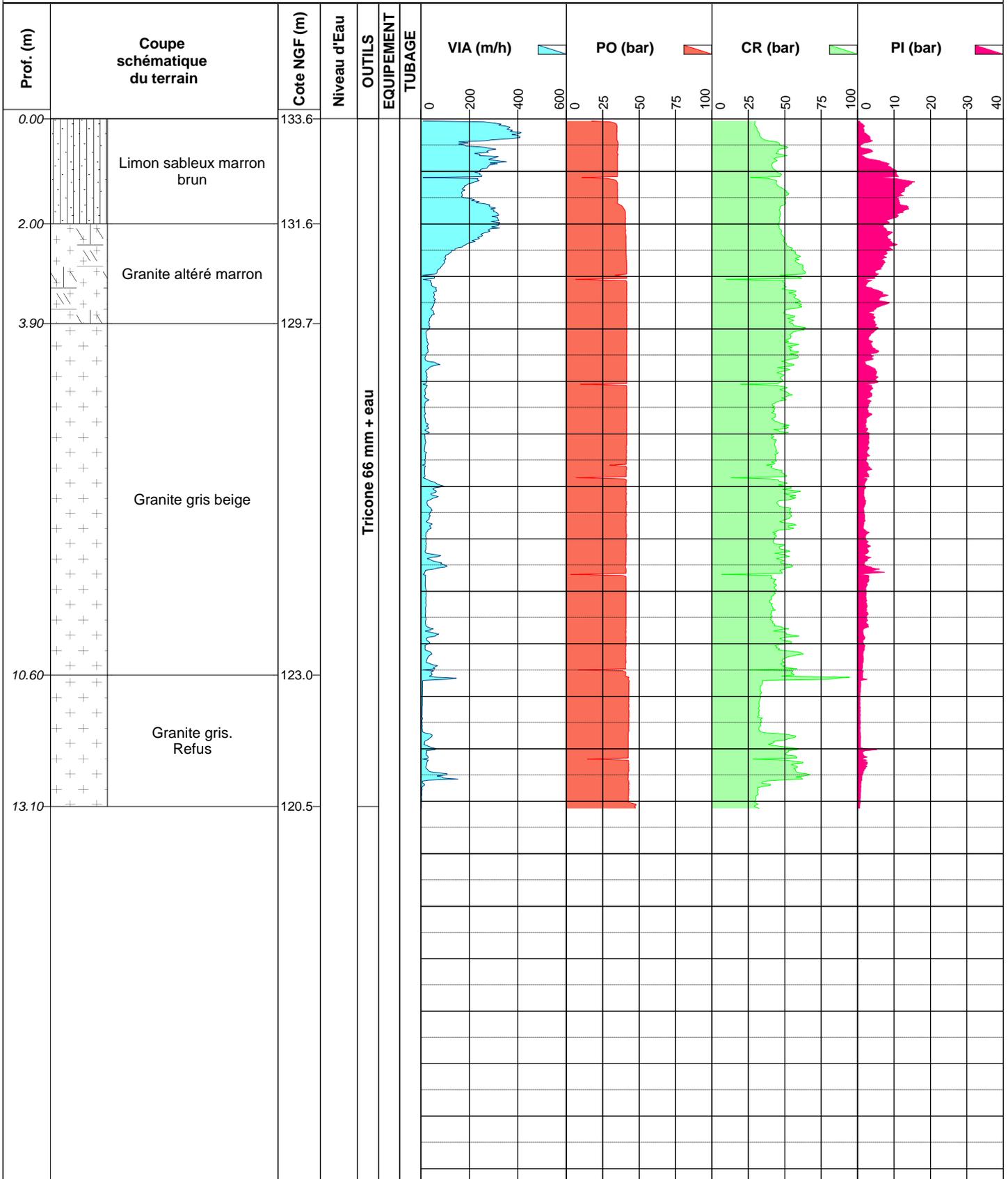
Machine : EMCI 4.50

Echelle : 1 / 100

Client : IDEC

Etude : PLOUAGAT (22)

Remarque :





**SONDAGE : DE4**

Type : *Destructif*

X :  
Y :  
Z : 137,30 m

Date : 03/10/18

Début : 0,00 m

Fin : 5,00 m

Inclinaison :

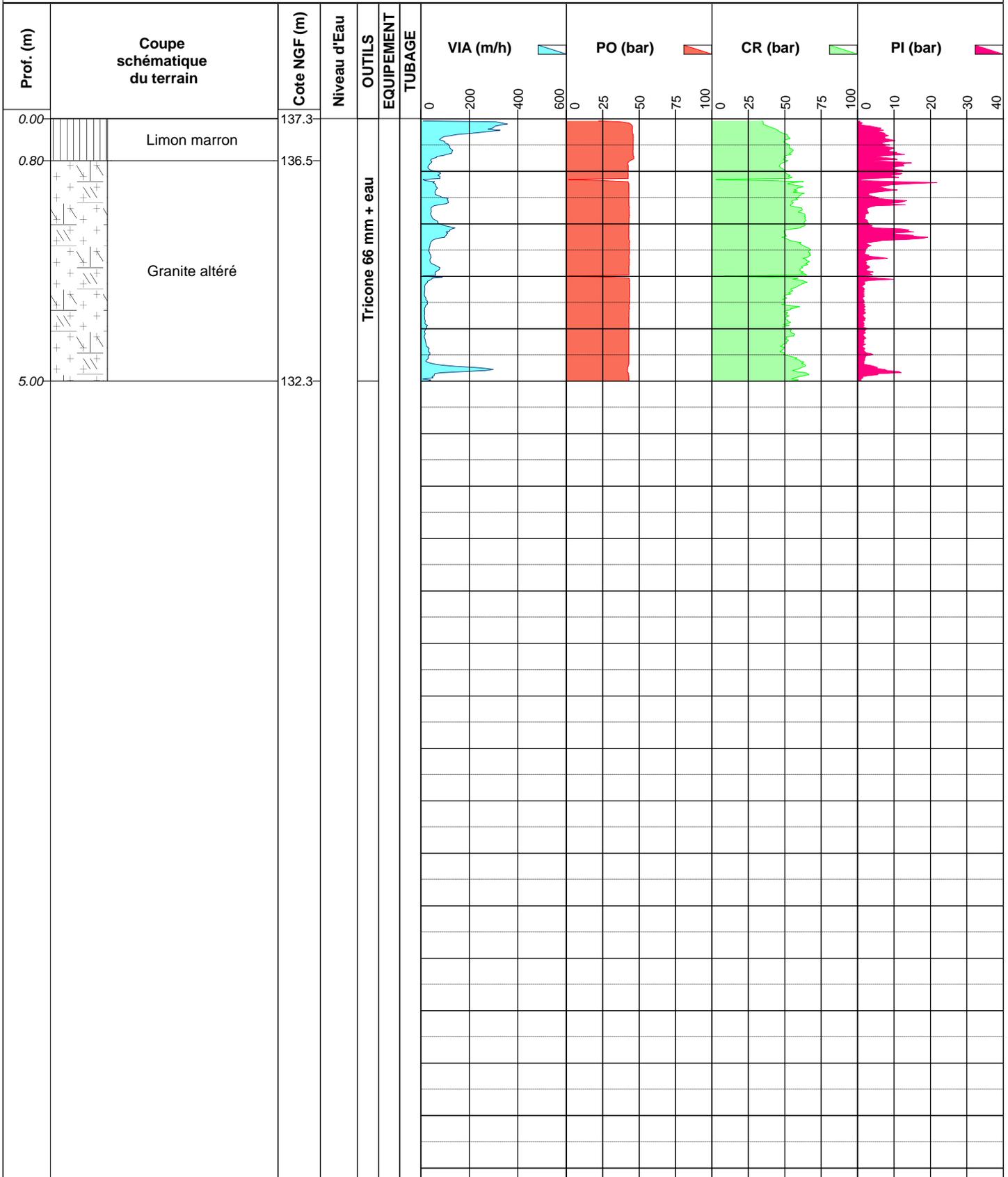
Echelle : 1 / 100

Client : IDEC

Etude : PLOUAGAT (22)

Machine : EMCI 4.50

Remarque :



**SONDAGE : PZ1**

Type : *Destructif*

X :  
Y :  
Z : 134,70 m

Date : 27/09/18

Début : 0,00 m

Fin : 7,00 m

Inclinaison :

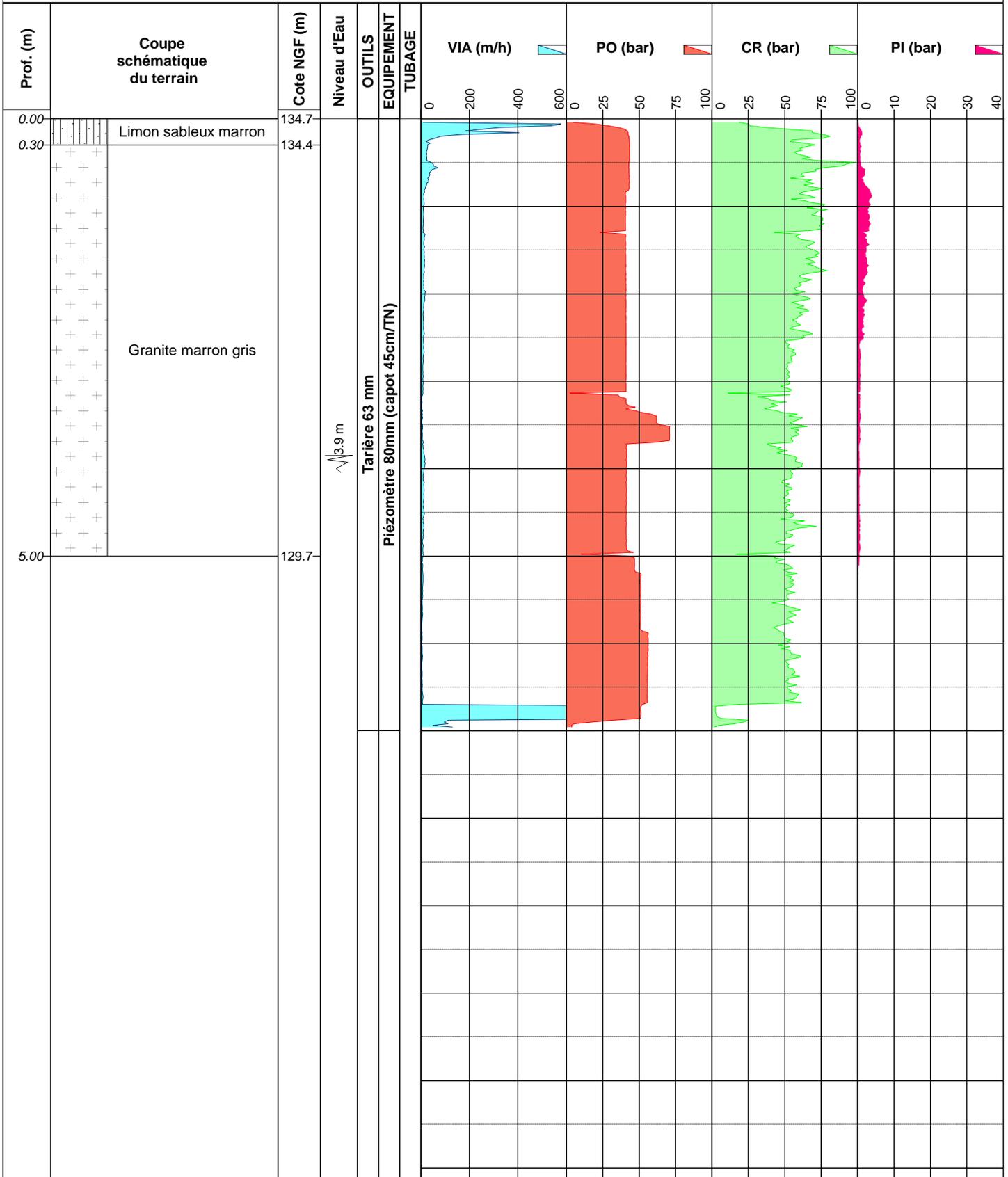
Machine : EMCI 4.50

Echelle : 1 / 60

Client : IDEC

Etude : PLOUAGAT (22)

Remarque :





**SONDAGE : PZ2**

Type : *Destructif*

X :  
Y :  
Z : 131,00 m

Date : 02/10/18

Début : 0,00 m

Fin : 8,70 m

Client : IDEC

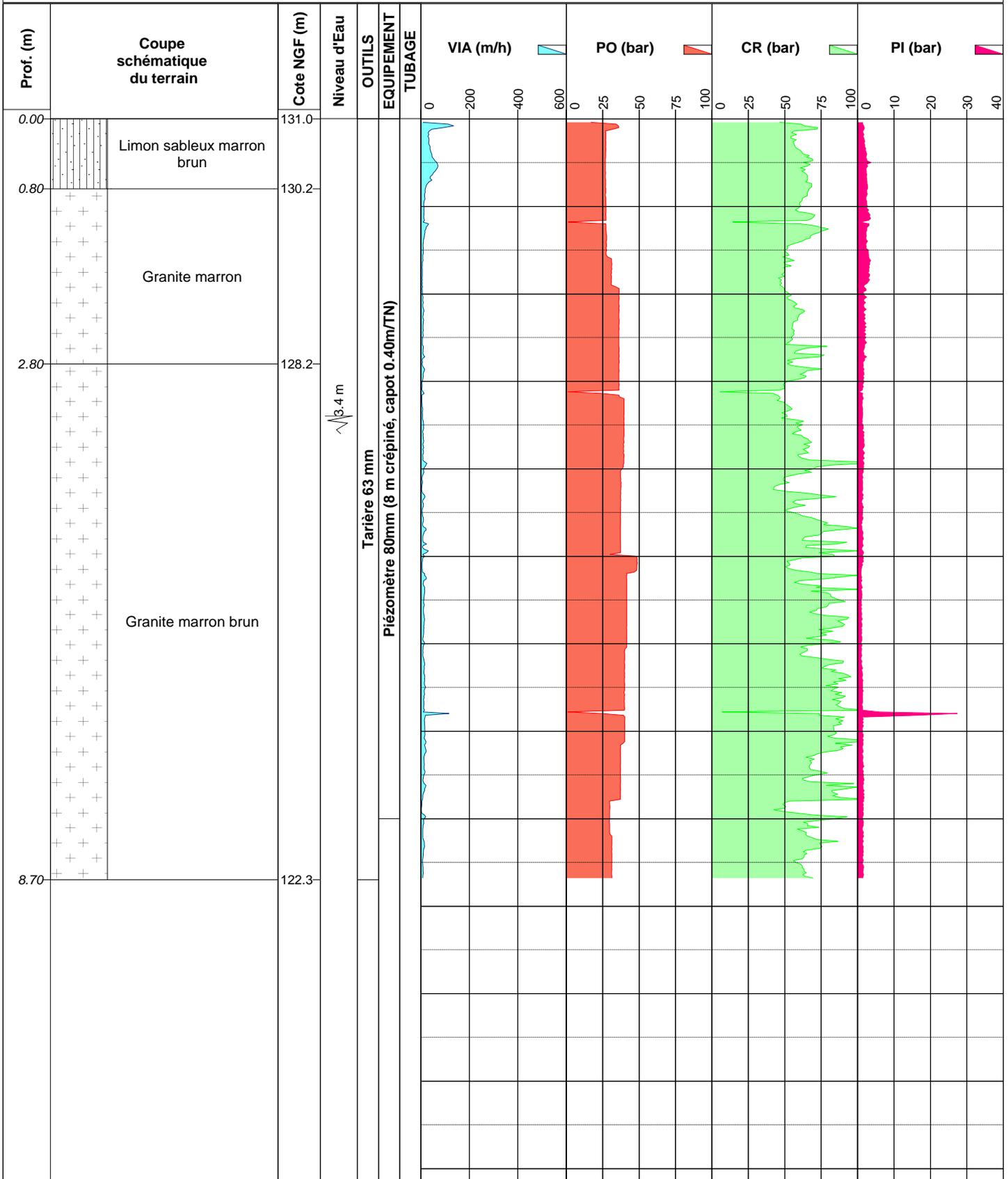
Etude : PLOUAGAT (22)

Inclinaison :

Machine : EMCI 4.50

Echelle : 1 / 60

Remarque :





**SONDAGE : PZ3**

Type : *Destructif*

X :  
Y :  
Z : 129,30 m

Date : 02/10/18

Début : 0,00 m

Fin : 8,80 m

Inclinaison :

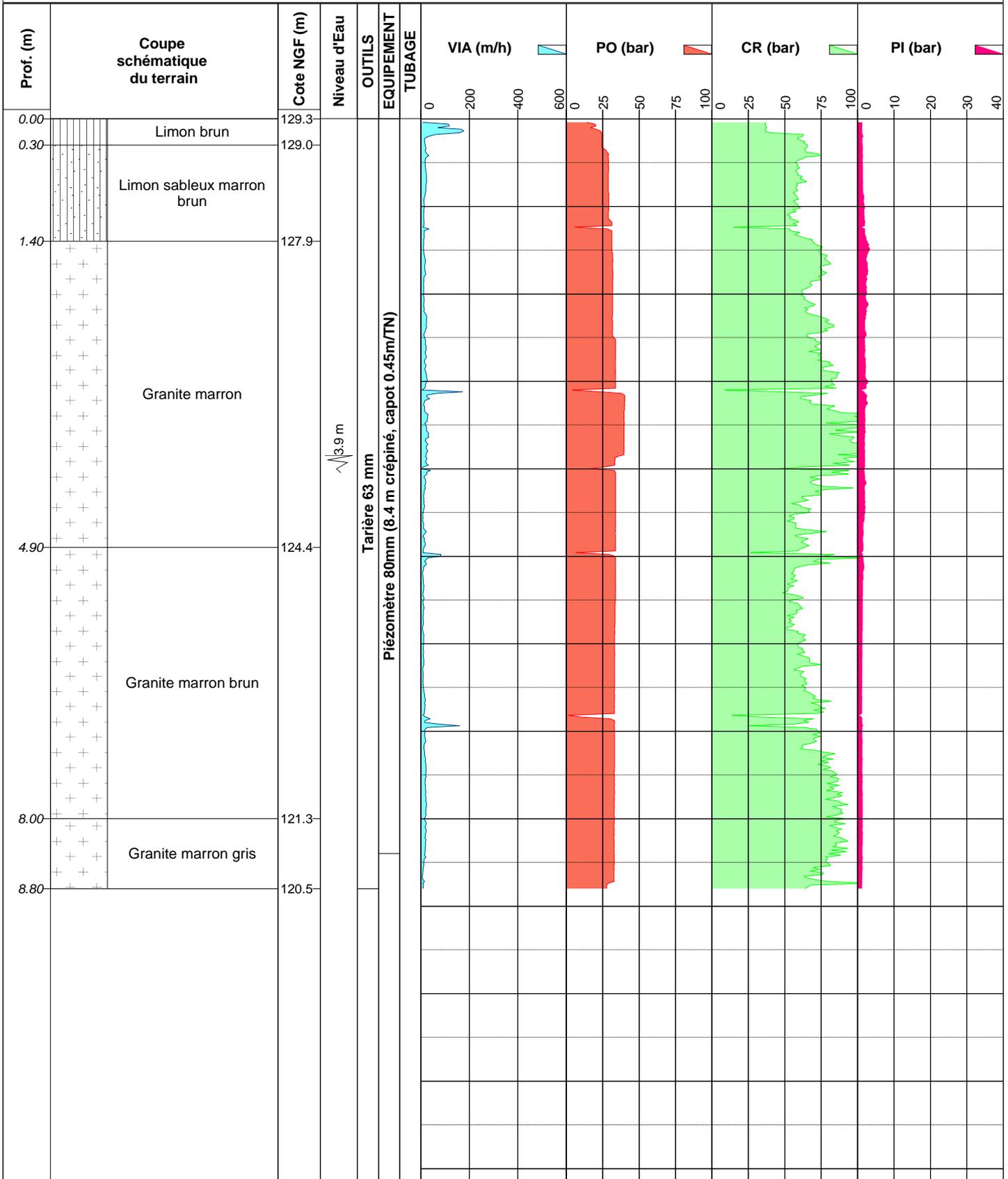
Machine : EMCI 4.50

Echelle : 1 / 60

Client : IDEC

Etude : PLOUAGAT (22)

Remarque :



# SONDAGE : PZ4

Type : **Destructif**

X :  
Y :  
Z : 122,50 m  
Inclinaison :

Date : 01/10/18

Début : 0,00 m

Fin : 8,84 m

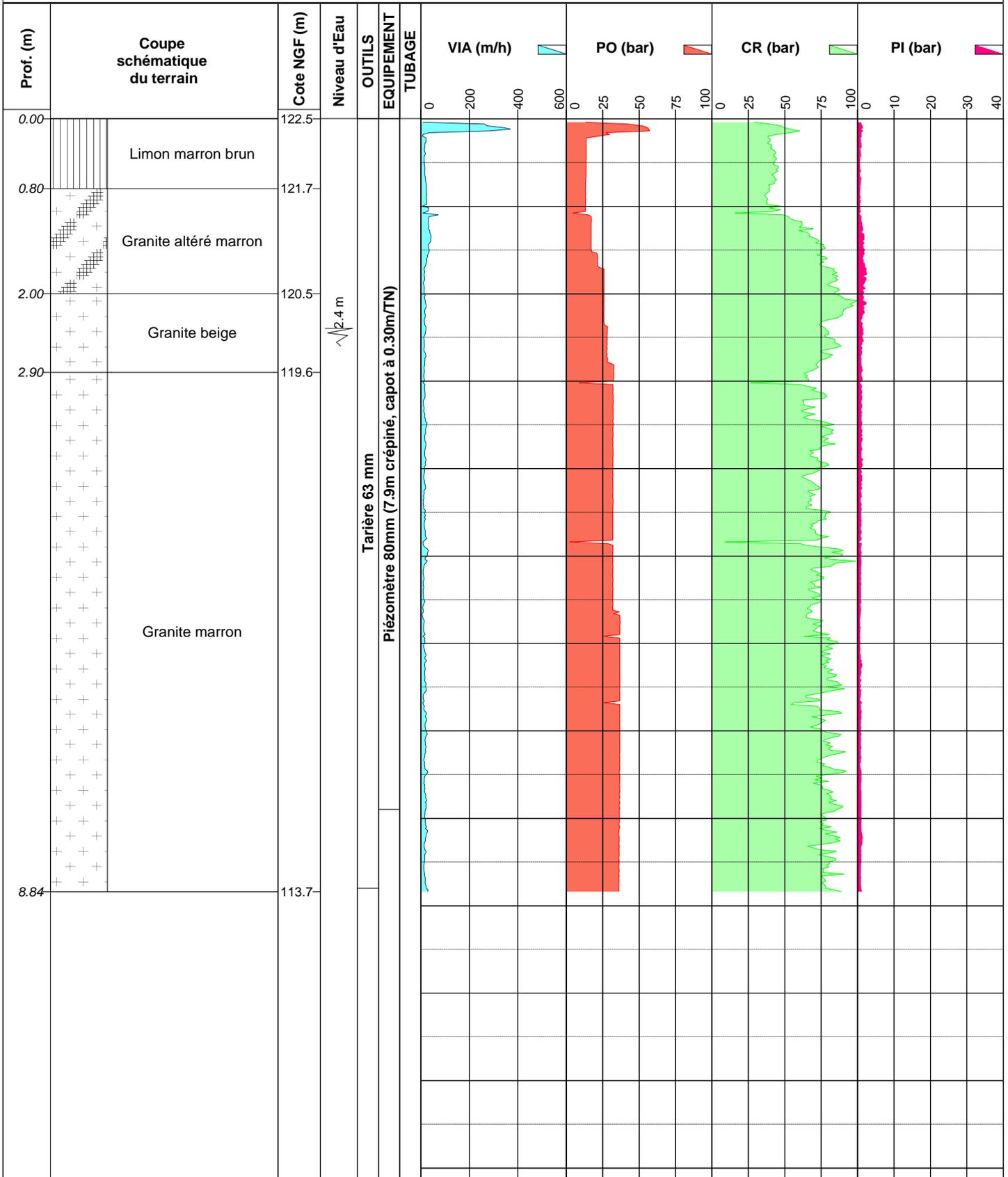
Echelle : 1 / 60

Client : IDEC

Etude : PLOUAGAT (22)

Machine :

Remarque :





Client : IDEC

Etude : PLOUAGAT (22)

Remarque :

X :

Y :

Z : 133,60 m

Inclinaison :

Machine : GEOTOOL GTR 790

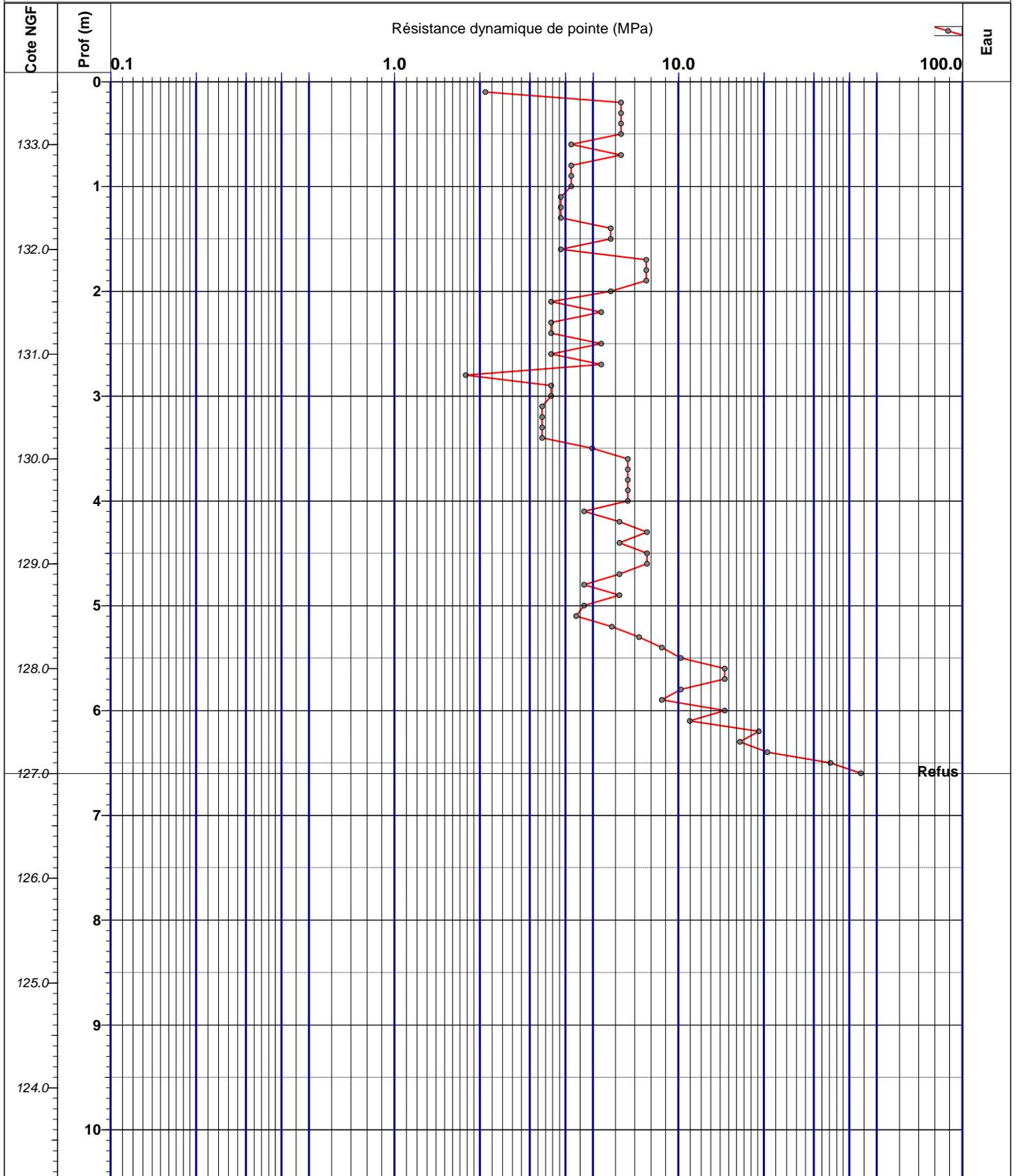
Date : 27/09/18

Début : 0,00 m

Fin : 6,60 m

Echelle : 1 / 50

Page: 1 / 1





Client : IDEC

Etude : PLOUAGAT (22)

Remarque :

X :

Y :

Z : 132,70 m

Inclinaison : 0

Machine : GEOTOOL GTR 790

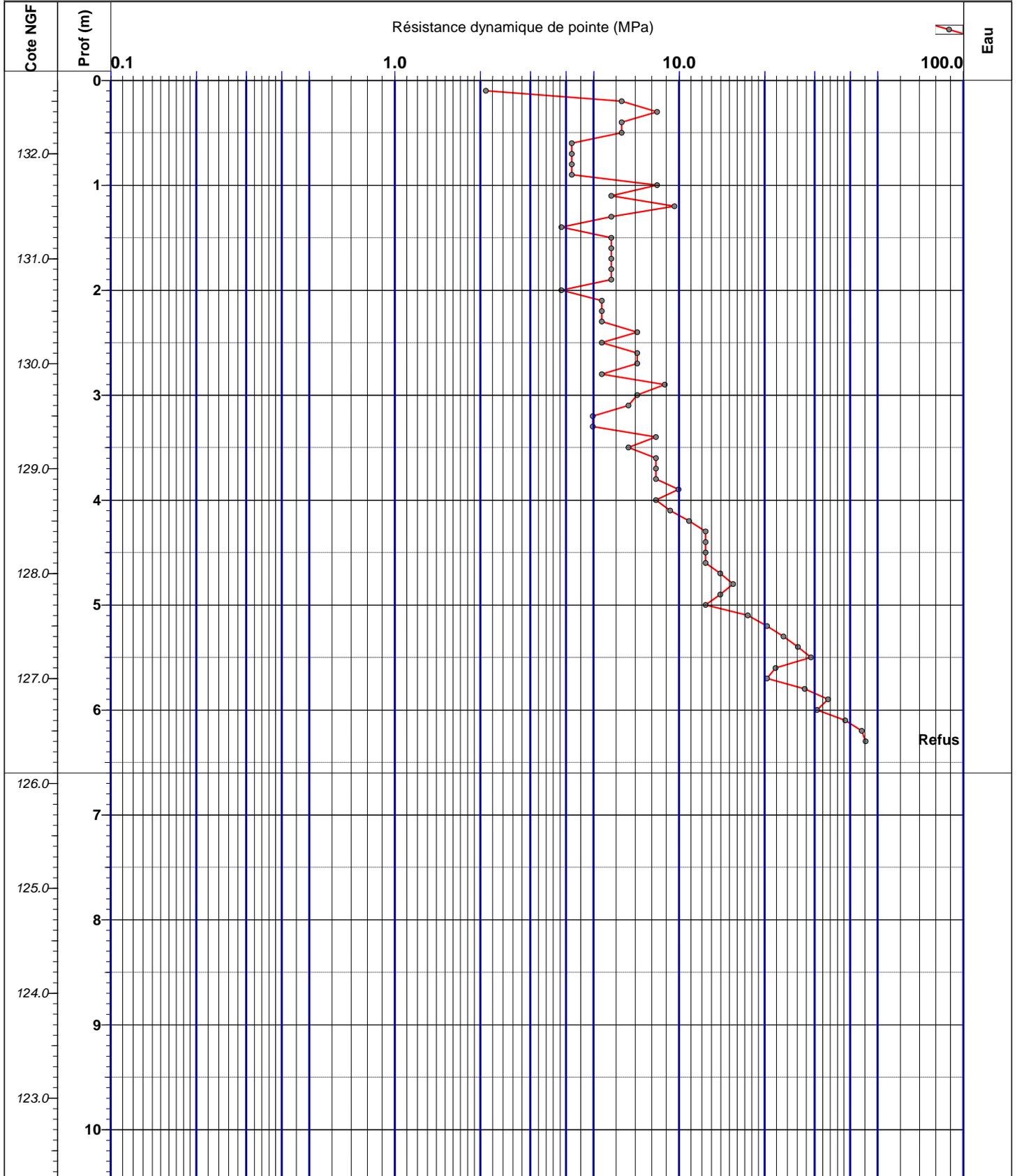
Date : 27/09/18

Début : 0,00 m

Fin : 6,60 m

Echelle : 1 / 50

Page: 1 / 1





Client : IDEC

Etude : PLOUAGAT (22)

Remarque :

X :

Y :

Z : 133,60 m

Inclinaison :

Machine : GEOTOOL GTR 790

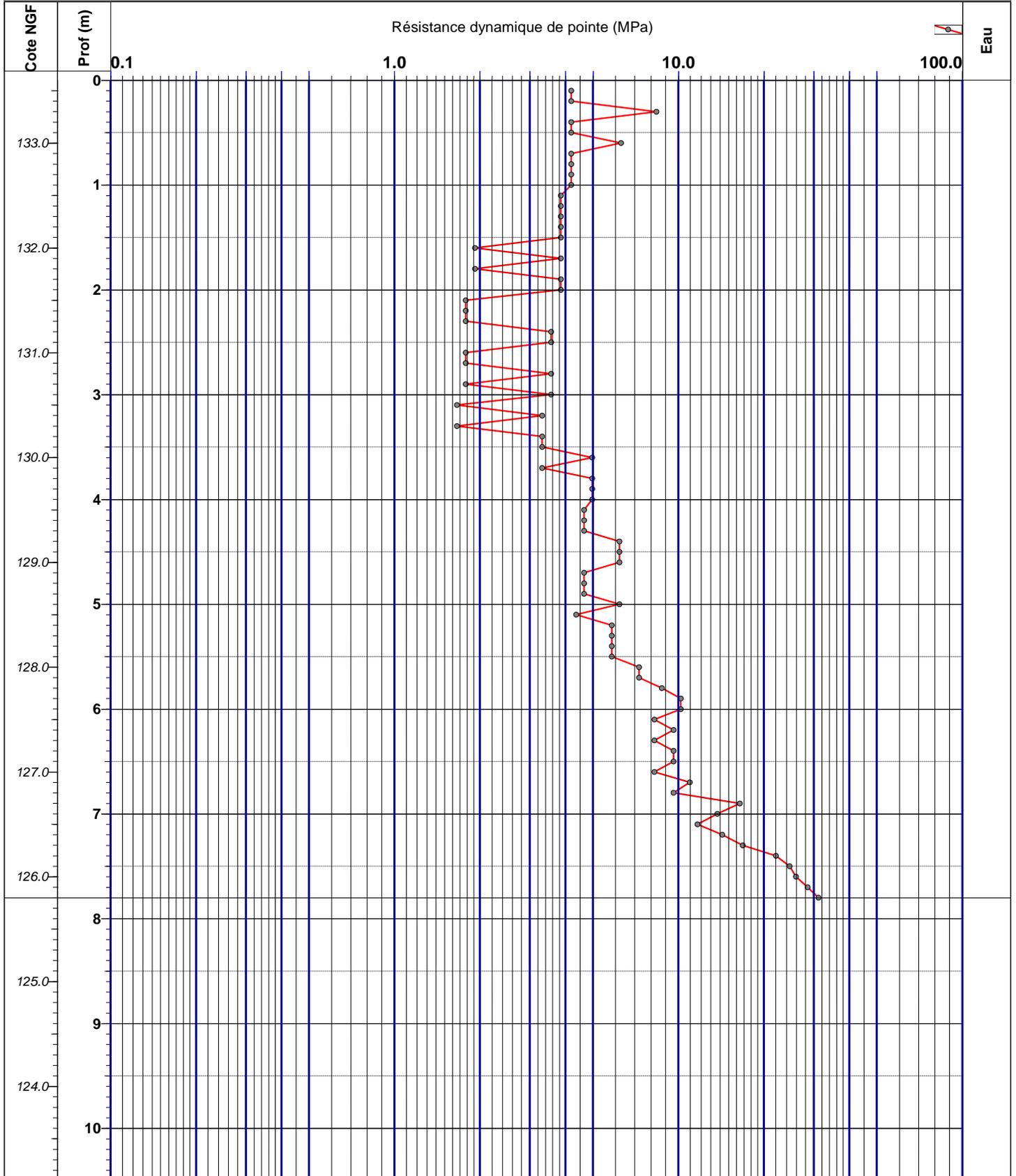
Date : 27/09/18

Début : 0,00 m

Fin : 7,80 m

Echelle : 1 / 50

Page: 1 / 1





Client : IDEC

Etude : PLOUAGAT (22)

Remarque :

X :

Y :

Z : 131,90 m

Inclinaison :

Machine : GEOTOOL GTR 790

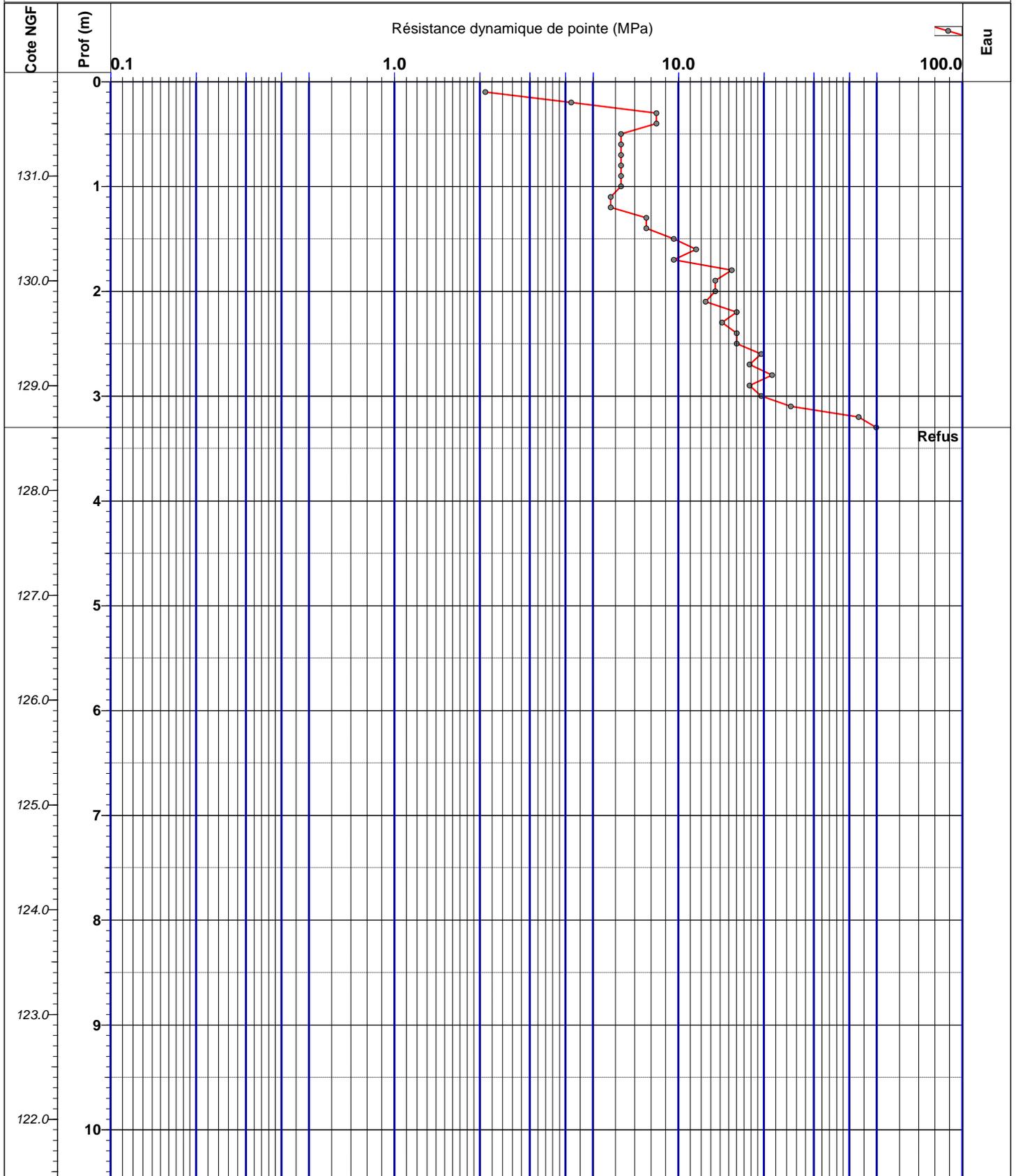
Date : 27/09/18

Début : 0,00 m

Fin : 3,30 m

Echelle : 1 / 50

Page: 1 / 1





Client : IDEC

Etude : PLOUAGAT (22)

Remarque :

X :

Y :

Z : 132,50 m

Inclinaison :

Machine : GEOTOOL GTR 790

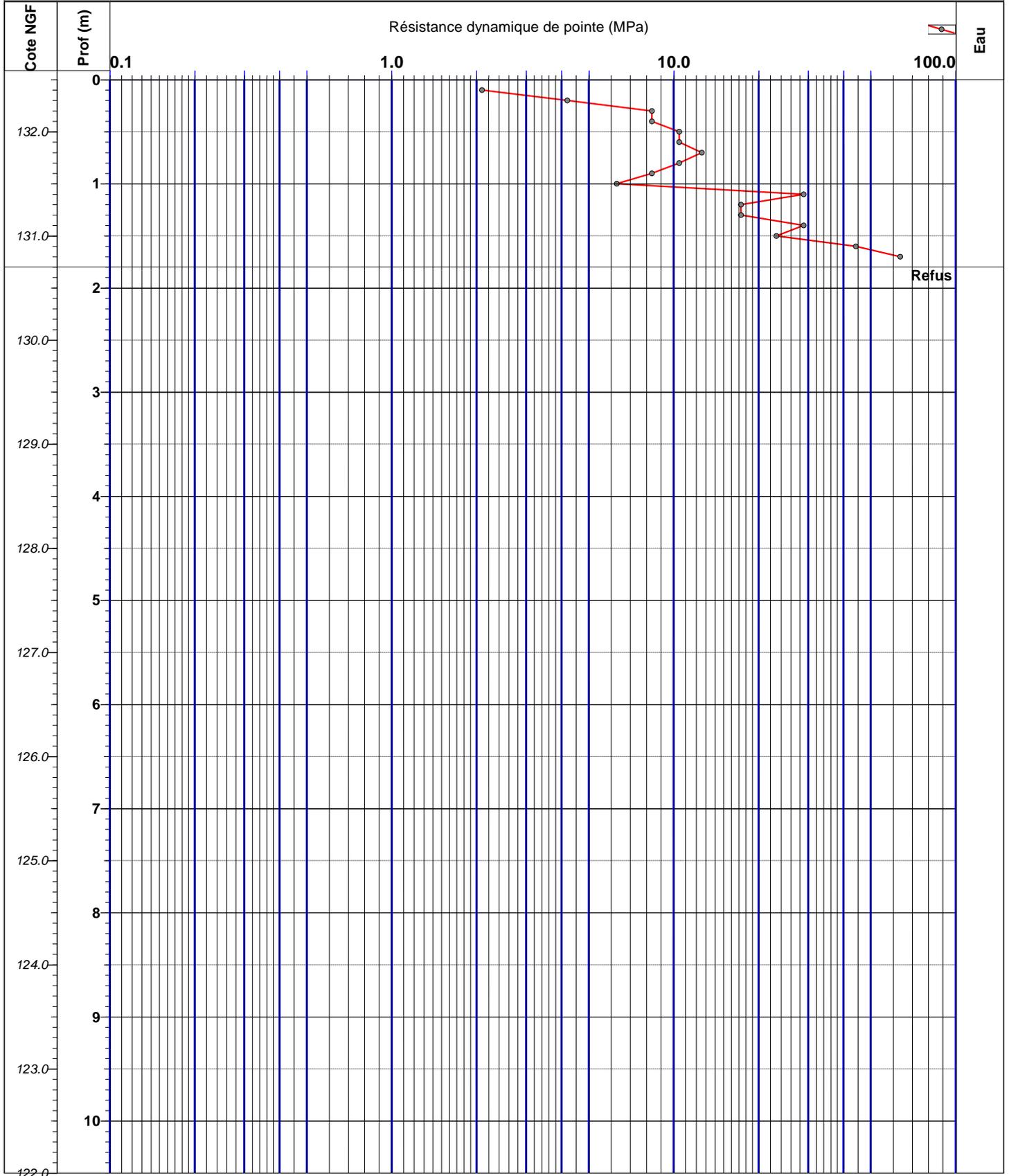
Date : 27/09/18

Début : 0,00 m

Fin : 1,80 m

Echelle : 1 / 50

Page: 1 / 1





Client : IDEC

Etude : PLOUAGAT (22)

Remarque :

X :

Y :

Z : 134,70 m

Inclinaison :

Machine : GEOTOOL GTR 790

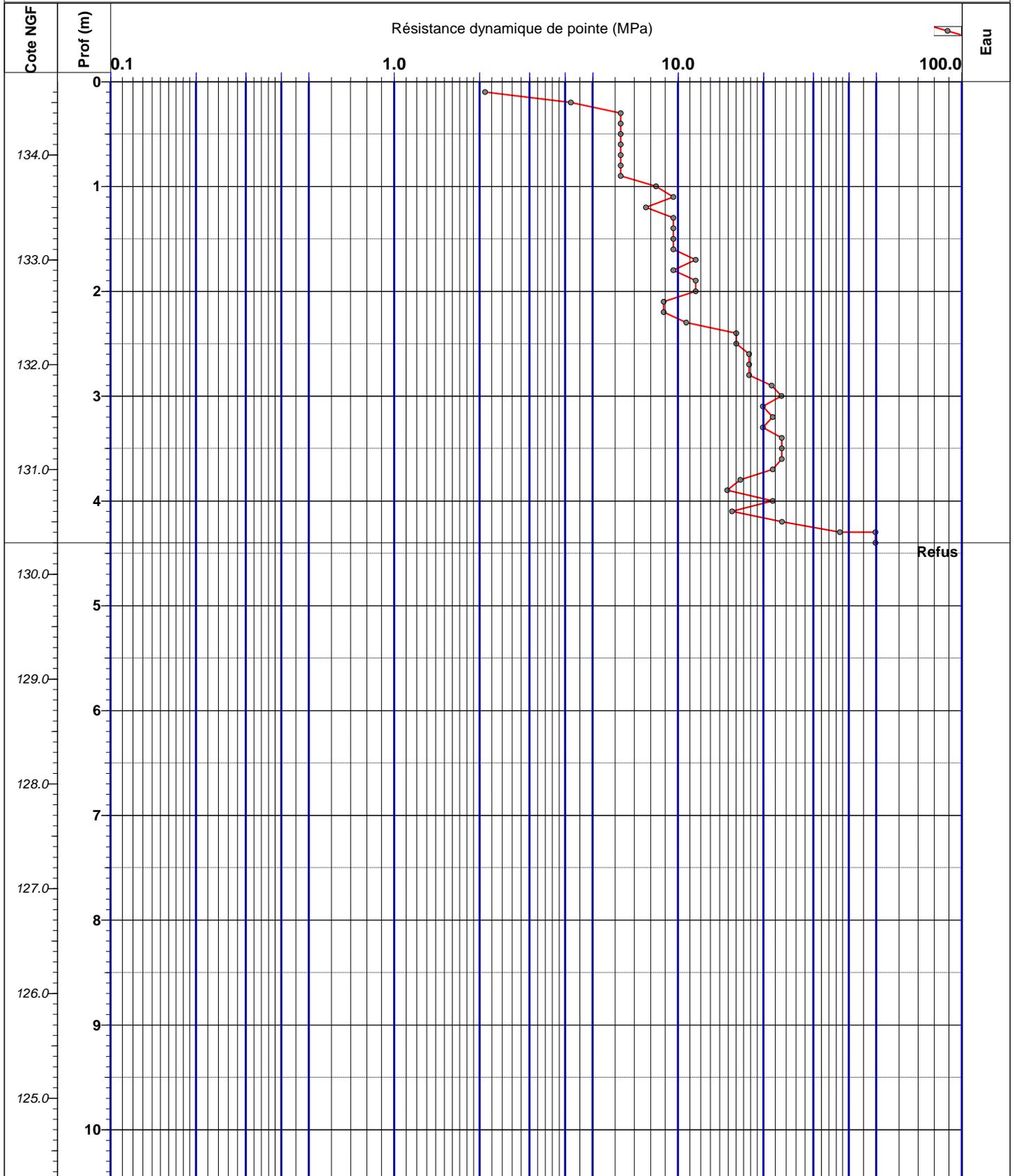
Date : 27/09/18

Début : 0,00 m

Fin : 4,40 m

Echelle : 1 / 50

Page: 1 / 1





**SONDAGE : PD7**

Type : **Pénétromètre dynamique**

Client : IDEC

Etude : PLOUAGAT (22)

Remarque :

X :  
Y :  
Z : 135,70 m  
Inclinaison :

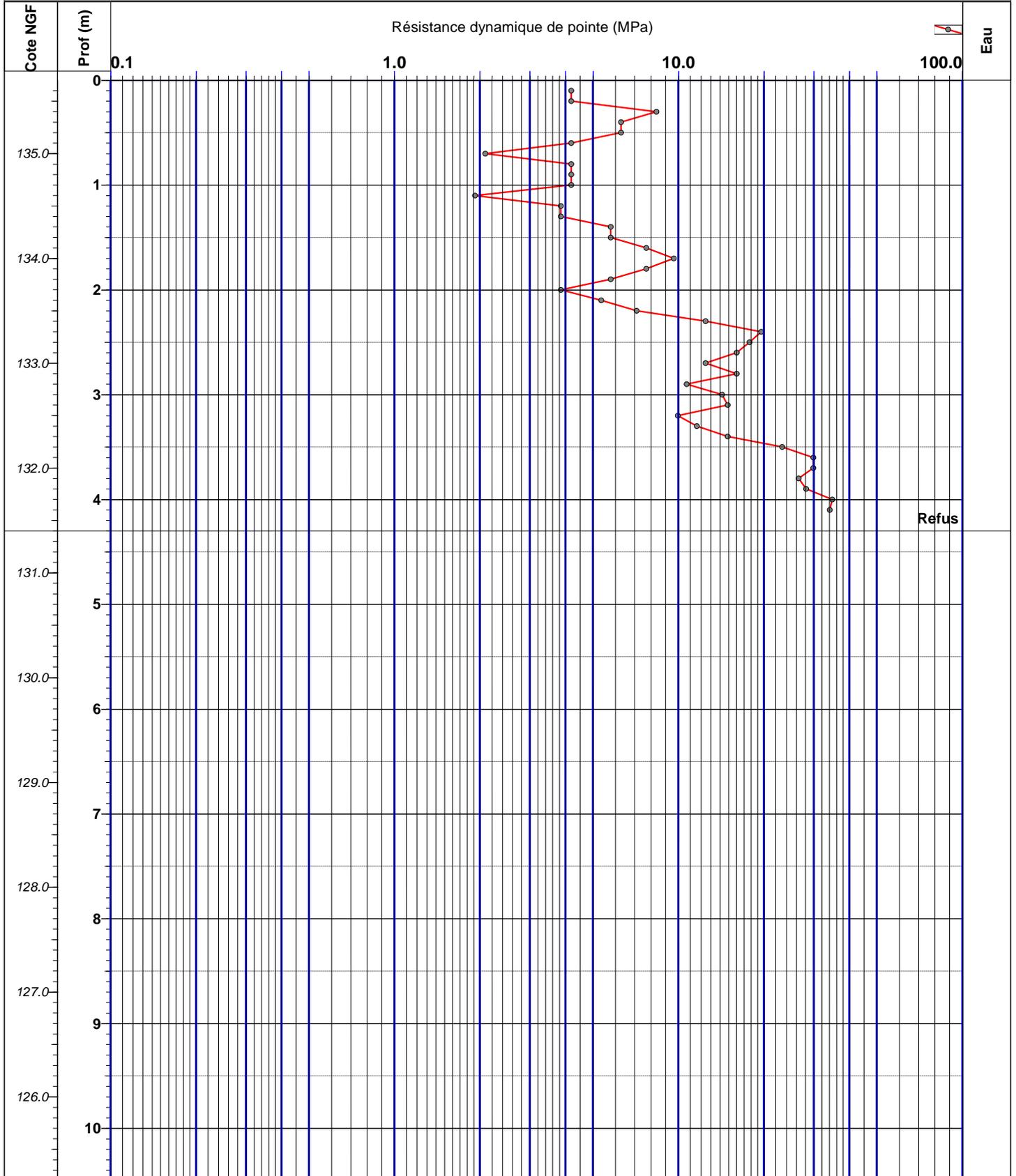
Machine : GEOTOOL GTR 790

Date : 27/09/18

Début : 0,00 m

Fin : 4,30 m

Echelle : 1 / 50





Client : IDEC

Etude : PLOUAGAT (22)

Remarque :

X :

Y :

Z : 130,10 m

Inclinaison :

Machine : GEOTOOL GTR 790

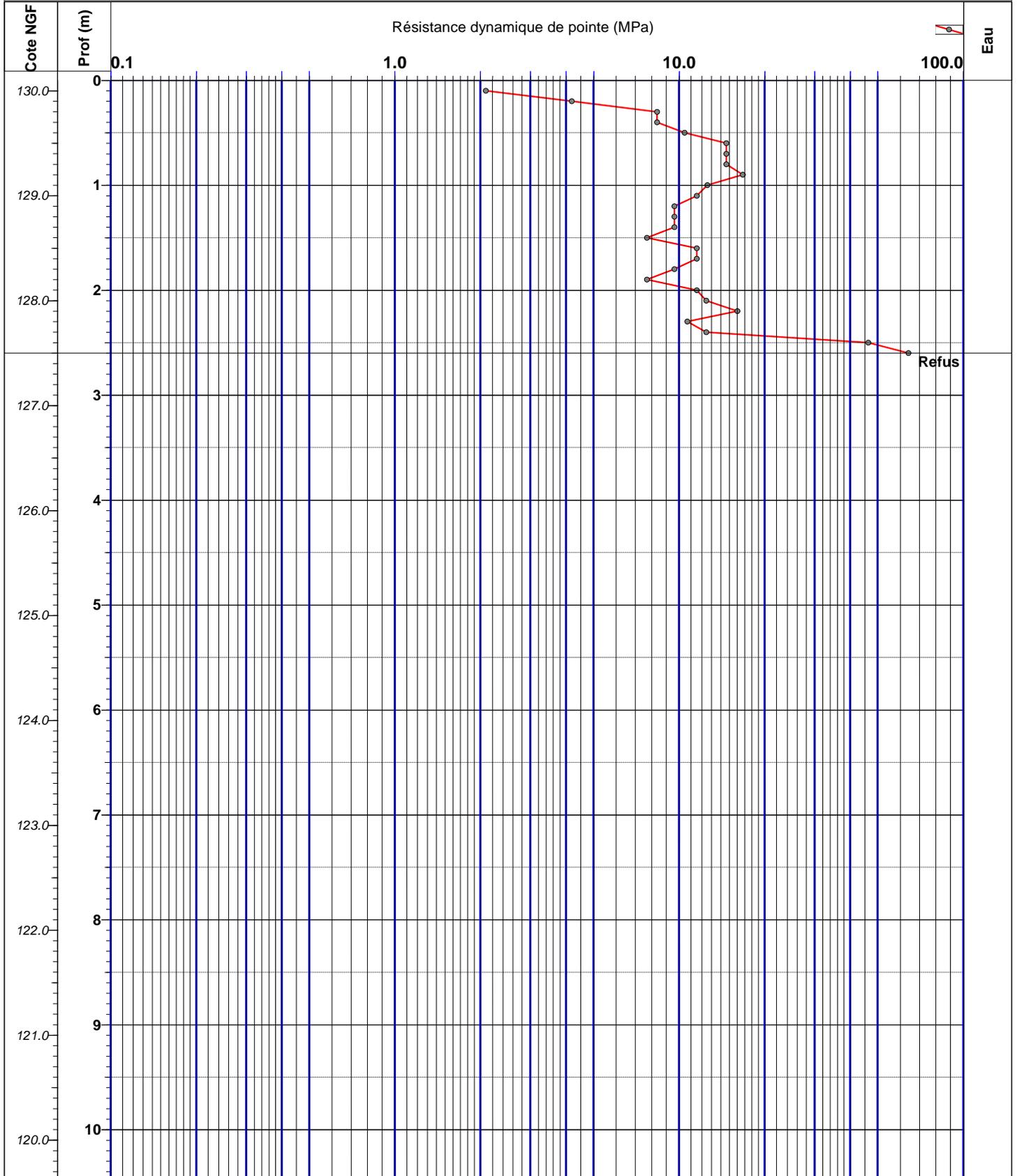
Date : 27/09/18

Début : 0,00 m

Fin : 2,60 m

Echelle : 1 / 50

Page: 1 / 1





**SONDAGE : PD9**

Type : **Pénétromètre dynamique**

Client : IDEC

Etude : PLOUAGAT (22)

Remarque :

X :

Y :

Z : 132,70 m

Inclinaison :

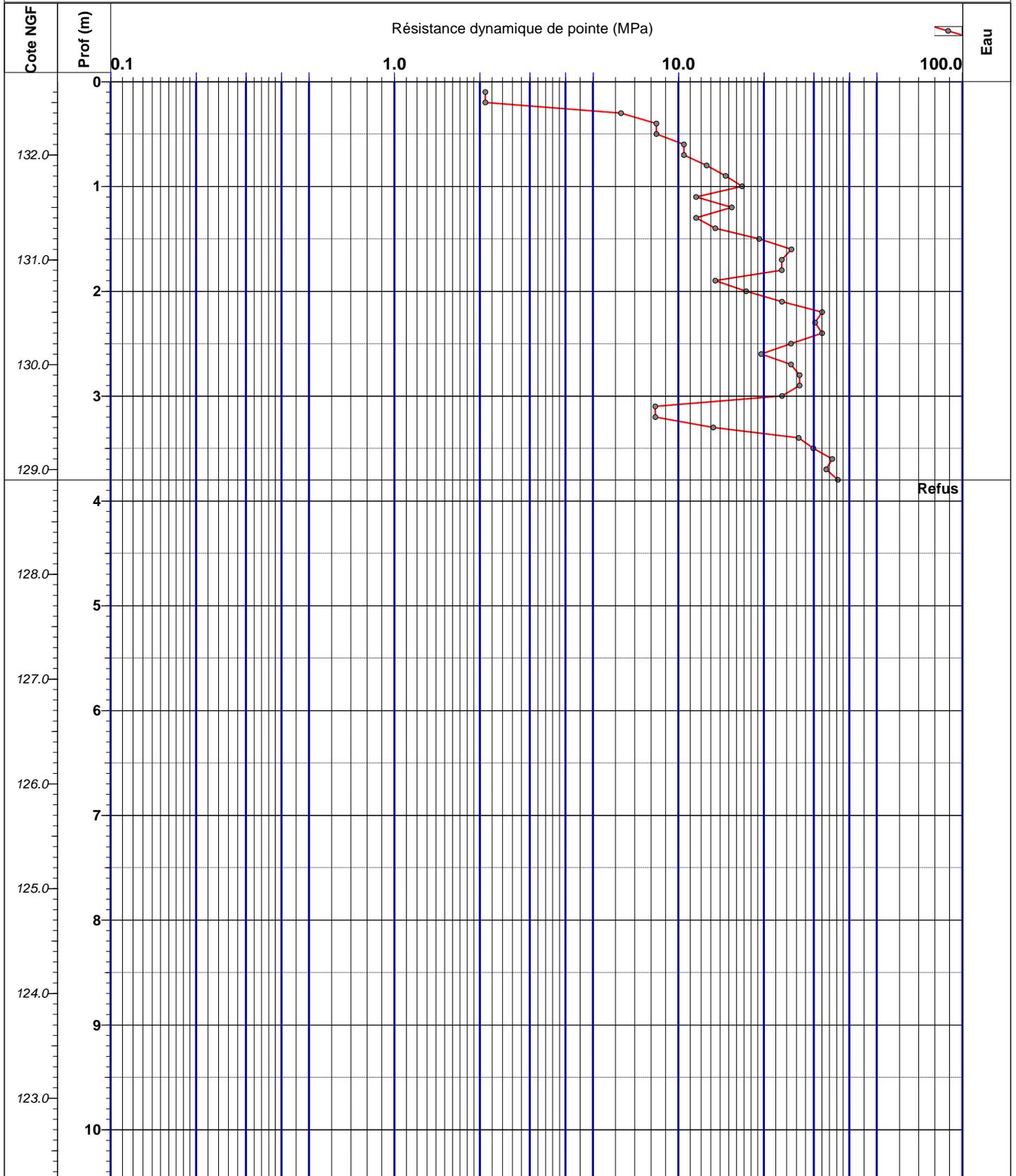
Machine : GEOTOOL GTR 790

Date : 27/09/18

Début : 0,00 m

Fin : 3,80 m

Echelle : 1 / 50





Client : IDEC

Etude : PLOUAGAT (22)

X :  
Y :  
Z : 128,00 m

Inclinaison :

Machine : GEOTOOL GTR 790

Date : 27/09/18

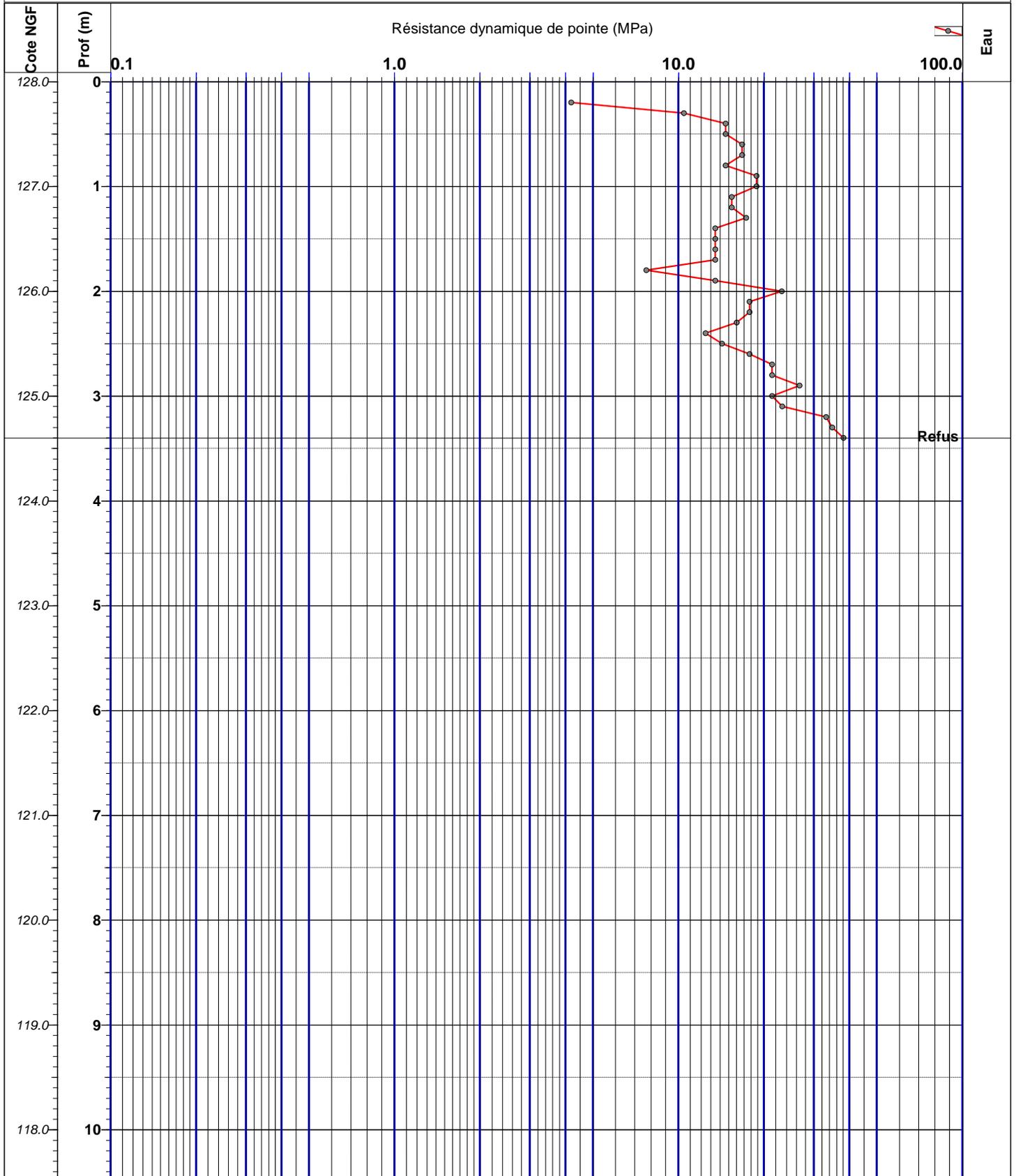
Début : 0,00 m

Fin : 3,40 m

Echelle : 1 / 50

Remarque :

Page: 1 / 1







## PRISES DE VUES SONDAGES A LA PELLE

### PM1







## PRISES DE VUES SONDAGES A LA PELLE

### PM2







## PRISES DE VUES SONDAGES A LA PELLE

### PM3







## PRISES DE VUES SONDAGES A LA PELLE

### PM4







## PRISES DE VUES SONDAGES A LA PELLE

### PM5







**PRISES DE VUES SONDAGES A LA PELLE**

**PM6**





## PRISES DE VUES SONDAGES A LA PELLE

### PM7







## PRISES DE VUES SONDAGES A LA PELLE

### PM9





# SONDAGE A LA PELLE MECANIQUE

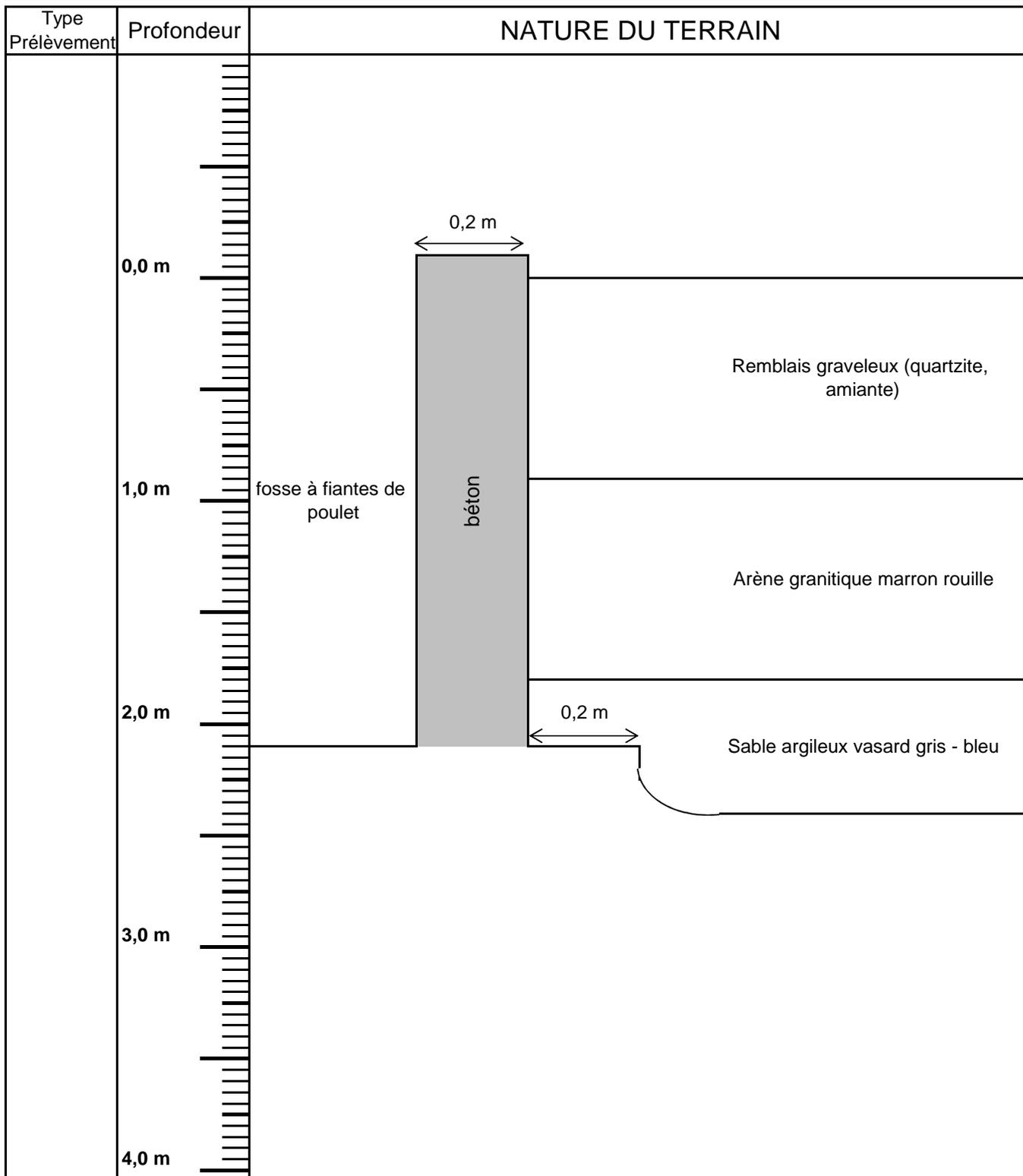
N° de sondage : **PM9** Pelle : **Mini-pelle** Puissance : **6,5 tonnes**

Niveau eau : **2,3 m**

Observations :

Tenue des parois :

<input type="checkbox"/>	bonne
<input type="checkbox"/>	mauvaise







## PRISES DE VUES SONDAGES A LA PELLE

### PM10





**PRISES DE VUES SONDAGES A LA PELLE**

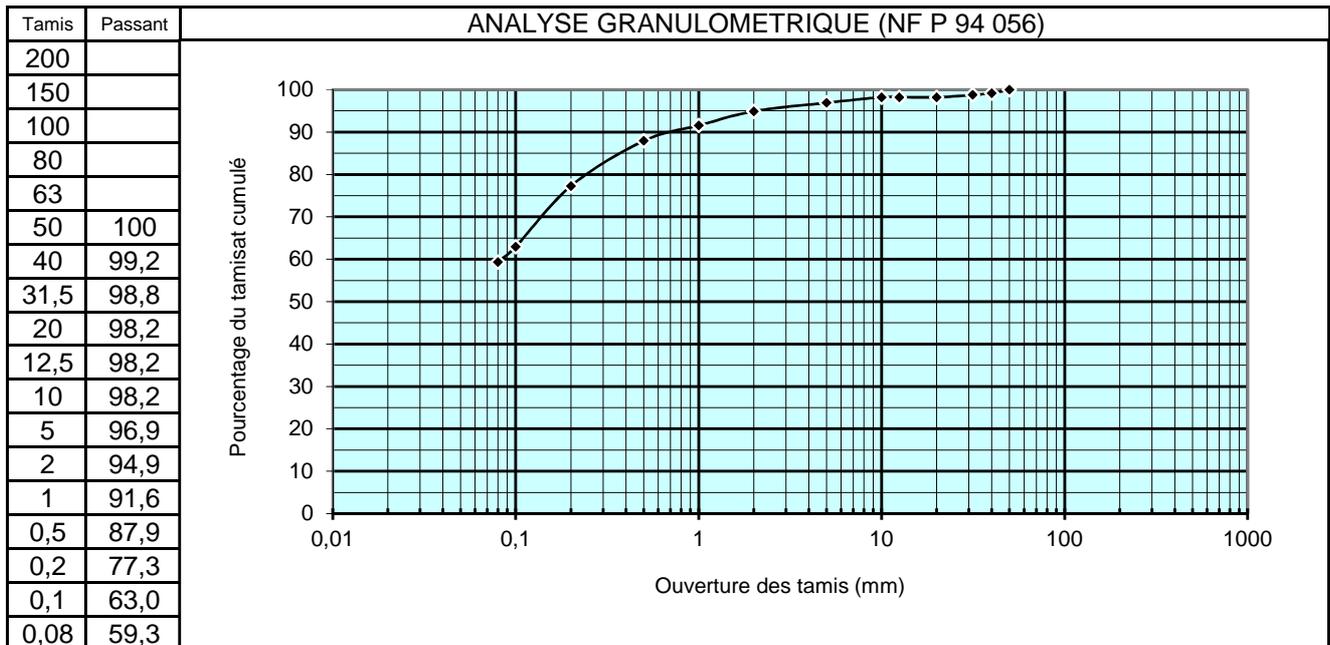
**PM11**



## **Annexe 5 : Essais en laboratoire**

## ESSAIS D'IDENTIFICATION SUR SOLS

Nature des matériaux :	Limon sableux	Date du prélèvement : 26/09/2018
Provenance des matériaux :	<b>PM2</b>	Date des essais : 08/10/2018
Profondeurs :	1 m	Opérateurs : MDUS
Observations :	marron orangé	



AUTRES PARAMETRES D'IDENTIFICATION			
Norme	Essai	Résultat	Spécification
NF P 94 056	Passant à 0,08 mm sur fraction 0/50 =	59,3%	
NF P 94 056	D max =	50,0 mm	
NF P 94 056	Coefficient d'uniformité Cu =		
NF P 94 050	Teneur en eau sur 0/20	24,3%	
NF P 94 068	Valeur au bleu VBS =	1,40	
NF P 94 051	Limites d'Atterberg wL =		
NF P 94 051	Limites d'Atterberg wP =		
NF P 94 051	Indice de plasticité Ip =		
NF P 94 051	Indice de consistance Ic =		
NF EN 933-8	Equivalent de sable ES =		
NF P 94 078	Indice Portant Immédiat (IPI / pd)	/	
NF P 94-055	Teneur en matières organiques		
<b>CLASSIFICATION GTR :</b>		<b>A1</b>	

Observations :



## COMPTE RENDU D'ESSAI PROCTOR NF P 94 093

Nature des matériaux :

Limon sableux

Date du prélèvement : 26/09/2018

Classification GTR :

**A1**

Date des essais : 10/10/2018

Provenance des matériaux :

**PM2**

Opérateurs : MRA

Profondeur :

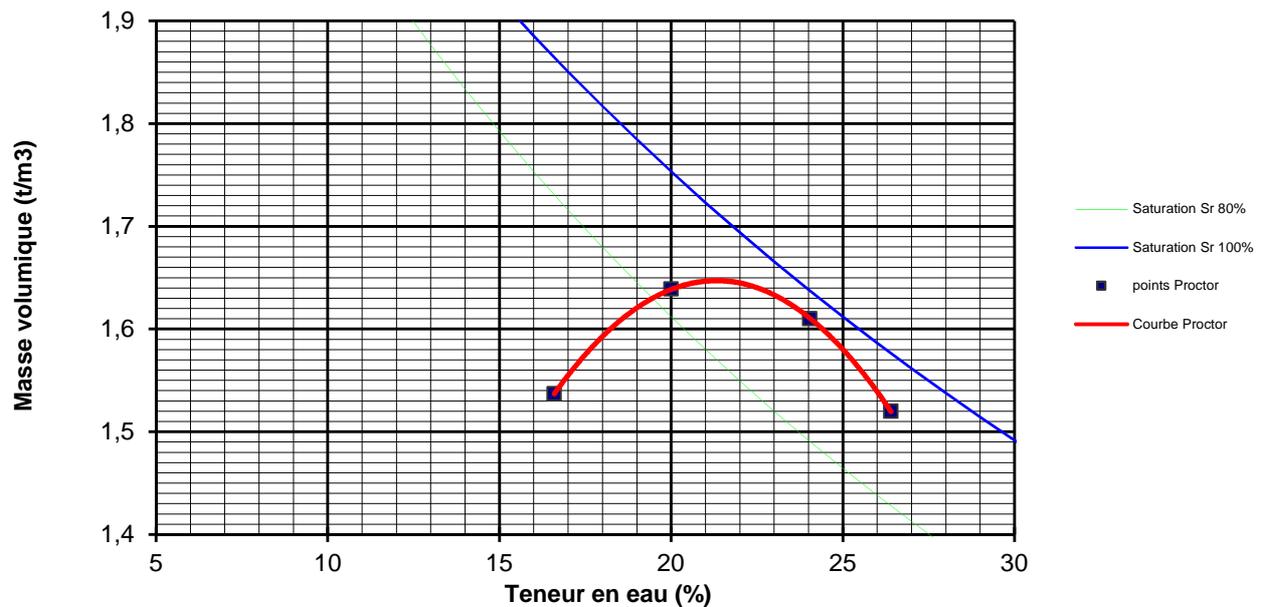
1 m

Observations :

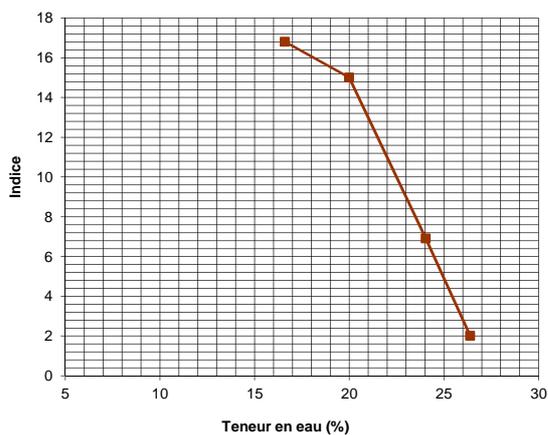
marron orangé

Teneur en eau	16,6	20,0	24,0	26,4			%		Energie : Normale
Masse volumique sèche	1,54	1,64	1,61	1,52			t/m <sup>3</sup>		Moule : CBR
Teneur en eau							%		
Masse volumique sèche							t/m <sup>3</sup>		$\rho_s$ estimée 2,70 t/m3
Poinçonnement IPI	16,8	15	6,9	2					W% naturelle 24,3 %

### Proctor



### Poinçonnement



### Résultats :

Sur la fraction 0/20  $\rho_d$  OPN= 1,65 t/m3  
W OPN= 21,3 %

% de la fraction 20/D **0 %**

Sur la fraction 0/D  $\rho_d'$  OPN= 1,65 t/m3  
W' OPN= 21,3 %

### Observations :

## POINCONNEMENT CBR ou IPI - Immersion NF P 94-078

Provenance échantillon : <b>PM2 - 1,5 m</b>	Date du prélèvement : 26/09/2018
Nature du matériau : <b>Limon sableux + 1,5% chaux</b>	Date de l'essai : 18/10/2018
Opérateurs : Lda	

### CONFECTION DU MOULE

INDICE :  
ENERGIE :



CBR  
normale

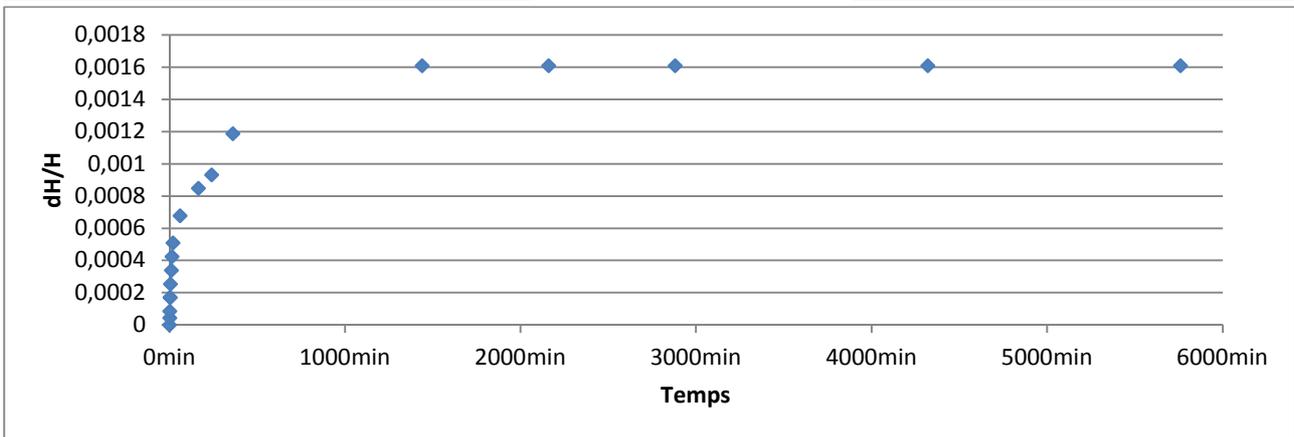


IPI  
modifiée

<b>Moule</b>	Poids total humide :	15540
	Poids du moule :	11394
	Poids du sol humide :	4146
	Volume du moule :	2114
	$\rho_{\text{humide}} (t/m^3)$ :	1,961
	$\rho_{\text{sèche}} (t/m^3)$ :	<b>1,598</b>

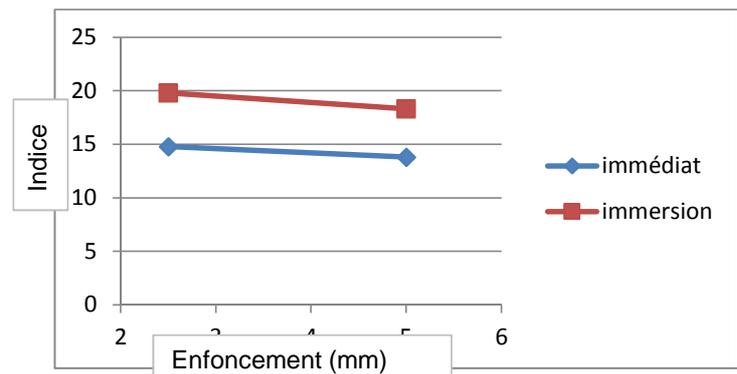
<b>Teneur en eau</b>	PH :	286
	PS :	233
	W% :	<b>22,7%</b>

	Lecture	Indice
E 2.5 mm	33	14,8
E 5 mm	46	13,8
Indice immédiat	<b>14,8</b>	



### MOULE APRES IMMERSION

<b>Teneur en eau</b>	PH :	675
	PS :	537
	W% :	<b>25,7%</b>



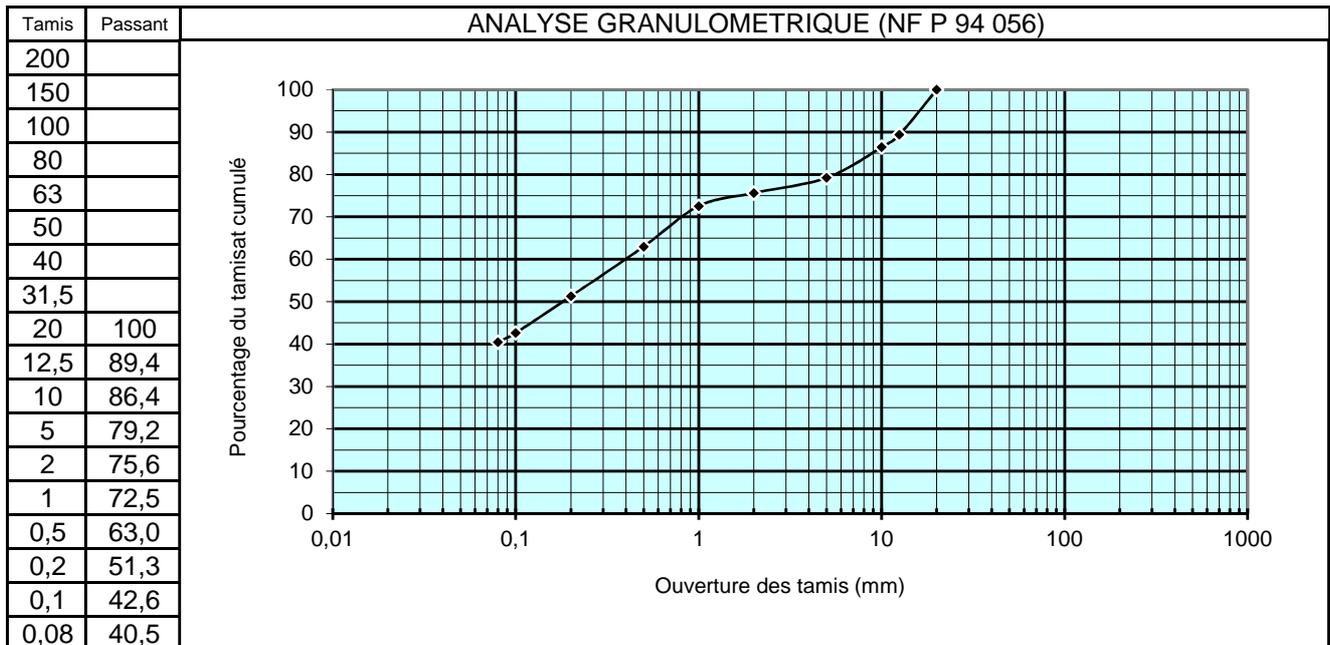
	Lecture	Indice
E 2.5 mm	61	19,8
E 5 mm	84	18,3
Indice immersion	<b>19,8</b>	

<b>Déformation</b>
$G = \Delta H/H * 100$
<b>G = 0,161%</b>

Remarque :

## ESSAIS D'IDENTIFICATION SUR SOLS

Nature des matériaux :	Limon sableux	Date du prélèvement :	26/09/2018
Provenance des matériaux :	<b>PM3</b>	Date des essais :	08/10/2018
Profondeurs :	2 m	Opérateurs :	MDUS
Observations :	marron orangé		



### AUTRES PARAMETRES D'IDENTIFICATION

Norme	Essai	Résultat	Spécification
NF P 94 056	Passant à 0,08 mm sur fraction 0/50 =	40,5%	
NF P 94 056	D max =	20,0 mm	
NF P 94 056	Coefficient d'uniformité Cu =		
NF P 94 050	Teneur en eau sur 0/20	18,1%	
NF P 94 068	Valeur au bleu VBS =	1,72	
NF P 94 051	Limites d'Atterberg wL =		
NF P 94 051	Limites d'Atterberg wP =		
NF P 94 051	Indice de plasticité Ip =		
NF P 94 051	Indice de consistance Ic =		
NF EN 933-8	Equivalent de sable ES =		
NF P 94 078	Indice Portant Immédiat (IPI / pd)	/	
NF P 94-055	Teneur en matières organiques		

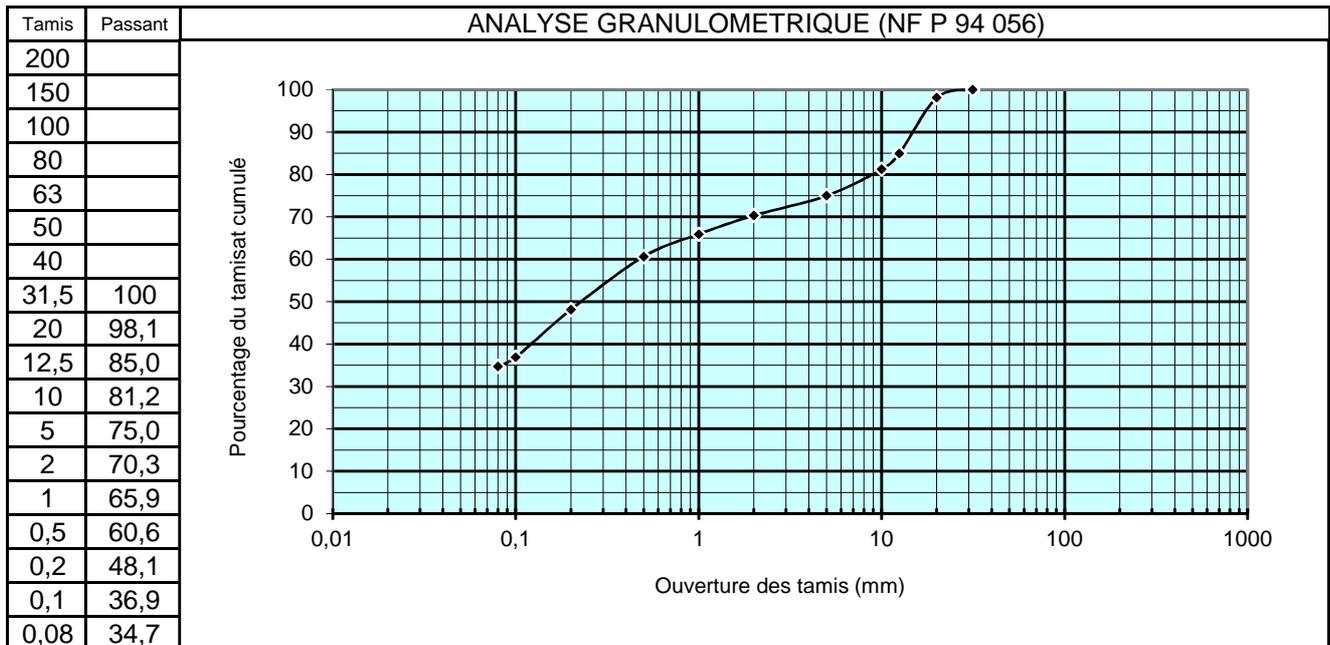
**CLASSIFICATION GTR :**

**A1**

Observations :

## ESSAIS D'IDENTIFICATION SUR SOLS

Nature des matériaux : Limon sablo-graveleux      Date du prélèvement : 26/09/2018  
Provenance des matériaux : **PM7**      Date des essais : 09/10/2018  
Profondeurs : 1,5 m      Opérateurs : MDUS  
Observations : marron orangé, gris (boulette d'argile) (Arène)



### AUTRES PARAMETRES D'IDENTIFICATION

Norme	Essai	Résultat	Spécification
NF P 94 056	Passant à 0,08 mm sur fraction 0/50 =	34,7%	
NF P 94 056	D max =	31,5 mm	
NF P 94 056	Coefficient d'uniformité Cu =		
NF P 94 050	Teneur en eau sur 0/20	16,8%	
NF P 94 068	Valeur au bleu VBS =	1,19	
NF P 94 051	Limites d'Atterberg wL =		
NF P 94 051	Limites d'Atterberg wP =		
NF P 94 051	Indice de plasticité Ip =		
NF P 94 051	Indice de consistance Ic =		
NF EN 933-8	Equivalent de sable ES =		
NF P 94 078	Indice Portant Immédiat (IPI / pd)	/	
NF P 94-055	Teneur en matières organiques		

**CLASSIFICATION GTR :**

**B5 / A1**

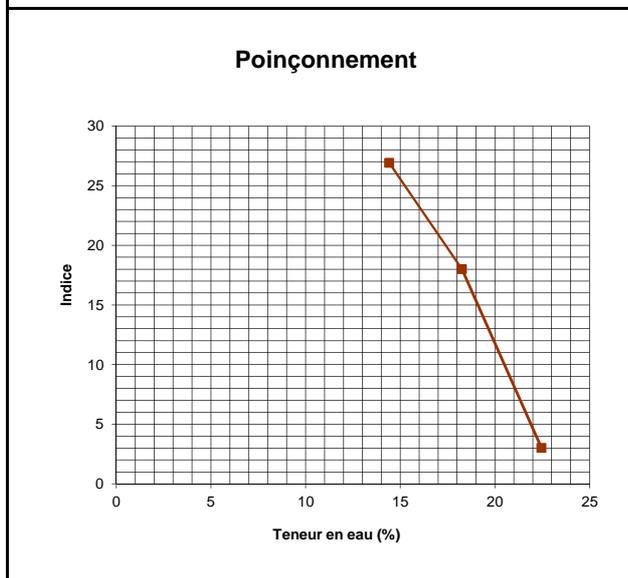
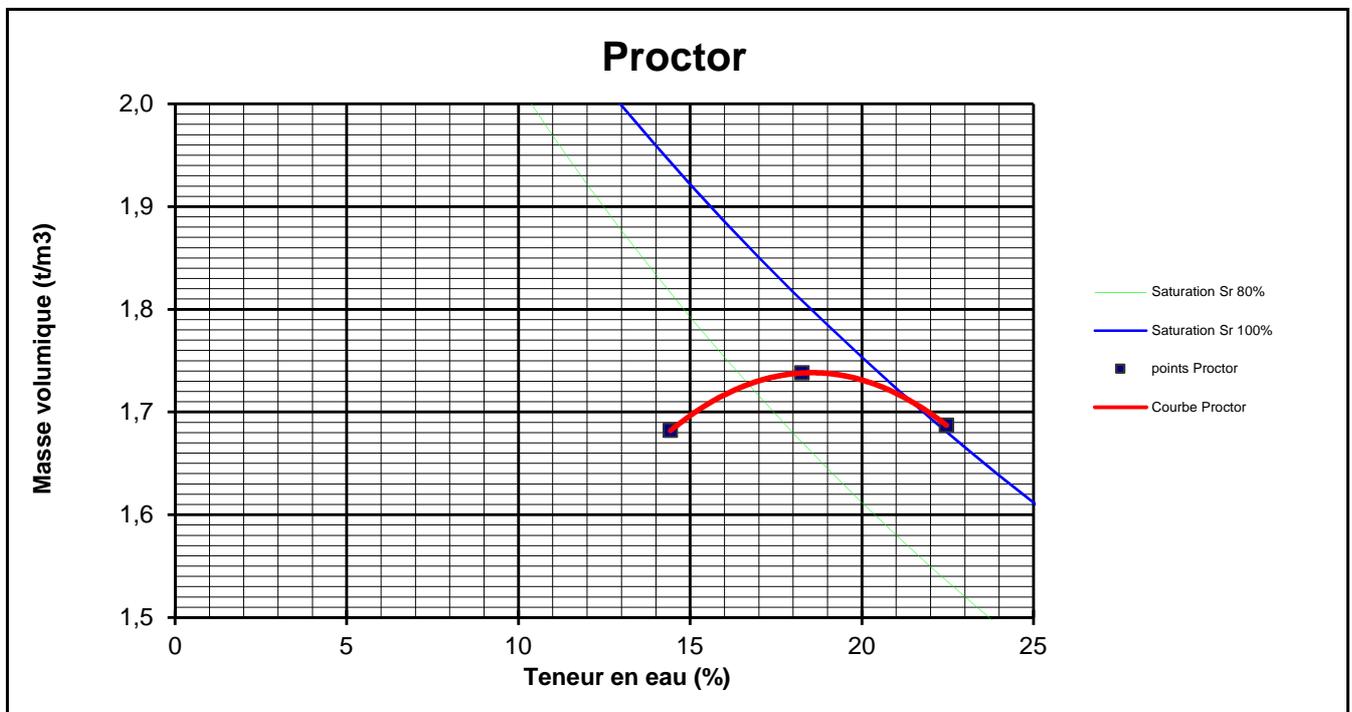
Observations :



## COMPTE RENDU D'ESSAI PROCTOR NF P 94 093

Nature des matériaux :	Limons sablo-graveleux	Date du prélèvement :	26/09/2018
Classification GTR :	<b>B5 / A1</b>	Date des essais :	15/10/2018
Provenance des matériaux :	<b>PM7</b>	Opérateurs :	MRA
Profondeur :	1,5 m		
Observations :	marron orangé, boulettes argile (Arène)		

Teneur en eau	14,4	18,3	22,5				%		Energie :	Normale
Masse volumique sèche	1,68	1,74	1,69				t/m <sup>3</sup>		Moule :	CBR
Teneur en eau							%			
Masse volumique sèche							t/m <sup>3</sup>		ρs estimée	2,70 t/m3
Poinçonnement IPI	26,9	18	3						W% naturelle	16,8 %



#### Résultats :

Sur la fraction 0/20    ρd OPN= 1,74 t/m3  
                                   W OPN= 18,5 %

% de la fraction 20/D    **0 %**

Sur la fraction 0/D    ρd ' OPN= 1,74 t/m3  
                                   W' OPN= 18,5 %

#### Observations :

**POINCONNEMENT CBR ou IPI - Immersion NF P 94-078**

Provenance échantillon : **PM7** Date du prélèvement : 26/09/2018  
 Nature du matériau : **Limon sablo-graveleux + 5% ciment** Date de l'essai : 18/10/2018  
 Opérateurs : Lda

**CONFECTION DU MOULE**

INDICE :  
ENERGIE :



CBR  
normale

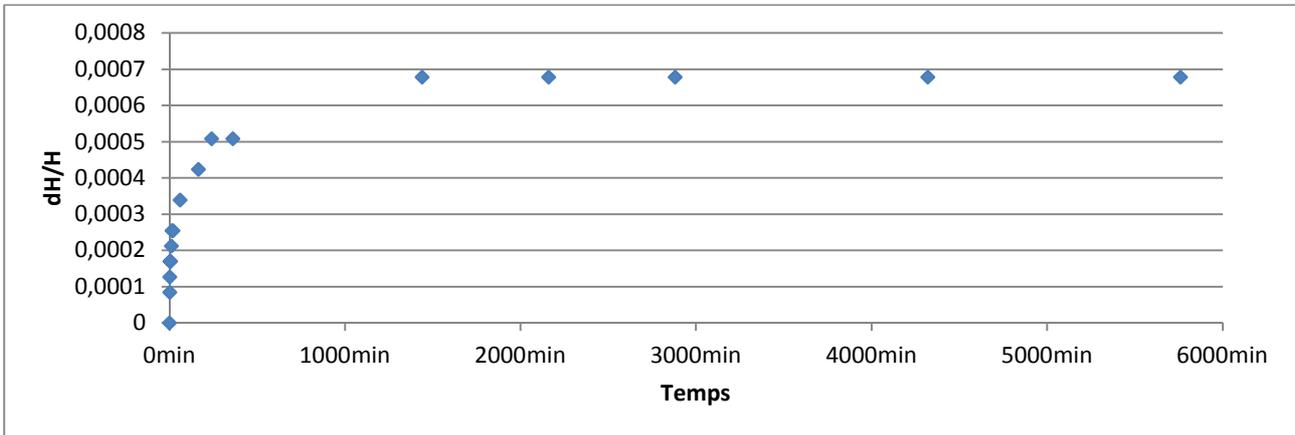


IPI  
modifiée

Moule	Poids total humide :	15667
	Poids du moule :	11322
	Poids du sol humide :	4345
	Volume du moule :	2114
	$\rho_{\text{humide}} (t/m^3)$ :	2,055
	$\rho_{\text{sèche}} (t/m^3)$ :	<b>1,733</b>

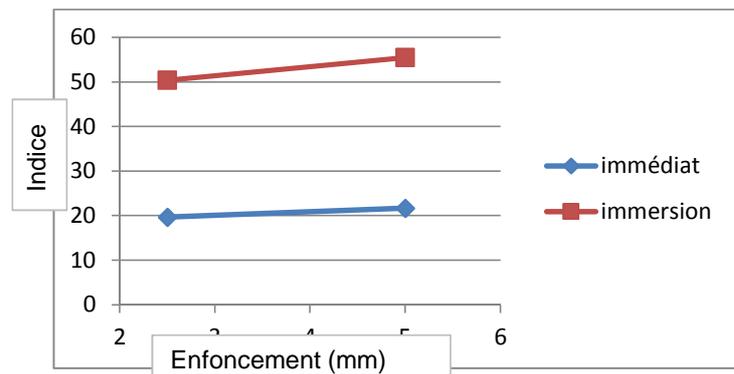
Teneur en eau	PH :	255
	PS :	215
	W% :	<b>18,6%</b>

	Lecture	Indice
E 2.5 mm	44	19,7
E 5 mm	72	21,7
Indice immédiat	<b>21,7</b>	



**MOULE APRES IMMERSION**

Teneur en eau	PH :	755
	PS :	627
	W% :	<b>20,4%</b>



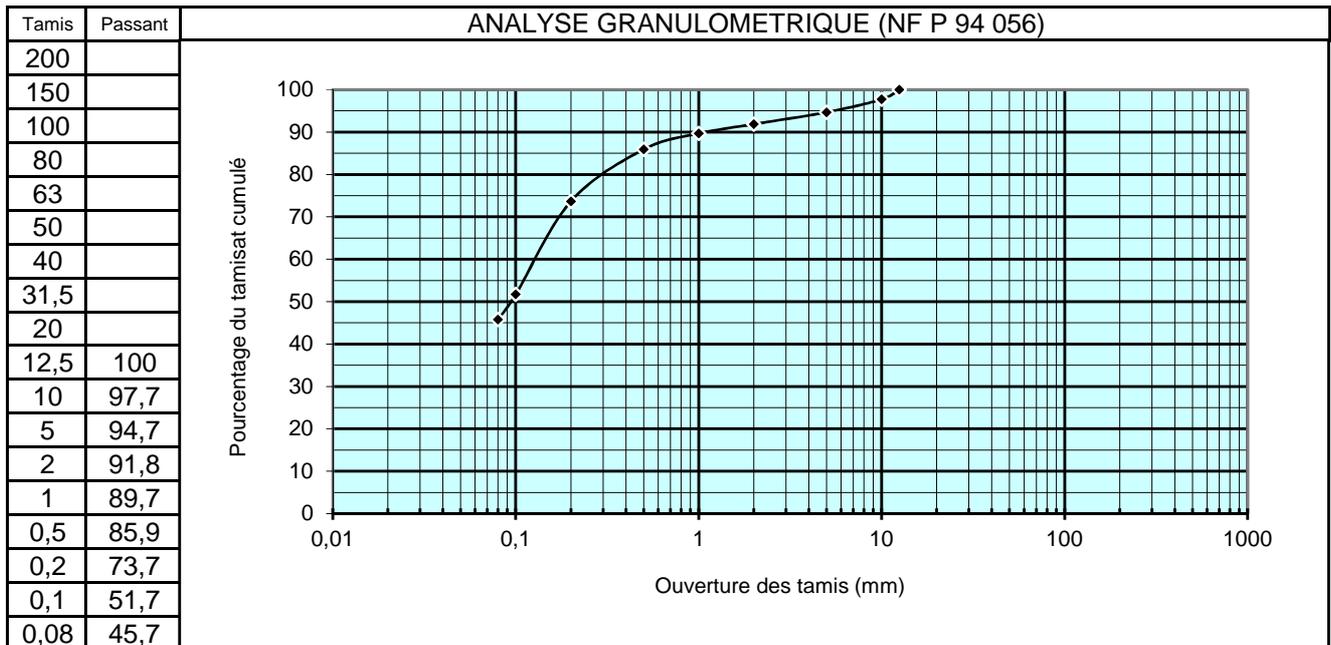
	Lecture	Indice
E 2.5 mm	155	50,4
E 5 mm	255	55,5
Indice immersion	<b>55,5</b>	

<b>Déformation</b>	
$G = \Delta H/H * 100$	
$G =$ <b>0,068%</b>	

Remarque :

## ESSAIS D'IDENTIFICATION SUR SOLS

Nature des matériaux :	Limons sableux	Date du prélèvement :	26/09/2018
Provenance des matériaux :	<b>PM8</b>	Date des essais :	08/10/2018
Profondeurs :	2 m	Opérateurs :	MDUS
Observations :	marron gris		



AUTRES PARAMETRES D'IDENTIFICATION			
Norme	Essai	Résultat	Spécification
NF P 94 056	Passant à 0,08 mm sur fraction 0/50 =	45,7%	
NF P 94 056	D max =	12,5 mm	
NF P 94 056	Coefficient d'uniformité Cu =		
NF P 94 050	Teneur en eau sur 0/20	16,0%	
NF P 94 068	Valeur au bleu VBS =	1,09	
NF P 94 051	Limites d'Atterberg wL =		
NF P 94 051	Limites d'Atterberg wP =		
NF P 94 051	Indice de plasticité Ip =		
NF P 94 051	Indice de consistance Ic =		
NF EN 933-8	Equivalent de sable ES =		
NF P 94 078	Indice Portant Immédiat (IPI / pd)	18,6 /	1,79 t/m3
NF P 94-055	Teneur en matières organiques		
<b>CLASSIFICATION GTR :</b>		<b>A1 m</b>	

Observations :

**COMPTE RENDU D'ESSAI DE CISAILLEMENT RECTILIGNE A LA BOITE  
CISAILLEMENT DIRECT - NF P 94-071-1**

Type d'essai : **CD**

Sondage : **PM4**

Date de prélèvement : **26/09/18**

bati n° : **2**

Profondeur : **1,50 m**

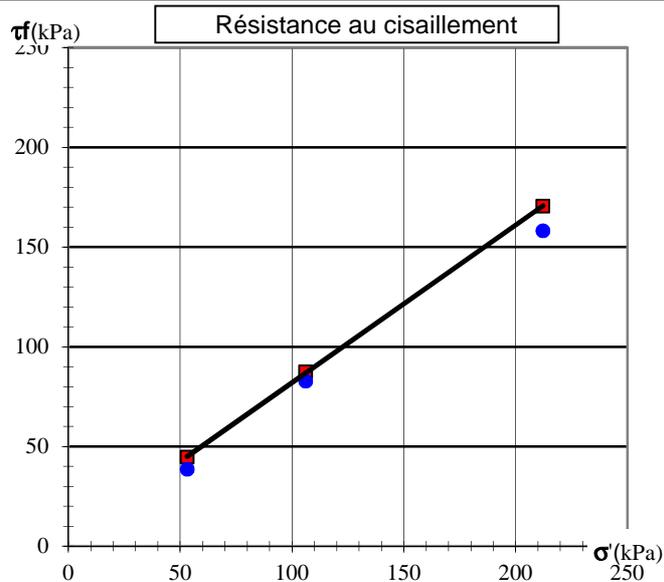
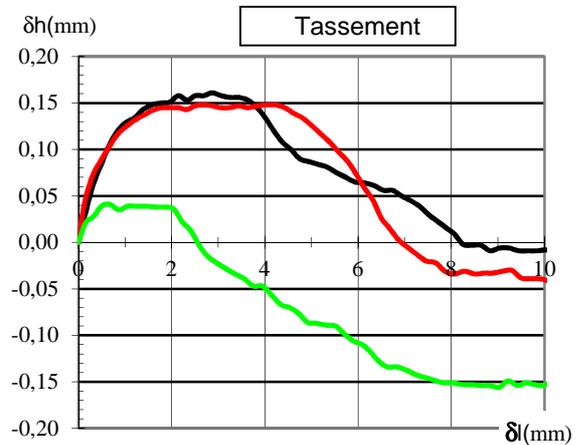
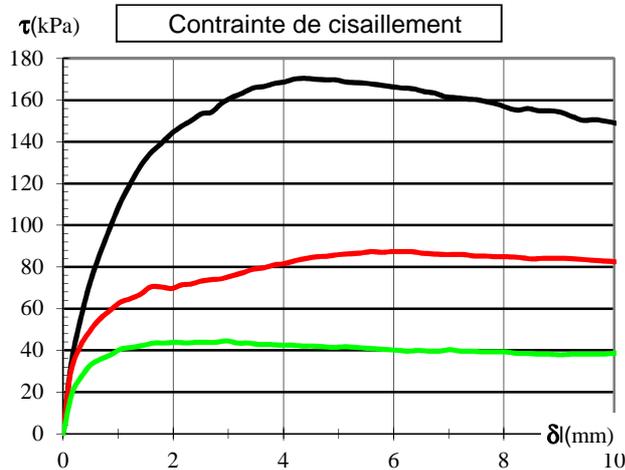
Date de l'essai : **10/10/18**

Anneau : **5 kN**

Nature du sol : **Arène granitique**

Opérateurs : **CBc**

N°	Avant essai					Après consolidation		Après cisail.	Vitesse mm/mn	$\sigma'$ (kPa)	Paramètres de résistance au cisaillement				
	Dim. ép.	D= 60 mm		ho= 21 mm		$\rho_d$ (kg/m3)	t100 (min)				w (%)	$\tau_{f,p}$ (kPa)	$\delta l_{f,p}$ (mm)	$\tau_{f,r}$ (kPa)	$\delta l_{f,r}$ (mm)
	$\rho_s$ est (kg/m3)	$\rho_d$ (kg/m3)	w (%)	e	Sr (%)										
<b>1</b>	2700	1671	11,6%	0,62	50,7	1674	2,02	22,7	0,025	212,2	170,5	4,4	158,1	8,0	
<b>2</b>	2700	1633	13,7%	0,65	56,7	1645	1,35	24,3	0,025	106,1	87,4	5,6	82,8	10,0	
<b>3</b>	2700	1655	12,5%	0,63	53,7	1613	2,40	25,5	0,025	53,1	44,6	3,0	38,6	10,0	
<b>4</b>															
<b>5</b>															



■ Résistances pour le critère de pic    ◆ Résistances à l'état final

Résultats	C' (kPa)		$\Phi'$ (°)	
	C'p	C'f	$\Phi'p$	$\Phi'f$
		<b>3</b>	1	<b>38</b>

C'p Cohésion effective pour le critère de pic

$\Phi'p$  Angle de frottement effectif pour le critère de pic

C'f Cohésion à l'état final

$\Phi'f$  Angle de frottement à l'état final

Le laboratoire :

Observations :

**COMPTE RENDU D'ESSAI DE CISAILLEMENT RECTILIGNE A LA BOITE  
CISAILLEMENT DIRECT - NF P 94-071-1**

Type d'essai : CD

Sondage : **PM11**

Date de prélèvement : 26/09/18

bati n° : 2

Profondeur : 1,50 m

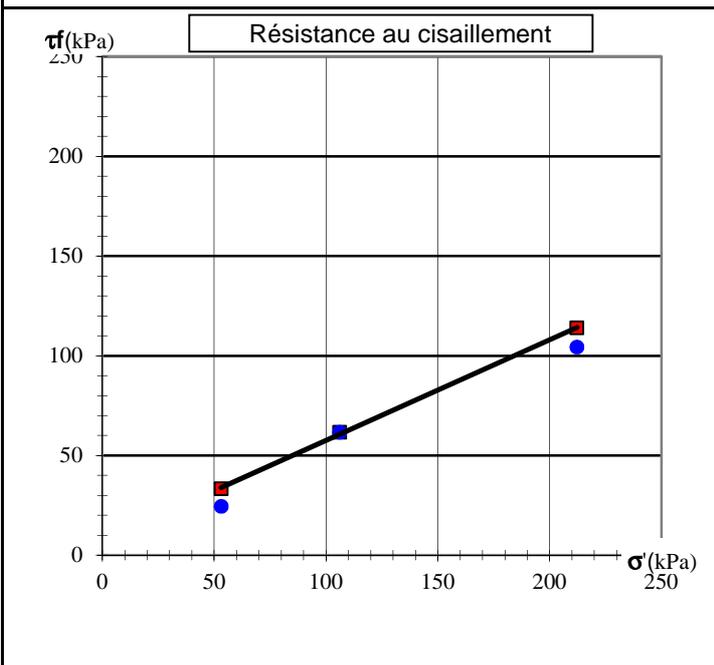
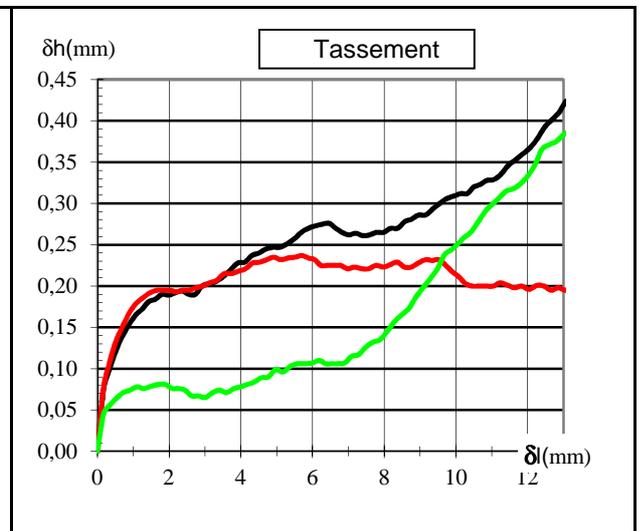
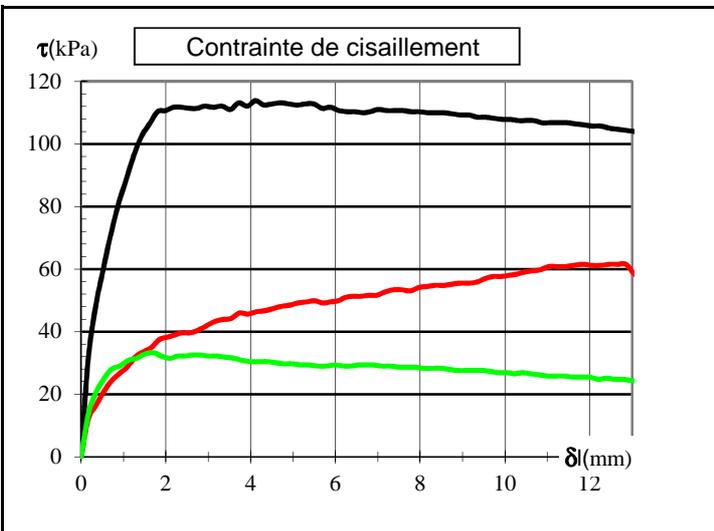
Date de l'essai : 10/10/18

Anneau : 5 kN

Nature du sol : Limon finement sableux

Opérateurs : CBc

N°	Avant essai					Après consolidation		Après cisail.	Vitesse mm/mn	$\sigma'$ (kPa)	Paramètres de résistance au cisaillement			
	Dim. ép.	D= 60 mm		ho= 20 mm		$\rho_d$ (kg/m3)	t100 (min)	w (%)			$\tau_{f,p}$ (kPa)	$\delta l_{f,p}$ (mm)	$\tau_{f,r}$ (kPa)	$\delta l_{f,r}$ (mm)
	$\rho_s$ est (kg/m3)	$\rho_d$ (kg/m3)	w (%)	e	Sr (%)									
1	2700	1341	30,7%	1,01	81,8	1331	2,02	38,3	0,025	212,2	113,9	4,1	104,3	13,0
2	2700	1325	32,5%	1,04	84,6	1333	1,35	36,9	0,025	106,1	61,5	11,8	61,5	13,0
3	2700	1368	28,1%	0,97	78,0	1287	1,07	41,4	0,025	53,1	33,2	1,7	24,4	13,0
4														
5														



■ Résistances pour le critère de pic    ◆ Résistances à l'état final

Résultats	C' (kPa)		Φ' (°)	
	C'p	C'f	Φ'p	Φ'f
	7	3	27	26

C'p Cohésion effective pour le critère de pic  
Φ'p Angle de frottement effectif pour le critère de pic  
C'f Cohésion à l'état final  
Φ'f Angle de frottement à l'état final

Le laboratoire :

Observations :

## Essai de perméabilité in-situ

SONDAGE : **PM4 - 2,6 m**

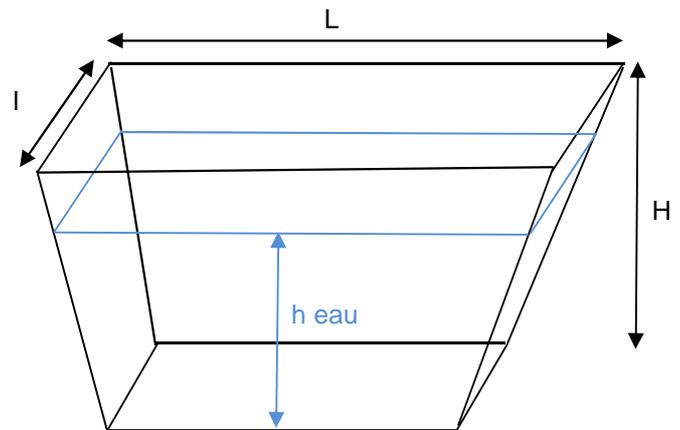
DATE DE L'ESSAI : **26/09/2018**

NATURE DU TERRAIN : **Arène granitique**

OPERATEUR : **GHER**

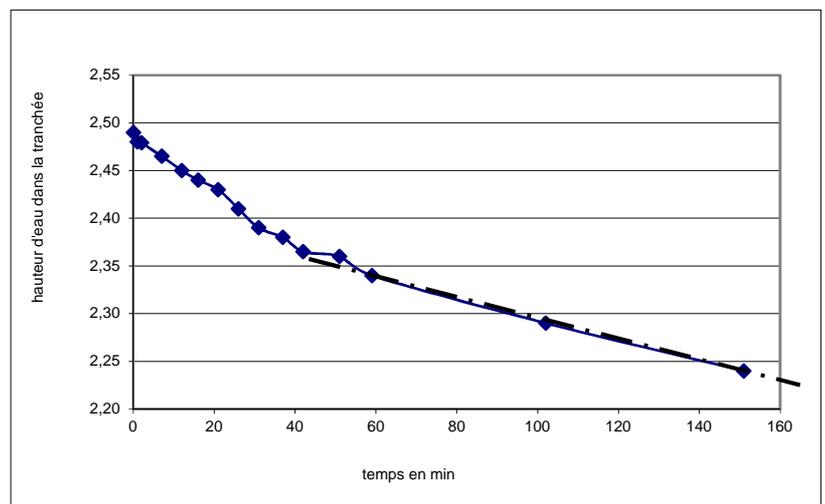
### Dimensions de la fouille

longueur L	2,00	m
largeur l	0,50	m
hauteur H	2,60	m
surface	1,00	m <sup>2</sup>
Section hydraulique a	0,2	a=L*I/2(L+l)
Volume d'eau	2,49	m <sup>3</sup>



$$K = \frac{a}{t_2 - t_1} \times \ln \frac{h_1 + a}{h_2 + a}$$

Temps (min)	Hauteur d'eau (m)	Perméabilité K (m/s)
0	2,49	1,24E-05
1	2,48	1,24E-06
2	2,48	3,49E-06
7	2,47	3,76E-06
12	2,45	3,15E-06
16	2,44	2,53E-06
21	2,43	5,09E-06
26	2,41	5,13E-06
31	2,39	2,15E-06
37	2,38	3,89E-06
42	2,37	7,23E-07
51	2,36	3,27E-06
59	2,34	1,54E-06
102	2,29	1,38E-06
151	2,24	



**Kmoyen = 2,06E-06 m/s**

**Sol très peu perméable**

Le laboratoire:



## Essai de perméabilité in-situ

SONDAGE : **PM11 - 2,8 m**

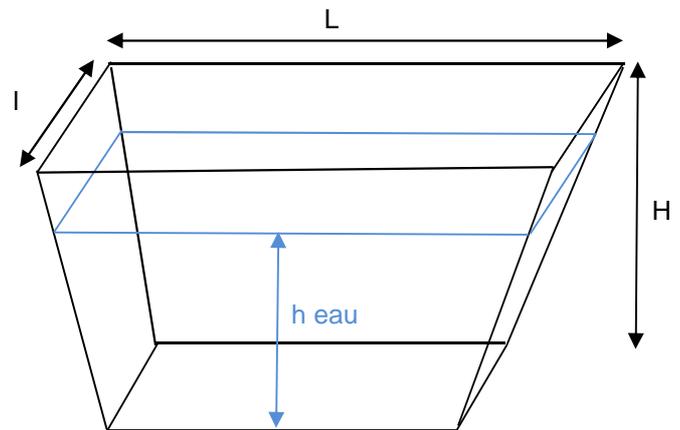
DATE DE L'ESSAI : **26/09/2018**

NATURE DU TERRAIN : **Arène granitique**

OPERATEUR : **GHER**

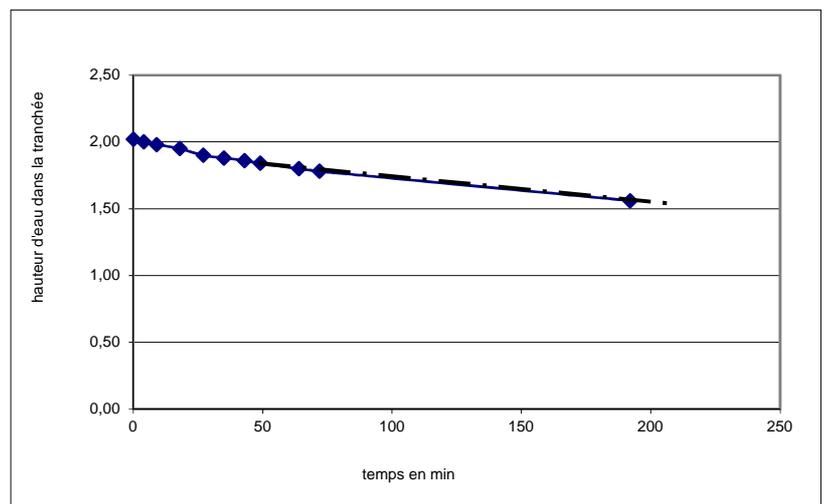
### Dimensions de la fouille

longueur L	1,50	m
largeur l	0,70	m
hauteur H	2,80	m
surface	1,05	m <sup>2</sup>
Section hydraulique a	0,2386	a=L*I/2(L+l)
Volume d'eau	2,121	m <sup>3</sup>



$$K = \frac{a}{t_2 - t_1} \times \ln \frac{h_1 + a}{h_2 + a}$$

Temps (min)	Hauteur d'eau (m)	Perméabilité K (m/s)
0	2,02	8,84E-06
4	2,00	7,14E-06
9	1,98	6,02E-06
18	1,95	1,02E-05
27	1,90	4,67E-06
35	1,88	4,72E-06
43	1,86	6,35E-06
49	1,84	5,15E-06
64	1,80	4,90E-06
72	1,78	3,82E-06
192	1,56	



**Kmoyen = 4,63E-06 m/s**

**Sol de perméabilité médiocre**

Le laboratoire:

## **Annexe 6 : Calculs des structures de voiries**

**TITRE DE L'ETUDE :**

PLOUAGAT (22)

Date : 19/10/2018

Variante :

Enregistrée sous : Etude pas encore enregistrée

**DONNEES :**

Type de voie : Voie principale avec PL

Type d'aménagement : Section courante

Chantier : Standard (Q1)

Trafic initial à la mise en service (par sens, par voie et par jour) : 300 Poids Lourds

Durée de service : 20 ans

Taux de croissance : 0 % par an

Plate-forme : PF2+

**VALEURS INTERMEDIARES :**

Nombre Cumulé de Poids Lourds : 2 190 000

Risque de calcul : 5 %

CAM : 0,80

NE arrondi : 2 000 000

**GEL :**

En condition de chantier standard (qualité Q1) :

Indice de Gel de Référence corrigé : 50 °C.j

Indice de Gel Admissible : 67 °C.j =====> Chaussée protégée au gel

Q1 / PF2+	Norme	Classe	Epaisseur
<b>Enrobés</b>			6 cm
<b>EME</b>	NF P 98-141	2	7 cm
<b>EME</b>	NF P 98-141	2	7 cm
			<b>Total = 20 cm</b>

**Commentaire du matériau : EME**

Ces enrobés étant difficiles à compacter, il faudra s'assurer de la possibilité de mise en oeuvre avec des compacteurs lourds.

**Commentaire de la structure : Enrobés/EME/EME**

Pour les épaisseurs de 6 et 7 cm, prévoir obligatoirement un EME en 0/10.

Pour les épaisseurs de 11 et 12 cm, prévoir obligatoirement un EME en 0/14.

L'épaisseur d'enrobés a été fixée en principe à :

300 000 =< NE < 1 000 000 : 5 cm,

1 000 000 < NE =< 4 000 000 : 6 cm,

NE > 4 000 000 : 8 cm.

**Station météo de référence : Rostrenen (22)**

**Type d'hiver : Hiver Rigoureux Non Exceptionnel**

**Indice de Gel brut : 50 °C.j**

**Correction taille d'agglomération : 1 (< à 100 000 Habitants)**

**Sol support**

**Géivité : Très Gélif**

**Pente de la courbe de gonflement : Infinie**

**Quantité de gel admis par le sol support : 0**

**Plateforme**

**Épaisseur : 35 cm**

**Couche de forme : Traitée**

**Quantité de gel admis par la partie non gélive de la plateforme : 3,811111**

**Apport mécanique de la chaussée**

**En condition de chantier standard (qualité Q1) : 0,2**

**TITRE DE L'ETUDE :**

PLOUAGAT (22)

Date : 19/10/2018

Variante :

Enregistrée sous : Etude pas encore enregistrée

**DONNEES :**

Type de voie : Voie principale avec PL

Type d'aménagement : Section courante

Chantier : Standard (Q1)

Trafic initial à la mise en service (par sens, par voie et par jour) : 300 Poids Lourds

Durée de service : 20 ans

Taux de croissance : 0 % par an

Plate-forme : PF2+

**VALEURS INTERMEDIAIRES :**

Nombre Cumulé de Poids Lourds : 2 190 000

Risque de calcul : 5 %

CAM : 0,80

NE arrondi : 2 000 000

**GEL :**

En condition de chantier standard (qualité Q1) :

Indice de Gel de Référence corrigé : 50 °C.j

Indice de Gel Admissible : 68 °C.j =====> Chaussée protégée au gel

Q1 / PF2+	Norme	Classe	Epaisseur
Enrobés			6 cm
EME	NF P 98-141	2	7 cm
EME	NF P 98-141	2	7 cm
			<b>Total = 20 cm</b>

**Commentaire du matériau : EME**

Ces enrobés étant difficiles à compacter, il faudra s'assurer de la possibilité de mise en oeuvre avec des compacteurs lourds.

**Commentaire de la structure : Enrobés/EME/EME**

Pour les épaisseurs de 6 et 7 cm, prévoir obligatoirement un EME en 0/10.

Pour les épaisseurs de 11 et 12 cm, prévoir obligatoirement un EME en 0/14.

L'épaisseur d'enrobés a été fixée en principe à :

300 000 =< NE < 1 000 000 : 5 cm,

1 000 000 < NE =< 4 000 000 : 6 cm,

NE > 4 000 000 : 8 cm.

**Station météo de référence : Rostrenen (22)**

**Type d'hiver : Hiver Rigoureux Non Exceptionnel**

**Indice de Gel brut : 50 °C.j**

**Correction taille d'agglomération : 1 (< à 100 000 Habitants)**

**Sol support**

**Géivité : Très Gélif**

**Pente de la courbe de gonflement : Infinie**

**Quantité de gel admis par le sol support : 0**

**Plateforme**

**Épaisseur : 40 cm**

**Couche de forme : Non Traitée**

**Quantité de gel admis par la partie non gélive de la plateforme : 3,84**

**Apport mécanique de la chaussée**

**En condition de chantier standard (qualité Q1) : 0,2**