



GEOTECHNIQUE EST

672, rue des Mercières
69140 RILLIEUX LA PAPE

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

Mail : contact69@geotechnique-sas.com

**RAPPORT D'ETUDE
MISSION GEOTECHNIQUE G2 AVP**

Création d'une extension, d'une aire de
stockage et d'un parking VL

RN 60 – La Cave Haute

ST-HILAIRE-LES-ANDRESIS (45)



Client :

ITM IMMO LOG
Parc de Tréville
6 allée des Expositions
91078 BONDOUFLE Cedex

ETUDES
RECONNAISSANCES
ANALYSES
AUSCULTATION

Dossier 2018-06-70					Fichier : 2018-06-70 MA 001
C					
B					
A					
O	17/10/2018	20 + annexes	M. ANTOINE	J. SANCHEZ	Première diffusion
Indice	Date	Nb de pages	Etabli par	Validé par	Modification / Observations

PLAN DU RAPPORT

1.	INTRODUCTION	2
2.	CONDITIONS DE SITE ET DESCRIPTION DE L'OUVRAGE	3
2.1	Conditions de site	3
2.2	Description de l'ouvrage.....	5
3.	CONTENU DE LA RECONNAISSANCE	7
3.1	Le contenu des investigations	7
3.2	Les essais pressiométriques Ménard	7
3.3	Les essais en laboratoire.....	7
4.	CONTEXTE GEOTECHNIQUE	8
4.1	Terre végétale	8
4.2	Remblais limoneux.....	8
4.3	Couverture limono-argileuse.....	8
4.4	Argile à silex.....	10
4.5	Craie argileuse à Craie franche.....	11
4.6	Hydrogéologie.....	11
4.7	Sismicité	12
5.	RECONNAISSANCE DE FONDATIONS EXISTANTES.....	12
6.	ANALYSE ET RECOMMANDATIONS POUR LES TERRASSEMENTS ET LES PLATES-FORMES ..	13
6.1	Recommandations générales.....	13
6.2	Terrassements	13
6.3	Couches de forme	15
6.4	Talus	16
7.	ANALYSE ET RECOMMANDATIONS POUR LES FONDATIONS DE L'EXTENSION	17
7.1	Système de fondations	17
7.2	Calcul de la capacité portante.....	17
7.3	Calcul des tassements au droit des appuis.....	18
7.4	Dispositions constructives générales.....	18
8.	ANALYSE ET RECOMMANDATIONS POUR LES DALLAGES.....	19
8.1	Tassements sous les dallages	19
8.2	Paramètres pour le dimensionnement des dallages	19
	ANNEXES	21

1. INTRODUCTION

A la demande et pour le compte d'ITM IMMO LOG, GEOTECHNIQUE EST a réalisé une étude géotechnique de type G2 AVP selon la norme NF-P-94-500 de novembre 2013 (voir annexe 2), au droit du futur projet d'extension du bâtiment Intermarché existant, sur la commune de St-Hilaire-les-Andrésis (45).

Cette étude a pour objet de compléter :

- le contexte géologique et hydrologique ;
- les caractéristiques géotechniques des terrains en place ;
- les recommandations pour les terrassements et les plateformes ;
- les conditions de réalisation des fondations et des dallages des ouvrages.

Nos conclusions sont basées sur :

- la reconnaissance visuelle du site ;
- l'étude de sa géologie ;
- des sondages et des essais géotechniques ;
- les études géotechniques précédentes.

Documents utilisés pour la rédaction du présent rapport :

- plan VRD n°5b de la « Base sec », daté du 28/11/1988, au 1/500 ;
- plan masse du site, dans date, ni échelle ;
- superposition du projet sur photographie aérienne, sans date, ni échelle.

La zone 1 est délimitée au Nord et à l'Ouest par des champs, au Sud par des champs puis une bretelle de l'autoroute A19, et à l'Est par le site existant. La zone correspond à un champ.

La zone 2 est délimitée au Nord par la limite de propriété du site Intermarché existant puis des bâtiments existants, à l'Est par la route départementale D432, au Sud par des bassins puis la limite de propriété du bâtiment ITM existant puis l'autoroute A19, et à l'Ouest par le bâtiment ITM existant. La zone est actuellement occupée par des voiries PL, des parkings PL et VL et par des espaces verts.

Les parcelles cadastrales concernées par l'étude correspondent aux n°36, 70, 72 et 74 de la section ZN de la commune de St-Hilaire-les-Andrésis (*figure 2*).

D'après la carte IGN, la cote du terrain varie entre 165 et 171.4 NGF. Le site est localisé sur une butte. D'après le plan de masse du site existant, le niveau 0.00 du bâtiment existant est calé à la cote 171.75 NGF.

D'après la feuille géologique N°366 de COURTENAY, les terrains attendus au droit du projet correspondent à une couverture limono-argileuse (notée LP sur la carte géologique ci-dessous (*figure 3*)) ou des limons de pente (notés LE), recouvrant un complexe argilo-sableux à silex (noté RIII-H), recouvrant de la craie blanche à silex (noté c5).

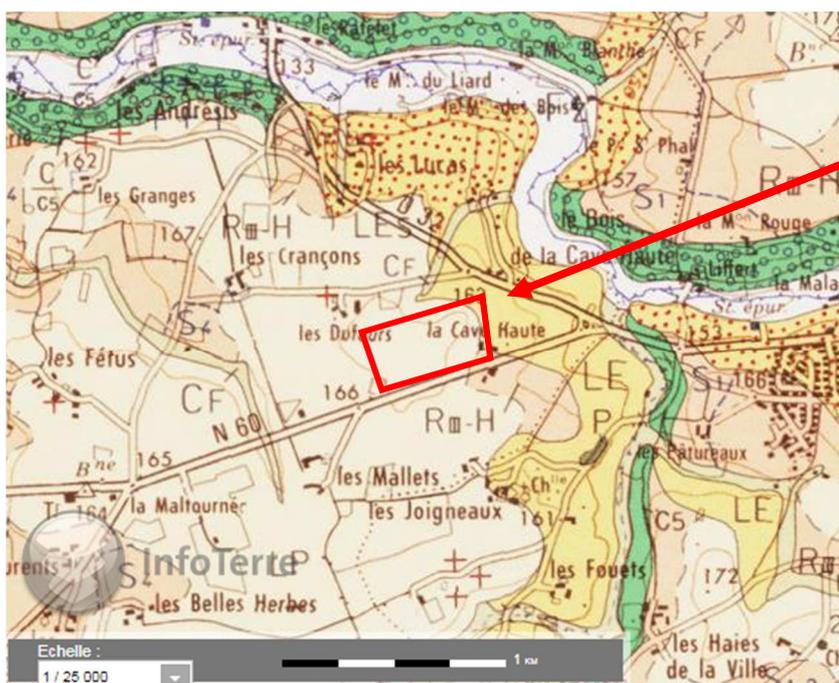


Figure 3 : Localisation du site d'étude, extrait de la carte géologique de Courtenay au 1/50 000^{ème} (source : infoterre.brgm.fr)

D'après les données du BRGM, une entité hydrogéologique prend place au droit de la zone d'étude. Il s'agit de la masse d'eau souterraine des « Formations résiduelles à silex de Bourgogne », circulant dans la craie, qui est caractérisée comme un milieu sédimentaire poreux, semi-perméable.

Le terrain se situe en zone d'aléa faible vis-à-vis du risque de retrait / gonflement des argiles, d'après les données du BRGM.

A noter que des zones d'aléa moyen sont situées à proximité des zones d'études (figure 4).

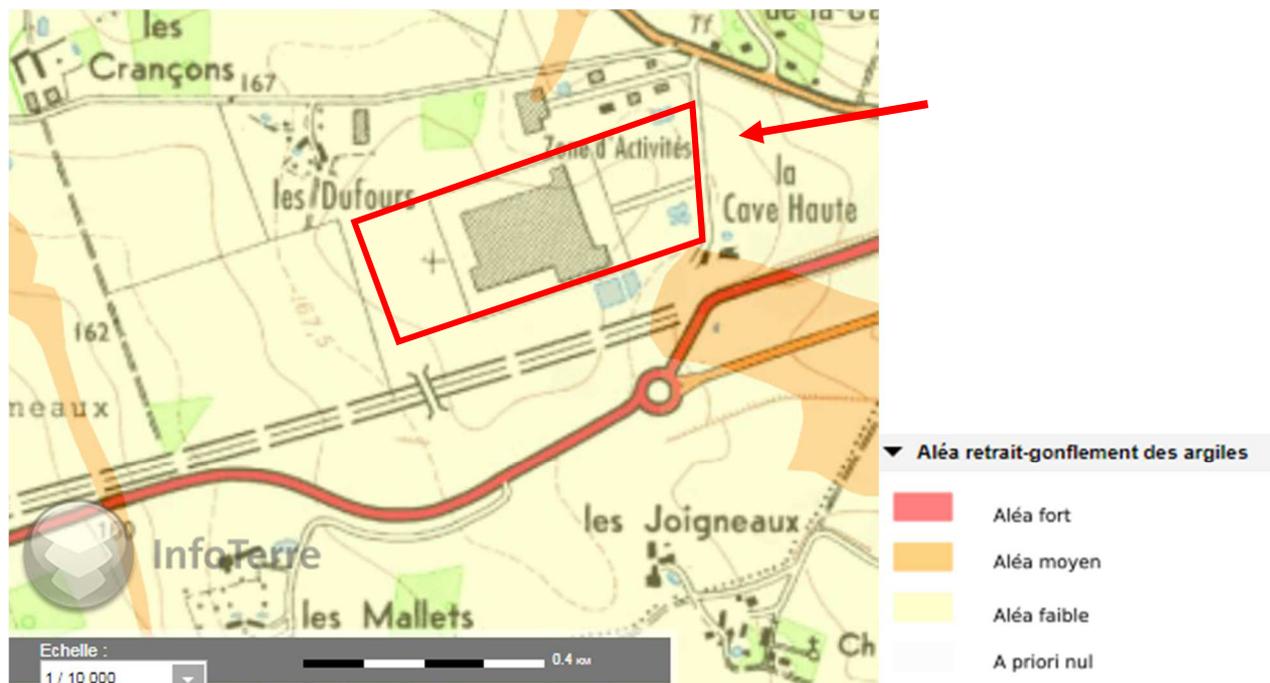


Figure 4 : Localisation du site d'étude sur plan de zonage de l'aléa retrait-gonflement des argiles (source : Infoterre)

Le site d'étude n'est pas concerné par le risque de remontée de nappe, d'après les données du BRGM.

Aucun mouvement de terrain, ni de cavité ne sont recensés à proximité de la zone d'étude (dans un rayon de 200 mètres), d'après les données du Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire.

Concernant le risque sismique, le site se trouve en zone 1 « risque très 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.

2.2 Description de l'ouvrage

Le projet consiste en la création :

- d'une aire de stockage extérieure de 10 000 m², implantée à l'Ouest du bâtiment ITM existant ;
- d'une extension de 12 000 m² (4 cellules de 3 000 m²), implantée à l'Est du bâtiment ITM existant.

Les parkings VL et PL existants seront réaménagés avec une disposition différente de l'actuelle :

- le nouveau parking VL sera implanté au Nord-Est du site actuel ;
- le nouveau parking PL sera implanté au Sud-Est du site actuel.

La cote finie de l'aire de stockage ne nous a pas été communiquée. Nous la supposerons équivalente à l'actuelle.

La cote finie de l'extension ne nous a pas été communiquée. Cependant, d'après les plans fournis, le bâtiment ITM existant serait calé à la cote 171.75 NGF. Nous supposerons que l'extension sera calée à la même cote. Dans ces conditions, nous supposerons des épaisseurs de remblais de l'ordre de 0.5 m au maximum.

La cote finie des parkings ne nous a pas été communiquée. Nous la supposerons équivalente à l'actuelle.

Le trafic PL ne nous a pas été fourni.

Les surcharges maximales sur dallage, ne nous ont pas été fournies, ni au droit de l'aire de stockage extérieure, ni au droit de l'extension. Nous les estimerons à 5 t/m² (50 kPa).

Les descentes de charges par appuis au droit de l'extension ne nous ont pas été fournies. Nous les estimerons de l'ordre de 150 tonnes au maximum à l'ELS.

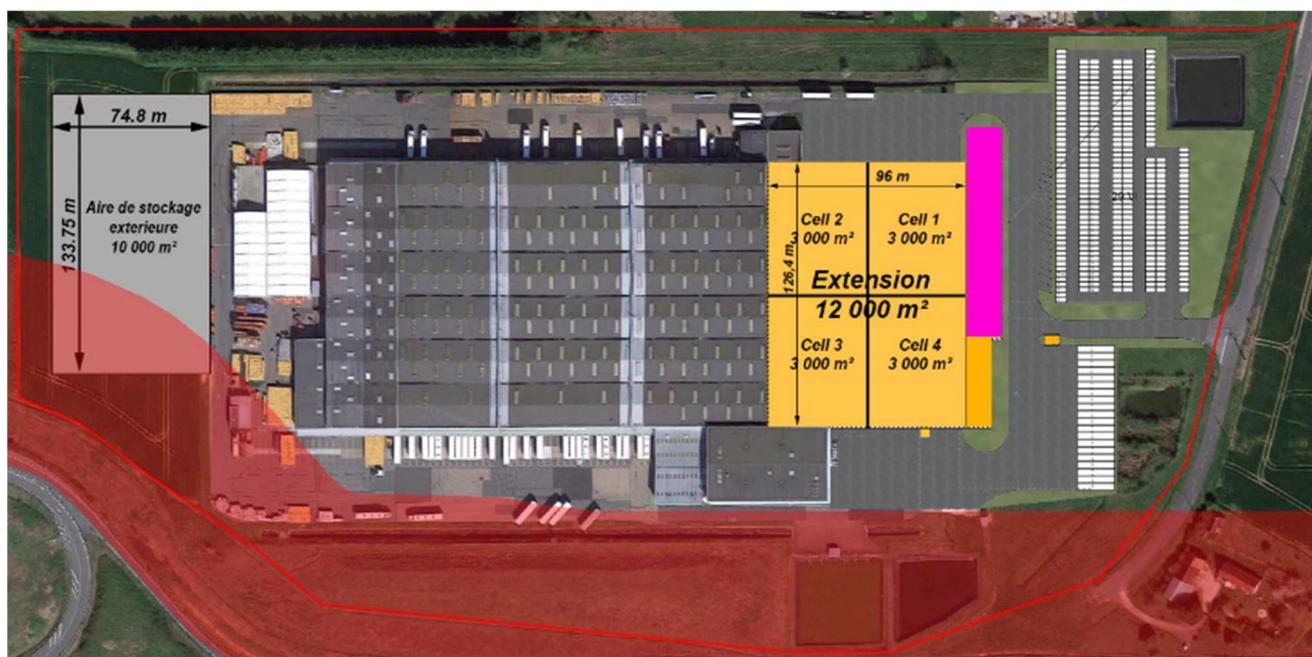


Figure 5 : Extrait du plan du projet

3. CONTENU DE LA RECONNAISSANCE

3.1 Le contenu des investigations

Dans le cadre de la mission G2 AVP qui nous a été confiée, nous avons réalisé, du 25 septembre au 02 octobre 2018, les investigations suivantes :

- 6 sondages pressiométriques, descendus jusqu'à 12.0 m de profondeur ;
- 6 sondages de reconnaissance à la pelle mécanique, descendus jusqu'à 1.5 / 2.6 m de profondeur ;
- 1 sondage de reconnaissance de fondations existante, descendu jusqu'à 1.5 m de profondeur.

Le plan d'implantation des sondages est présenté en annexe.

3.2 Les essais pressiométriques Ménard

Ils ont été réalisés à l'aide d'une sonde standard et répartis le long de forages à la tarière de diamètre 63 mm, réalisés à l'aide d'une sondeuse EMCI 7.50.

A partir des essais pressiométriques sont déterminés :

- le module pressiométrique (E), exprimé en MPa,
- la pression de fluage (Pf), exprimé en MPa,
- la pression limite (PI tel que $PI^* = PI - P_0$), 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 en laboratoire

Les essais de laboratoire ont été réalisés conformément aux normes AFNOR ou procédures dictées par le Laboratoire des Ponts et Chaussées. Les essais ont été réalisés sur les échantillons prélevés au droit des sondages à la pelle mécanique.

Pour identifier les matériaux du site, nous avons établi le programme d'essais suivant :

- 10 mesures de teneur en eau naturelle (W%) ;
- 3 identifications complètes selon le GTR92, comprenant une analyse granulométrique, teneur en eau et la détermination de la valeur au bleu de méthylène ;
- 1 essai Proctor Normal ;
- 8 dosages des sulfates solubles ;
- 2 essais CBR immergés sur matériaux traités à la chaux seule et à la chaux + ciment.

Les PV des essais sont présentés en annexe.

4. CONTEXTE GEOTECHNIQUE

Les sondages réalisés ont permis de déterminer les horizons de sol décrits ci-après, ainsi que leurs caractéristiques mécaniques.

4.1 Terre végétale

Au droit de la zone réservée à l'implantation de la future aire de stockage, de la terre végétale a été mise en évidence sur une épaisseur moyenne de 0.20 mètre.

Au droit de la zone réservée à l'implantation de l'extension et des futurs parkings, de la terre végétale a été mise en évidence sur une épaisseur moyenne de 0.10 mètre, au droit des zones enherbées.

4.2 Remblais limoneux

Au droit des sondages PM4, PM5, PM6 et RF1, des limons beiges, pouvant parfois présenter des morceaux de silex, ont été reconnus. Ces matériaux semblaient avoir été traités (PM5 et RF1) ou contenaient des débris divers tels que de la ferraille (RF1), du plastique (PM6) ou des débris de briques (PM4).

Ces matériaux, correspondant à des matériaux remblayés, ont été reconnus jusqu'à 0.45 / 0.60 m de profondeur, sur une épaisseur moyenne de 0.40 m.

Essais de laboratoire :

	PM5 0.4 m	PM6 0.3 m
Lithologie	Limon beige (traité ?)	Limon beige avec qq's morceaux de silex
W% (%)	18.4	8.4
Sulfates (%)	< 0.01	-

Ces matériaux correspondent à des limons, présentant parfois des morceaux de silex.

Les teneurs en eau de ces matériaux sont comprises entre 8.4 et 18.4 %.

Les teneurs en sulfates de ces matériaux sont inférieures à 0.01 %, donc négligeables.

4.3 Couverture limono-argileuse

Tous les sondages à la pelle mécanique mettent en évidence, soit directement sous la terre végétale, soit sous les remblais, un horizon correspondant une couverture limono-argileuse, de couleur variable avec la profondeur (marron/beige en tête, puis bariolée, puis ocre). Ces matériaux présentent parfois des morceaux de silex et/ou quelques cailloutis.

Au droit de tous les sondages, excepté PM3, les limons argileux bariolés et ocres présentent des tâches noires et des stries plus argileuses grises, pouvant correspondre à des traces d'oxydation.

Ces matériaux ont été reconnus, au droit de tous les sondages, jusqu'à 1.2 / 2.7 mètres de profondeur/TN, sur une épaisseur moyenne de 1.7 m.

Essais de laboratoire :

	PM1 0.5 à 0.6 m	PM1 1.0 m	PM3 0.85 m	PM4 0.3 m	PM4 0.8 m	PM6 0.65 m	RF1 0.65 m
<i>Identification</i>	<i>A2 m</i>	<i>A2 m</i>	<i>A1/A2</i>	<i>A1</i>	<i>A1/A2</i>	<i>A1/A2</i>	<i>A2 m</i>
<i>Lithologie</i>	Limon argileux marron/beige	Limon argileux marron/beige	Limon argileux marron avec qqls graviers	Limon argileux marron/beige	Limon argileux bariolé	Limon argileux marron avec qqls morceaux de silex	Limon beige avec stries noires
<i>W% (%)</i>	19.7	19.2	12.8	8.4	11.5	14.8	19.6
<i>Sulfates (%)</i>	< 0.01	-	-	-	< 0.01	< 0.01	< 0.01

	PM2 0.6 m	PM3 0.4 m	PM5 0.6 à 0.7 m	
Identification	A2 (m)	A1	A2 m	
<i>Lithologie</i>	Limon argileux marron	Limon lgt sableux marron/beige	Argile limoneuse finement sableuse bariolée (marron/ocre/gris)	
<i>W% (%)</i>	19.8	8.2	20.1	
<i>Passant à 80µm (%)</i>	97.4	83.9	99.5	
<i>Dmax (mm)</i>	5	40	5	
<i>VBS</i>	3.2	1.6	4.6	
<i>Sulfates (%)</i>	< 0.01	< 0.01	< 0.01	
<i>W_{OPN} (%)</i>	-	-	20.0	
<i>γ_{OPN} (t/m³)</i>	-	-	1.72	
<i>Dosage</i>	-	-	2 % CaO	5 % ciment + 2 % CaO
<i>W% avant immersion (%)</i>	-	-	19.7	18.9
<i>CBR traité avant immersion</i>	-	-	17.5	25.1
<i>W% après immersion (%)</i>	-	-	22.9	24.0
<i>CBR traité après immersion</i>	-	-	59.5	54.9
<i>Gv (%)</i>	-	-	0.10	0.71

Ces matériaux correspondent à des limons +/- argilo-sableux, de classe A1 à A2 selon le GTR92.

Les teneurs en eau des matériaux A2 sont comprises entre 19.2 et 20.1 %. Ces matériaux étaient à l'état hydrique moyen.

Les teneurs en eau des matériaux A1 et A1/A2 sont comprises entre 8.2 et 14.8 %. Ces matériaux semblent à l'état hydrique sec à moyen.

Les teneurs en sulfates de ces matériaux sont inférieures à 0.01 %, donc négligeables.

Résultats essais CBR sur matériaux prélevés en avril 2018

Les résultats de l'essai CBR immergé sur les matériaux limono-argileux de couverture, classés A2 selon le GTR92 (PM5 – 0.6-0.7 m), après humidification pour reproduire les conditions hydriques automnales, puis traités à la chaux seule à 2 %, indiquent que :

- le gonflement est faible ($G_v < 1\%$) ;
- la portance est améliorée par l'ajout de chaux seule.

Les résultats de l'essai CBR immergé sur les matériaux limono-argileux de couverture, classés A2 selon le GTR92 (PM5 – 0.6-0.7 m), après humidification pour reproduire les conditions hydriques automnales, puis traités à la chaux à 2% et au ciment à 5%, indiquent que :

- le gonflement est faible ($G_v < 1\%$) ;
- la portance est améliorée par l'ajout de chaux et de ciment.

Caractéristiques géotechniques :

	Valeur minimale	Valeur moyenne	Valeur maximale
Module pressiométrique E_m (MPa)	6.5	12.0	29.3
Pression limite P_l (MPa)	0.54	0.87	1.49

Cet horizon présente des caractéristiques mécaniques moyennes à élevées.

4.4 Argile à silex

Tous les sondages à la pelle mécanique (excepté PM6 et RF1) et tous les sondages pressiométriques ont mis en évidence, sous la couverture limono-argileuse, un horizon constitué d'argile, +/- limoneuse, marron/ocre contenant des morceaux de silex ($0/40 < D < 0/100$ mm) et des morceaux de craie. En tête de cet horizon, au droit des sondages à la pelle, les matériaux présentent parfois des stries grises plus argileuses.

Ces matériaux ont été reconnus jusqu'à la fin des sondages à la pelle mécanique, soit jusqu'à 1.7 / 2.6 m de profondeur.

Au droit des sondages pressiométriques, cet horizon a été reconnu :

- jusqu'à 6.2 / 6.4 mètres de profondeur/TN au droit des sondages SP1 et SP2 (partie Ouest du site d'étude – future aire de stockage extérieur), sur une épaisseur moyenne de 4.4 m ;
- jusqu'à 8.3 / 10.0 mètres de profondeur/TN au droit des sondages SP3 à SP6 (partie Est du site d'étude – future extension), sur une épaisseur moyenne de 7.0 m.

Caractéristiques géotechniques :

	Valeur minimale	Valeur moyenne	Valeur maximale
Module pressiométrique Em (MPa)	6.5	17.1	34.2
Pression limite PI (MPa)	0.48	1.22	2.31

Cet horizon présente des caractéristiques mécaniques moyennes à élevées.

4.5 Craie argileuse à Craie franche

Tous les sondages pressiométriques ont mis en évidence, de la craie, plus ou moins argileuse en tête, sous les argiles à silex.

Ces matériaux ont été reconnus jusqu'à la fin des sondages pressiométriques, soit jusqu'à 12.0 mètres de profondeur/TN.

Caractéristiques géotechniques :

	Valeur minimale	Valeur moyenne	Valeur maximale
Module pressiométrique Em (MPa)	24.8	49.4	111.3
Pression limite PI (MPa)	1.51	2.35	3.54

Cet horizon présente de bonnes caractéristiques mécaniques.

4.6 Hydrogéologie

Lors de nos investigations géotechniques réalisées du 25 septembre au 02 octobre 2018, aucune arrivée d'eau n'a été observée au droit des sondages à la pelle mécanique, jusqu'à 1.5 / 2.6 m de profondeur.

Aucun niveau d'eau n'a été mesuré au droit des sondages pressiométriques (réalisés à la tarière) jusqu'à 12 m de profondeur.

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 pompages. Des circulations d'eau superficielles peuvent par ailleurs se produire en période pluvieuse.

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.

4.7 Sismicité

D'après les nouveaux décrets n°2010-1254 et n° 2010-1255, applicables à partir de mai 2011, le terrain se situe en **zone 1 (sismicité très faible)** selon le "nouveau zonage sismique de la France" établi par la délégation aux risques majeurs du ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement.

Compte-tenu de la zone sismique et du type d'ouvrage (classe II), l'accélération sismique n'est pas à prendre en compte, conformément à la réglementation en vigueur.

5. RECONNAISSANCE DE FONDATIONS EXISTANTES

Une reconnaissance de fondation existante (RF1) a été réalisée le 28 septembre 2018, au droit de la façade Est du « Local de Charge ».

Deux types de fondations superficielles ont pu être reconnus, une semelle filante et un massif isolé.

- Semelle filante

La première fondation reconnue correspond à une fondation filante.

Sous une fine couche de terre végétale (limon marron foncé) de 0.05 m d'épaisseur, nous avons rencontré des limons beiges jusqu'au fond de fouille, soit jusqu'à 0.50 mètre de profondeur par rapport au terrain naturel.

La fondation a été reconnue à partir de 0.14 mètre de profondeur par rapport au terrain naturel. Elle présente un débord de 0.26 mètre par rapport au mur et descend jusqu'à 0.50 mètre de profondeur par rapport au terrain naturel. En fond de fouille, le débord de la fondation ne mesurait plus que 0.22 mètre par rapport au mur. Les matériaux d'assise de la fondation correspondent à des limons argileux ocre à silex, rencontrés au droit de tous les sondages.

D'après son aspect, la fondation n'a pas été coffrée, le béton a été coulé en pleine fouille. Avec une assise à -0.5 m de profondeur par rapport au TN extérieur, la cote hors gel de la région (-0.60 m /TF extérieur) n'est pas respectée.

- Semelle isolée

La seconde fondation reconnue correspond à un massif isolé.

Sous une fine couche de terre végétale (limon marron foncé) de 0.05 m d'épaisseur, nous avons rencontré des limons beiges jusqu'à -0.60 m de profondeur, reposant sur des limons beiges à stries noirâtres, puis des limons argileux ocre à silex jusqu'au fond de fouille, soit jusqu'à 1.50 mètre de profondeur par rapport au terrain naturel.

La fondation a été reconnue à partir de 0.24 mètre de profondeur par rapport au terrain naturel. Elle présente un débord de 0.95 mètre par rapport au mur et descend jusqu'à 1.50 mètre de profondeur par rapport au terrain naturel. Les matériaux d'assise de la fondation correspondent à des limons argileux ocre à silex, rencontrés au droit de tous les sondages.

D'après son aspect, la fondation a été coffrée. Avec une assise à -1.5 m de profondeur par rapport au TN extérieur, la cote hors gel de la région (-0.60 m /TF extérieur) est respectée.

6. ANALYSE ET RECOMMANDATIONS POUR LES TERRASSEMENTS ET LES PLATES-FORMES

6.1 Recommandations générales

- La terre végétale sera décapée et stockée pour les aménagements extérieurs.
- L'ensemble des terrassements devra être réalisé conformément au Guide Technique pour la Réalisation des couches de formes.
- Le fond de forme sera compacté avant la mise en place de la couche de forme.
- Les plates-formes seront fermées avant chaque période de pluie et chaque arrêt de chantier.
- 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 remblai-couche de forme.

6.2 Terrassements

La cote finie des bâtiments ne nous a pas été fournie. Nous supposons :

- au droit de la future aire de stockage, une cote finie proche du terrain naturel ;
- au droit de la future extension, une cote finie équivalente à celle du bâtiment existant (soit 171.75 NGF d'après les plans transmis), ce qui engendrerait des épaisseurs maximales de remblais de 0.5 m.

Dans ces conditions, le terrassement général se réalisera :

- soit dans les remblais limoneux beiges ;
- soit dans la couverture limono-argileuse (+/- sableuse), dont les matériaux sont classés A1 à A2 au sens GTR, à l'état hydrique majoritairement moyen ;

Réutilisation des matériaux

Les matériaux limoneux appartenant à la classe A1m, sont des sols qui s'emploient facilement, mais qui sont très sensibles aux conditions météorologiques qui peuvent interrompre le chantier à cause d'un excès de teneur en eau ou au contraire conduire à un matériau sec difficile à compacter.

Les matériaux limono-argileux appartenant à la classe A2m, sont des sols qui ne posent pas de problème de réutilisation en remblais, sauf par pluie forte ou moyenne, ou par temps trop sec.

Réutilisation des matériaux en remblais

- A l'état hydrique humide (h), les matériaux classés A1 et A2 sont réutilisables en remblai, après un traitement à la chaux, puis un compactage moyen (A1) à faible (A2).
- A l'état hydrique moyen (m), les matériaux classés A1 et A2 sont réutilisables en remblai, en l'état avec un compactage moyen.

Réutilisation des matériaux en couche de forme

Les matériaux classés A1 et A2 sont réutilisables en couche de forme avec un traitement au liant hydraulique, associé si besoin à un arrosage ou à de la chaux selon l'état hydrique des matériaux ; puis application d'un enduit de cure, éventuellement gravillonné.

Dans tous les cas, il est conseillé de travailler par temps sec. Il est déconseillé de travailler l'hiver. Tout épisode pluvieux engendrera l'arrêt du chantier.

Faisabilité d'un traitement

Les résultats des dosages en sulfates des matériaux prélevés indiquent qu'un traitement est réalisable, sur ce critère.

La chaux sera utilisée pour réduire la teneur en eau des matériaux du site, pour faciliter leur mise en œuvre et pour obtenir les compacités souhaitées, lors de la réalisation des travaux, en cas de forte pluviométrie.

Les résultats des essais CBR immergés indiquent que le traitement est adapté sur les matériaux du site, classés A2 selon le GTR92, et traités :

- à la chaux seule à 2% ;
- à la chaux à 2% et au ciment à 5%.

Ainsi, les matériaux du site, classés A2 selon le GTR92 pourront être réutilisés :

- en remblai, avec ajout de chaux selon l'état hydrique, et avec une intensité de compactage variable selon l'état hydrique des matériaux ;
- en couche de forme, après un traitement au liant hydraulique, si besoin associé à de la chaux selon l'état hydrique des matériaux.

Une étude de traitement complète devra être réalisée par l'entreprise pour déterminer le type de liant adapté et les dosages nécessaires pour garantir les objectifs.

Il sera nécessaire de bien protéger les plates-formes traitées des arrivées d'eau, par fermeture immédiatement après le traitement à l'aide de compacteurs.

Arase de terrassement

L'arase du terrassement sera de type PST3/AR1 (EV2 > 30 MPa), selon l'état hydrique des matériaux. En période pluvieuse, cette arase pourrait se dégrader et se transformer en une arase de type PST0/AR0 (EV2 < 30 MPa).

Sur une PST3/AR1, les caractéristiques de portance seront bonnes au moment des travaux, mais pourront chuter à long terme sous l'action de l'infiltration des eaux pluviales, et aux possibles circulations d'eau superficielle.

Une portance EV2 de 30 MPa au minimum devra être atteinte en arase et en fond de forme, avant mise en œuvre des éventuels remblais et/ou de la couche de forme.

Si cette portance n'est pas obtenue, afin d'atteindre une PST3/AR1 au minimum dans tous les cas (EV2 > 30 MPa minimum), il sera nécessaire de procéder :

- soit à une purge des matériaux sur 0.50 m d'épaisseur et de les substituer par des matériaux granulaires, de bonne qualité, type D3 ;
- soit un cloutage de l'arase ;
- soit de traiter les arases à la chaux sur 0.35 m d'épaisseur.

Les fonds de forme évolueront dans le temps s'ils ne sont pas protégés.

Les fonds de forme seront pentés dans la mesure du possible et l'eau sera évacuée dans des fossés provisoires ou définitifs.

6.3 Couches de forme

Au droit de l'aire de stockage extérieure et au droit de l'extension, sur une arase de terrassement de type PST3/AR1 (EV2 > 30 MPa) sur les limons plus ou moins argileux et pour un objectif de plateforme de classe PF2+ (EV2 > 80 MPa) il convient de réaliser :

- soit une couche de forme de 0.50 m d'épaisseur en matériaux granulaires drainants de qualité de type D3 ; l'épaisseur de la couche peut être réduite à 0.40 m avec intercalation d'un géotextile ;
- soit une couche de forme de 0.35 m d'épaisseur en matériaux limoneux à limono-argileux du site, classés A1 à A2, traités au liant hydraulique, éventuellement associé à de la chaux ou après arrosage selon l'état hydrique des matériaux.

Au droit des voiries, la couche de forme devra probablement être épaissie afin de garantir la mise hors-gel de la structure de chaussée.

Les critères de réception suivants en tête de couche de forme pourront être retenus et contrôlés par des essais à la plaque :

Dallages bâtiments :

$$EV2 \geq 80 \text{ MPa}$$

$$EV2/EV1 \leq 2.2 \text{ (sur matériaux granulaires)}$$

$$Kw \geq 70 \text{ MPa}$$

Voiries lourdes :

$$EV2 \geq 80 \text{ MPa}$$

$$EV2/EV1 \leq 2.2 \text{ (sur matériaux granulaires)}$$

Voiries légères :

$$EV2 \geq 60 \text{ MPa}$$

$$EV2/EV1 \leq 2.2 \text{ (sur matériaux granulaires)}$$

6.4 Talus

Le projet ne prévoit pas de talutages provisoires.

Les talus en phase définitive seront réglés avec une pente de 3 pour 2 dans les matériaux limoneux à limono-argileux.

Ils devront être rapidement végétalisés et équipés de descentes d'eau et de fossés.

Si le projet prévoit la réalisation de talus de hauteur supérieure à 3 mètres ou de talus raidis, ils devront faire l'objet de dispositions particulières de type géogrid et d'une étude de stabilité, en phase d'exécution, mission G3, par l'entreprise de terrassement.

7. ANALYSE ET RECOMMANDATIONS POUR LES FONDATIONS DE L'EXTENSION

La justification des fondations est donnée ci-dessous selon le DTU 13.12.

7.1 Système de fondations

Au regard des caractéristiques mécaniques issues des essais pressiométriques réalisés, nous constatons que les terrains de surface sont relativement portants.

Un système de fondations similaire à l'existant devra être réalisé. Ainsi, nous conseillons de réaliser des fondations superficielles de type semelles isolées.

Nous conseillons de descendre les nouvelles semelles à la même profondeur que les semelles existantes, soit à 1.5 m de profondeur par rapport au terrain naturel extérieur actuel. Les semelles devront reposer dans l'horizon de couverture limono-argileuse, et plus précisément dans la partie limono-argileuse ocre, présentant des morceaux de silex.

Localement, si des matériaux mous et/ou humides et/ou déstructurés et/ou des remblais décompactés sont rencontrés en fond de fouille, ils devront être purgés et remplacés par des gros bétons.

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.

7.2 Calcul de la capacité portante

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

$$q_l = k_p \cdot P_{le}^* \times i_{\delta\beta} + q_0$$

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_0 : 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 :

$$q_{ref} \leq 1/\gamma_q k_p \cdot P_{le}^* \times i_{\delta\beta} + q_0$$

- 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, pour des fondations descendues à 1.5 m de profondeur/TN actuel, dans la couverture limono-argileuse.

7.3 Calcul des tassements au droit des appuis

Les tassements sont donnés par : $s = s_c + s_d$

où s_c est le tassement volumique et s_d le tassement déviatorique :

$$s_c = \frac{\alpha}{9.E_s} (q - \sigma'_{vo}) \cdot l_c \cdot B$$

$$s_d = \frac{2}{9.E_d} (q - \sigma'_{vo}) \cdot B_o \left(L_d \cdot \frac{B}{B_o} \right)^\alpha$$

avec :

- α : 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_o = dimension de référence égale à 0.6 m,
- q : contrainte verticale appliquée au sol par la fondation (MPa),
- σ'_{vo} : contrainte verticale totale, à la base de la fondation avant travaux (MPa),
- l_c, L_d : coefficients de forme.

Dans les conditions précédemment citées, et pour des charges ponctuelles jusqu'à 150 tonnes à l'ELS, les tassements absolus sous appuis seront de l'ordre du centimètre.

7.4 Dispositions constructives générales

- 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 (-0.7 m / TF extérieur).
- On veillera à respecter une pente de 3/1 (H/V) entre assises de fondations proches.
- Les semelles filantes devront respecter une largeur minimale de 0.5 m et 0.7 m dans le cas de semelles isolées.
- Dans le cas de charges ponctuelles importantes générant des tassements non compatibles avec la structure de l'ouvrage, une solution de fondation profonde devra être envisagée. Nous serions alors à la disposition du client pour fournir les paramètres du dimensionnement.

8. ANALYSE ET RECOMMANDATIONS POUR LES DALLAGES

8.1 Tassements sous les dallages

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

$$W = \sum_i W_i$$

et

$$W_i = \frac{\alpha_i \cdot h_i \cdot (q' - \sigma'_{v0})}{E_{hi}}$$

avec :

- α_i : coefficient rhéologique fonction de la nature de la couche i
- h_i : épaisseur de la couche i (m)
- q' : surcharge (kPa)
- σ'_{v0} : contrainte effective verticale calculée avant travaux (kPa)
- E_{hi} : module pressiométrique harmonique de la couche i (MPa)

Au droit de la future aire de stockage extérieur, pour des surcharges réparties maximales de 5 t/m² (50 kPa), les tassements absolus sous les dallages seront inférieurs au centimètre.

Au droit de la future extension, pour des surcharges réparties maximales de 5 t/m² (50 kPa) et pour des épaisseurs de remblai de 0.50 m, les tassements absolus sous les dallages seront inférieurs au centimètre.

Dans les conditions précédemment définie, un dallage sur terre-plein pourra être réalisé au droit de l'extension et au droit de l'aire de stockage extérieure.

8.2 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 pour zone.

- **Aire de stockage extérieure**

	Couche de forme Traitée / Non Traitée	Limons +/- argileux	Argile à silex	Craie +/- altérée
Module de déformation moyen Es	72 MPa (*)	21 MPa	28 MPa	MPa
Epaisseur <u>moyenne</u> de la couche	0.35 / 0.50 m	1.9 m	4.4 m	> 5.5 m

(*) : formule utilisée : $Es = 0.9 \times EV2$ demandé

- **Extension bâtiment existant**

	Couche de forme Traitée / Non Traitée	Limons +/- argileux	Argile à silex	Craie +/- altérée
Module de déformation moyen Es	72 MPa (*)	19 MPa	25 MPa	108 MPa
Epaisseur <u>moyenne</u> de la couche	0.35 / 0.50 m	1.6 m	7.0 m	> 2.5 m

(*) : formule utilisée : $Es = 0.9 \times EV2$ demandé

Fait à Rillieux-la-Pape, le 17 octobre 2018

Marie ANTOINE
Chargée d'affaire



Josiane SANCHEZ
Responsable d'agence



ANNEXES

- Annexe 1 : Conditions de validité de l'étude
- Annexe 2 : Conditions générales des missions d'ingénierie géotechnique (version novembre 2013)
- Annexe 3 : Plan d'implantation des sondages
- Annexe 4 : Présentation des coupes de sondages
- Annexe 5 : Présentation des essais en laboratoire

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 géotechnique (version novembre 2013)

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

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'avoisnants 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 avoisnants), une ébauche dimensionnelle par type d'ouvrage géotechnique et la pertinence d'application de la méthode observationnelle pour une meilleure maîtrise des risques géotechniques.

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 avoisnants), des notes de calcul de dimensionnement, un avis sur les valeurs seuils et une approche des quantités.

Phase DCE / ACT

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

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

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

ÉTUDE ET SUIVI GÉOTECHNIQUES D'EXECUTION (G3)

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

Phase Étude

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

Phase Suivi

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

SUPERVISION GÉOTECHNIQUE D'EXECUTION (G4)

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

Phase Supervision de l'étude d'exécution

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

Phase Supervision du suivi d'exécution

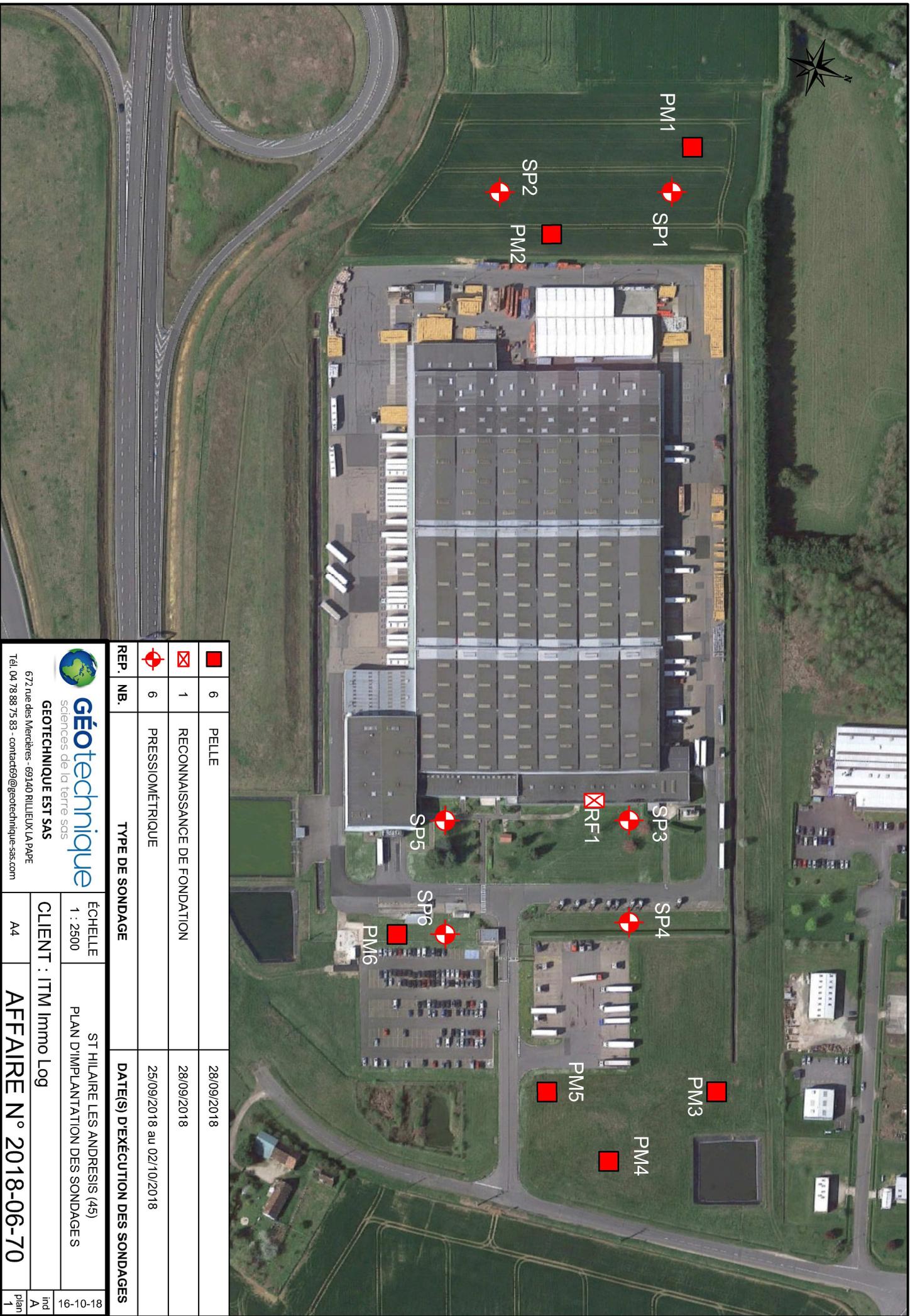
- Par interventions ponctuelles sur le chantier, donner un avis sur la pertinence du contexte géotechnique tel qu'observé par l'entrepreneur (G3), du comportement tel qu'observé par l'entrepreneur de l'ouvrage et des avoisinants concernés (G3), de l'adaptation ou de l'optimisation de l'ouvrage géotechnique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

DIAGNOSTIC GÉOTECHNIQUE (G5)

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

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

Annexe 3 : Plan d'implantation des sondages



REP.	NB.	TYPE DE SONDAGE	DATE(S) D'EXECUTION DES SONDAGES
<input checked="" type="checkbox"/>	6	PELLE	28/09/2018
<input checked="" type="checkbox"/>	1	RECONNAISSANCE DE FONDATION	28/09/2018
<input checked="" type="checkbox"/>	6	PRESSIOMETRIQUE	25/09/2018 au 02/10/2018



Géotechnique
sciences de la terre sds

GÉOTECHNIQUE EST SAS

672 rue des Marchères - 69140 RILLIEUX LA PAPE
TéL. 04 78 88 75 83 - contact@geotechnique-sas.com

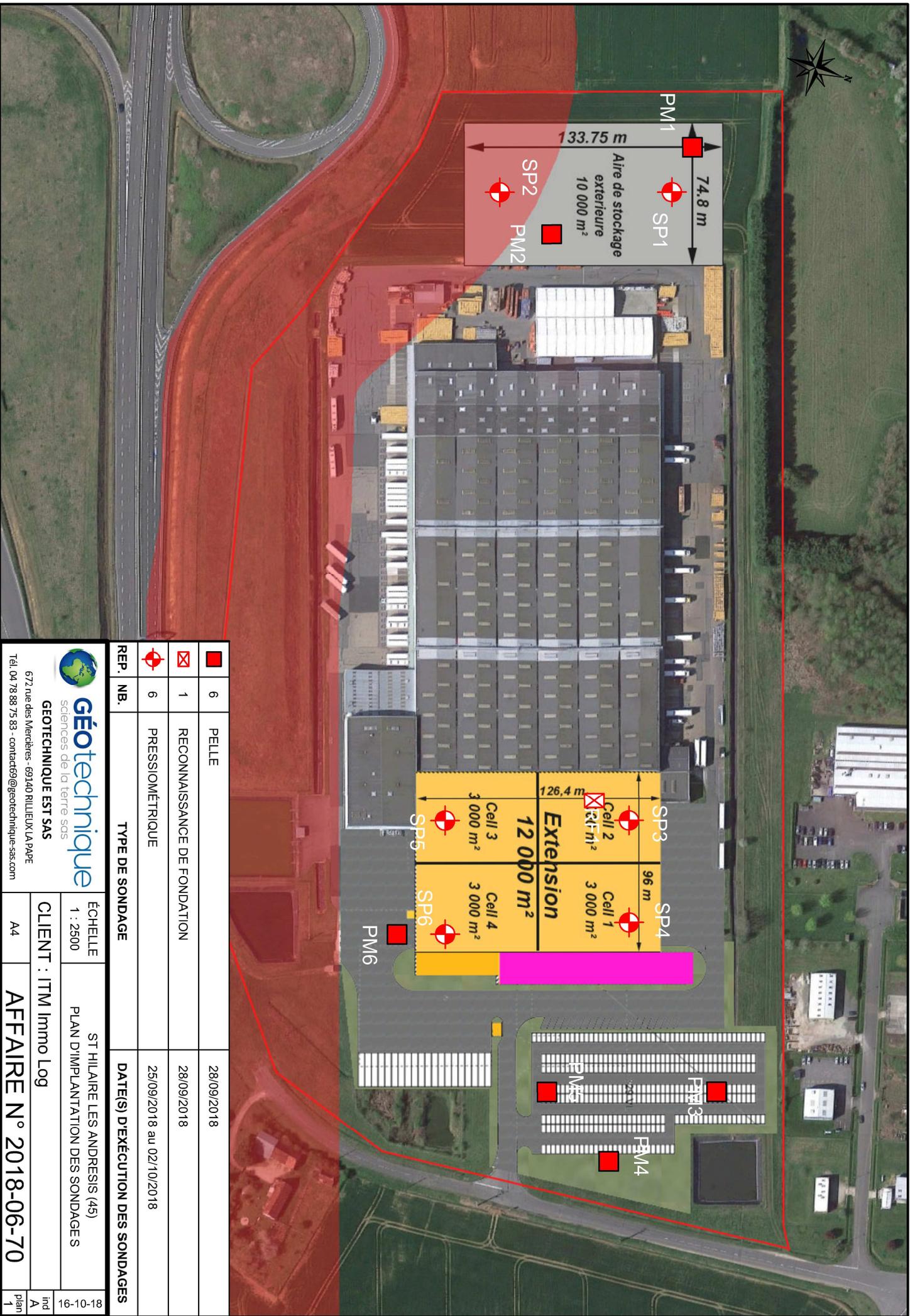
ÉCHELLE
1 : 2500

ST HILAIRE LES ANDRESIS (45)
PLAN D'IMPLANTATION DES SONDAGES

CLIENT : ITM Immo Log

A4

AFFAIRE N° 2018-06-70



<input type="checkbox"/>	6	PELLE	28/09/2018
<input checked="" type="checkbox"/>	1	RECONNAISSANCE DE FONDATION	28/09/2018
<input checked="" type="checkbox"/>	6	PRESSIOMÉTRIQUE	25/09/2018 au 02/10/2018
REP. NB.	TYPE DE SONDAGE		DATE(S) D'EXÉCUTION DES SONDAGES



GÉOTECHNIQUE EST SAS

672 rue des Marchères - 69140 RILLIEX LA PAPE
TéL. 04 78 88 75 83 - contact@geotechnique-sss.com

ÉCHELLE
1 : 2500

ST HILAIRE LES ANDRESIS (45)
PLAN D'IMPLANTATION DES SONDAGES

CLIENT : ITM Immo Log

AFFAIRE N° 2018-06-70

16-10-18
Ind A
plan 1

Annexe 4 : Présentation des coupes de sondages



Client : **ITM Immo Log**

Etude : **St Hilaire les Andresis (45)**

Remarque : *Future aire de stockage*

X :

Y :

Z :

Inclinaison :

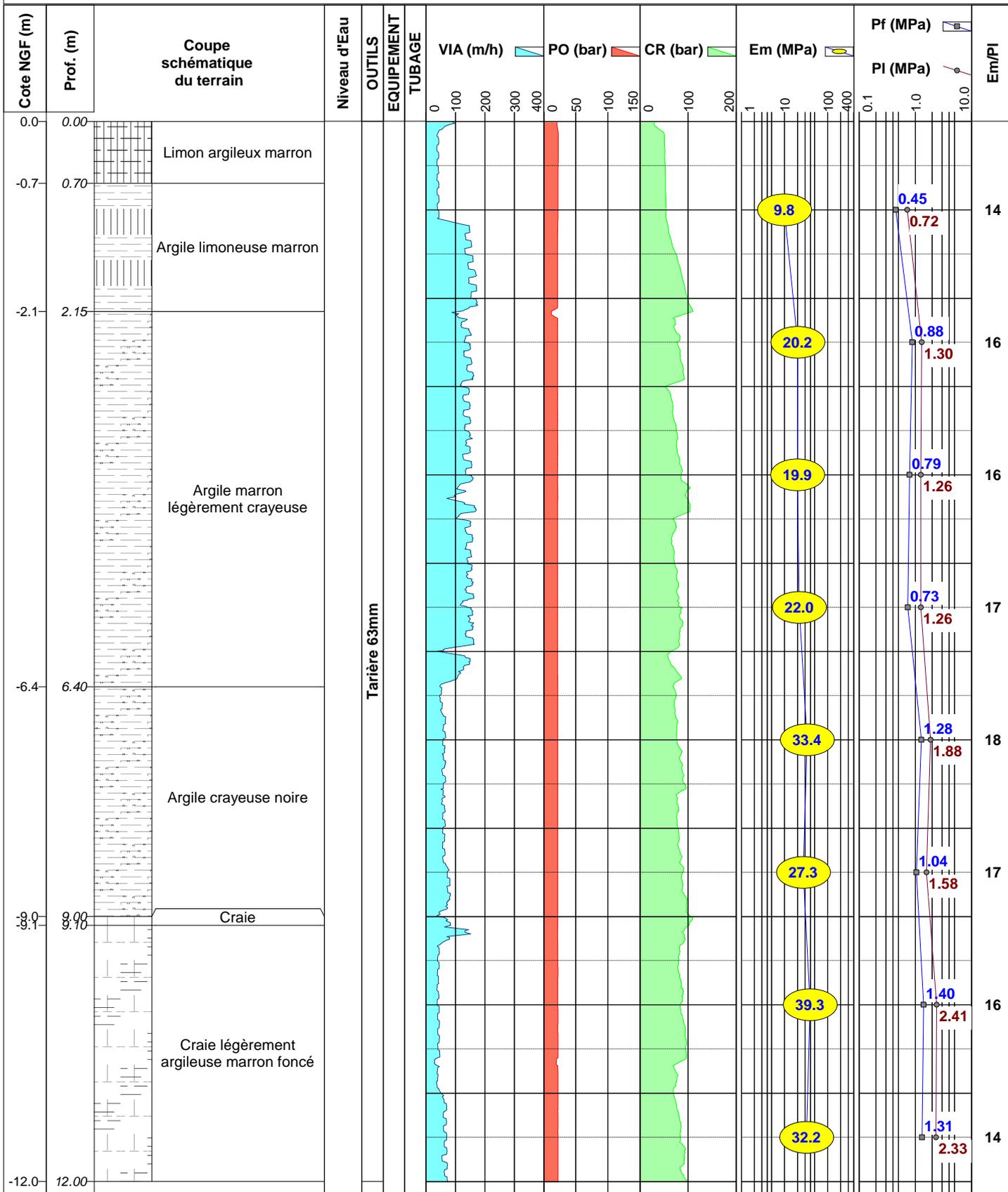
Machine : EMC1750

Date : 27/09/18

Début : 0,00 m

Fin : 12,01 m

Echelle : 1 / 60





Client : **ITM Immo Log**

Etude : **St Hilaire les Andresis (45)**

Remarque : Aire de stockage

X :

Y :

Z :

Inclinaison :

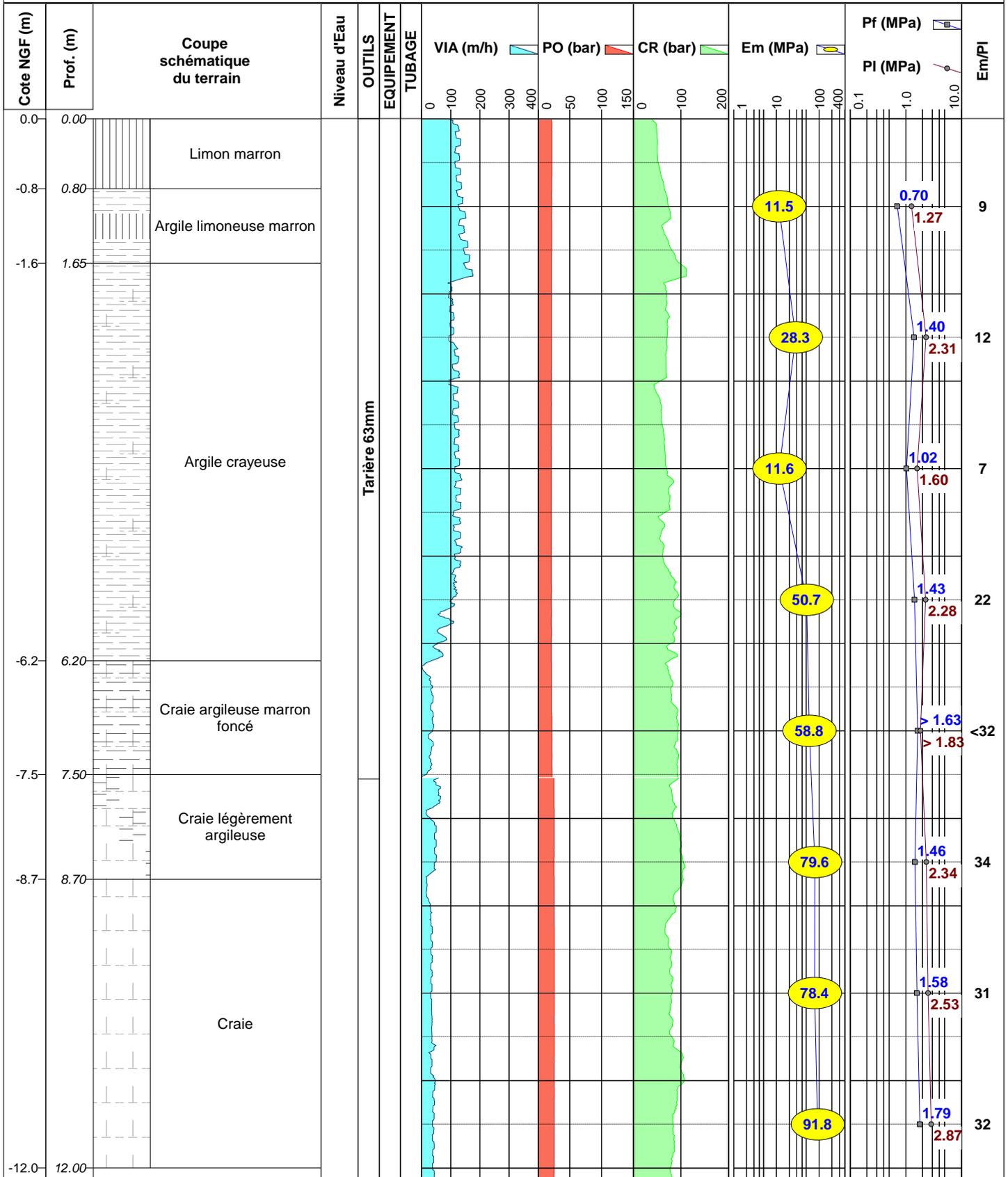
Machine : EMC1750

Date : 27/09/18

Début : 0,00 m

Fin : 12,15 m

Echelle : 1 / 60





Client : **ITM Immo Log**

Etude : **St Hilaire les Andresis (45)**

Remarque : *Extension*

X :
Y :
Z :
Inclinaison :

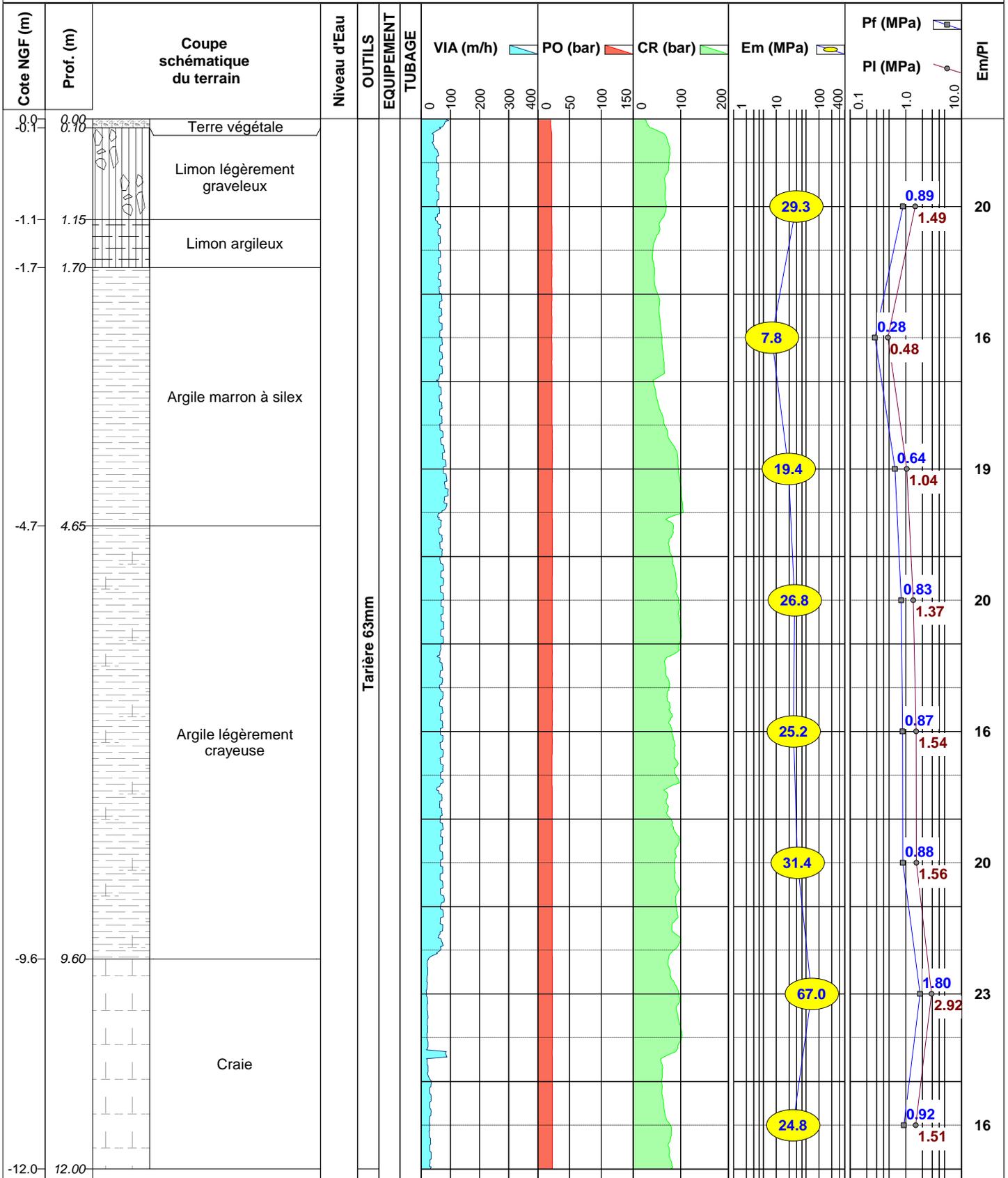
Machine : EMC1750

Date : 25/09/18

Début : 0,00 m

Fin : 12,00 m

Echelle : 1 / 60





Client : **ITM Immo Log**

Etude : **St Hilaire les Andresis (45)**

Remarque : *Extension*

X :
Y :
Z :
Inclinaison :

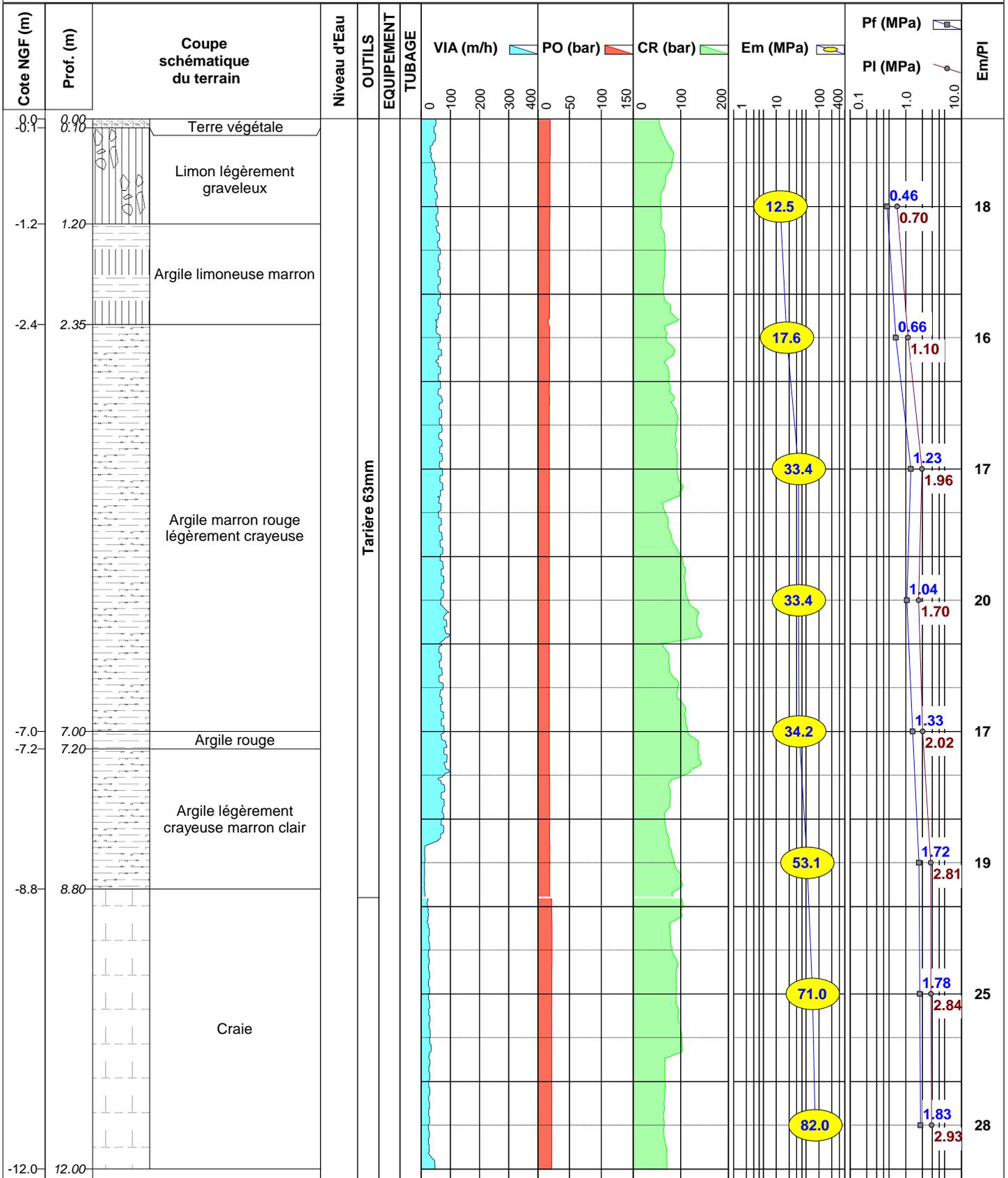
Machine : EMC1750

Date : 25/09/18

Début : 0,00 m

Fin : 12,00 m

Echelle : 1 / 60





Client : **ITM Immo Log**

Etude : **St Hilaire les Andresis (45)**

Remarque : *Extension*

X :
Y :
Z :
Inclinaison :

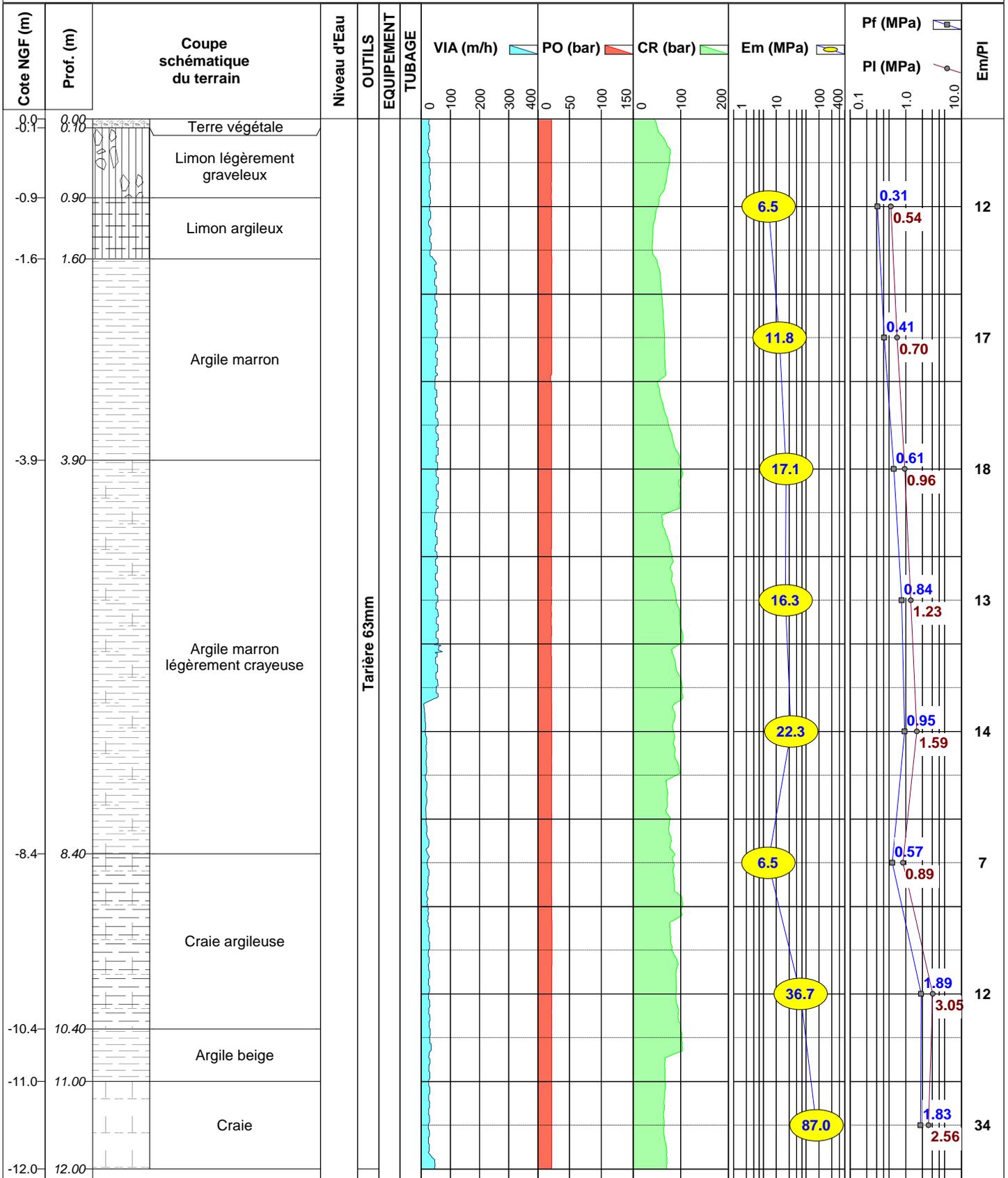
Machine : EMC1750

Date : 26/09/18

Début : 0,00 m

Fin : 12,00 m

Echelle : 1 / 60





Client : **ITM Immo Log**

Etude : **St Hilaire les Andresis (45)**

Remarque : *Extension*

X :

Y :

Z :

Inclinaison :

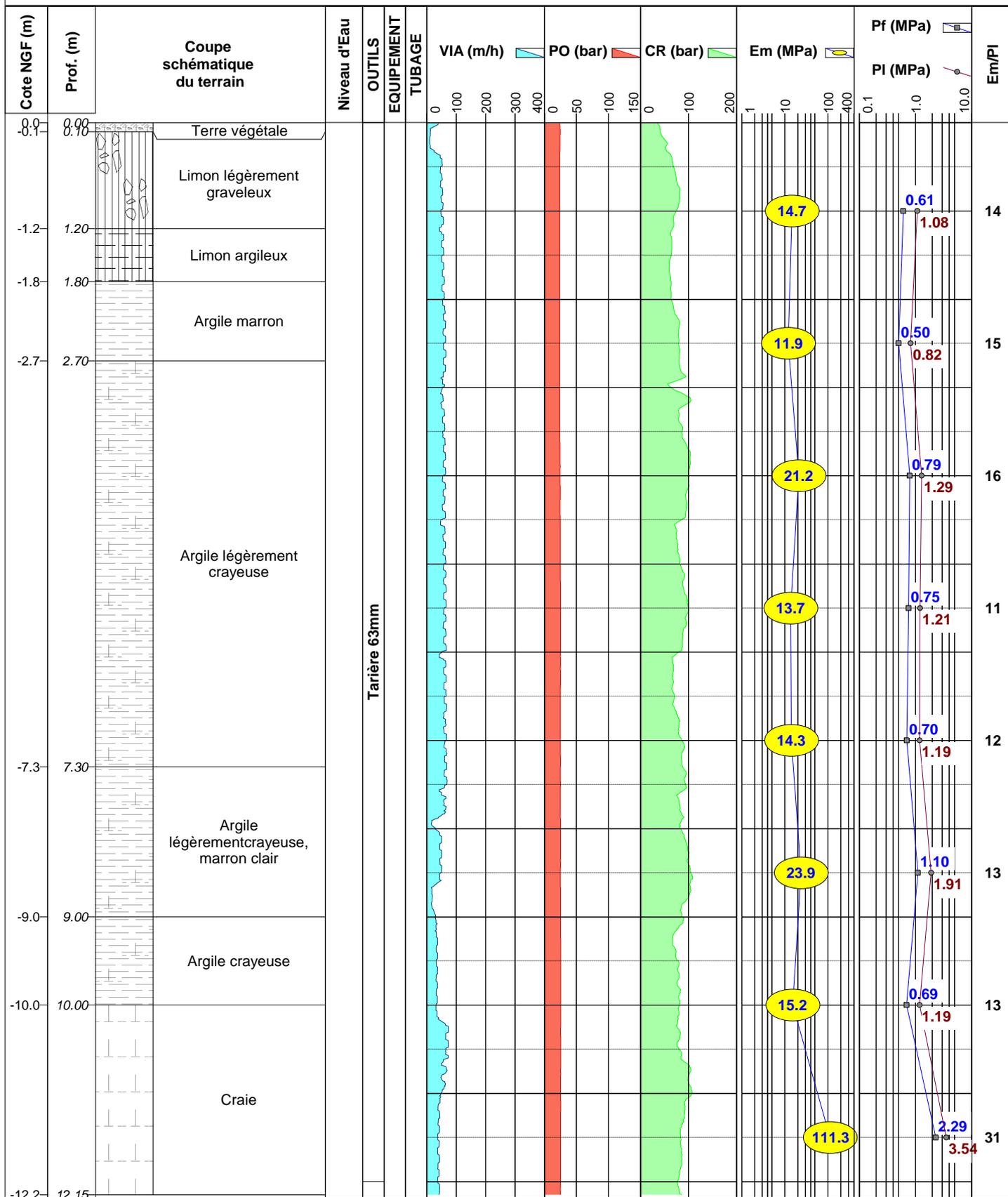
Machine : EMC1750

Date : 27/09/18

Début : 0,00 m

Fin : 12,15 m

Echelle : 1 / 60



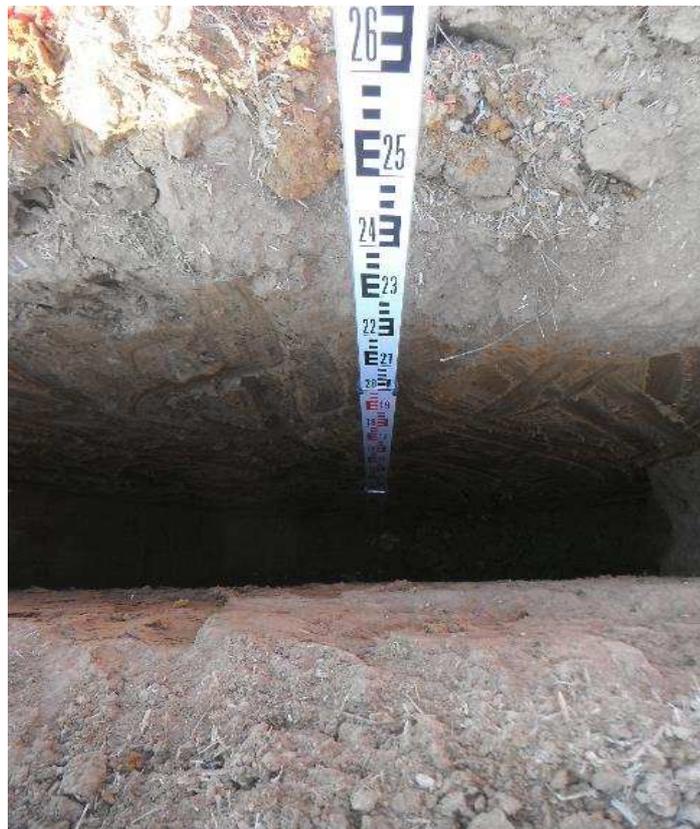
PRISES DE VUES SONDAGES A LA PELLE

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



SONDAGE A LA PELLE MECANIQUE

N° de sondage : RF1

Pelle :

Z :

Niveau eau : -

Observations :

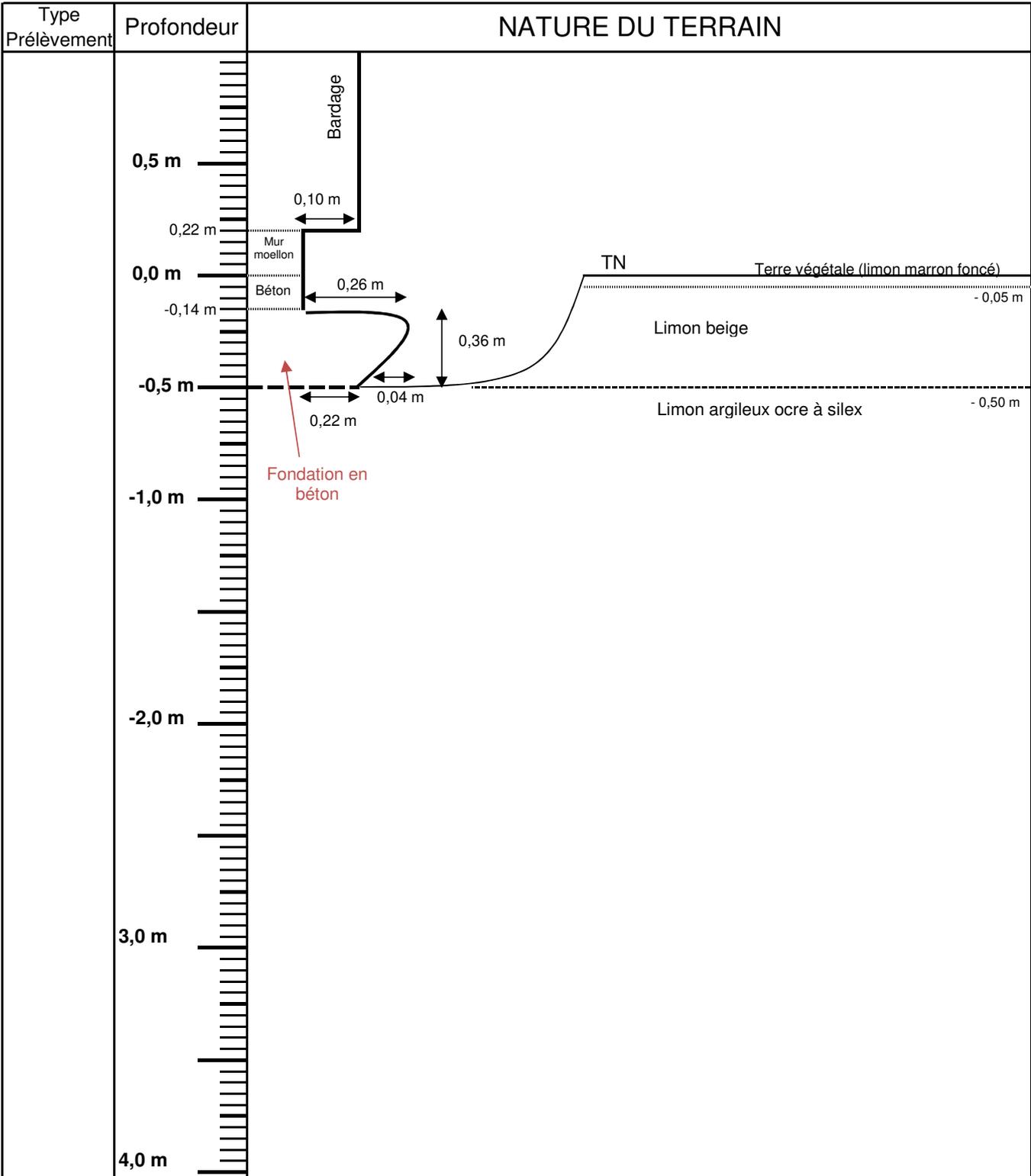
Reconnaissance de fondation du bâtiment "local de charge"

Fondation superficielle filante

Fondation descend en biais

Tenue des parois :

bonne
 mauvaise



SONDAGE A LA PELLE MECANIQUE

N° de sondage : RF1

Pelle :

Z :

Niveau eau : -

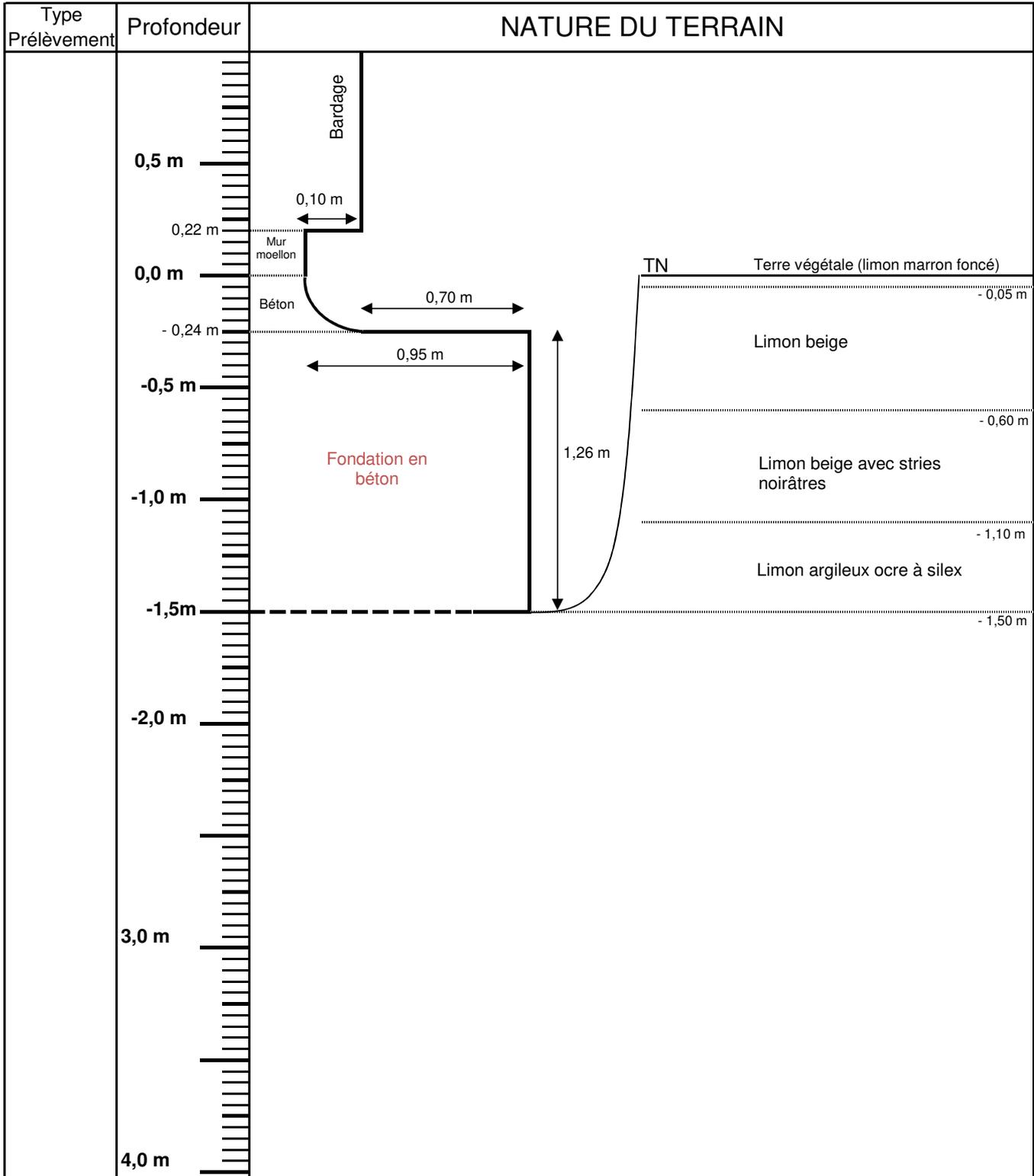
Observations :

Reconnaissance de fondation du bâtiment "local de charge"

Fondation superficielle isolée

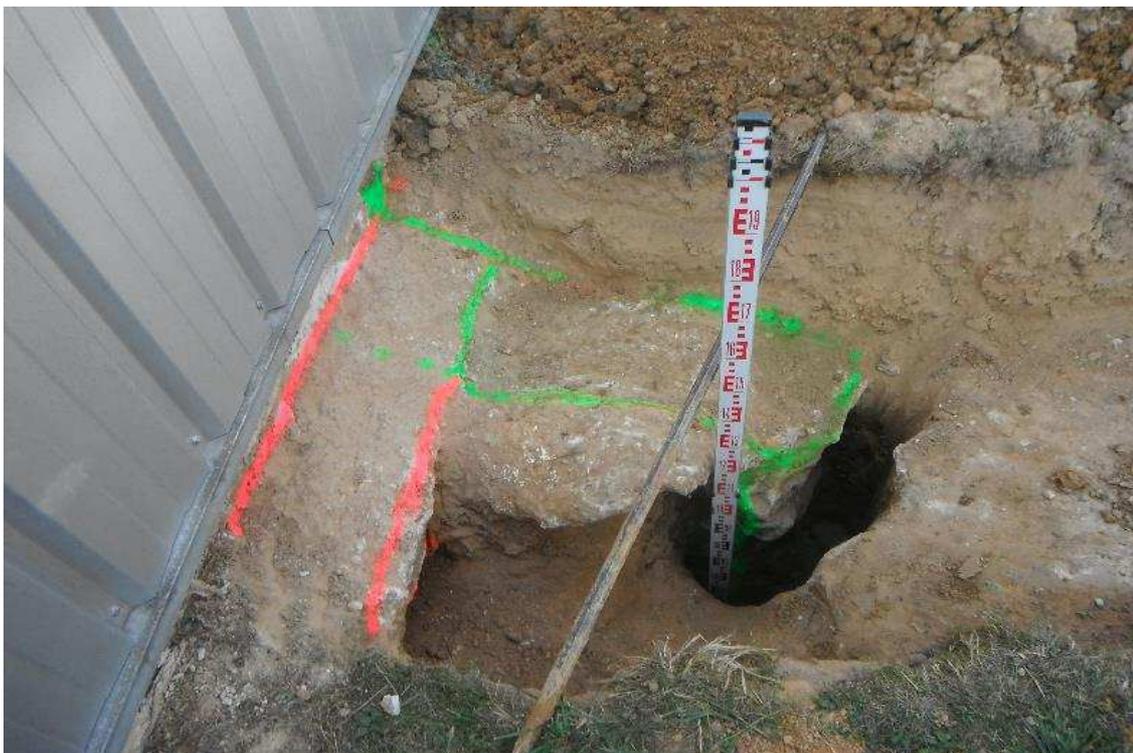
Tenue des parois :

bonne
 mauvaise



PRISES DE VUES SONDAGES A LA PELLE

RF1





PRISES DE VUES SONDAGES A LA PELLE

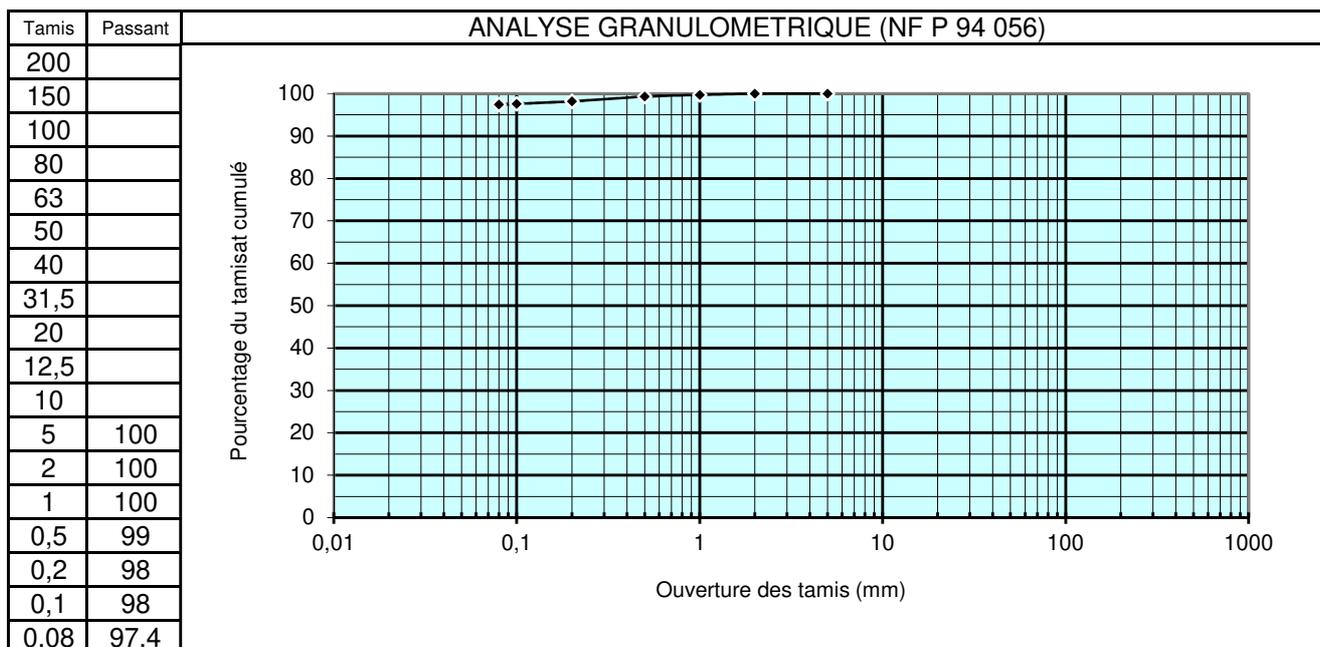
RF1



Annexe 5 : Présentation des essais en laboratoire

ESSAIS D'IDENTIFICATION SUR SOLS

Nature des matériaux :	Limon argileux	Date du prélèvement : 27/09/2018
Provenance des matériaux :	PM2	Date des essais : 02/10/2018
Profondeurs :	0.6 m	Opérateurs : MR
Observations :	marron	



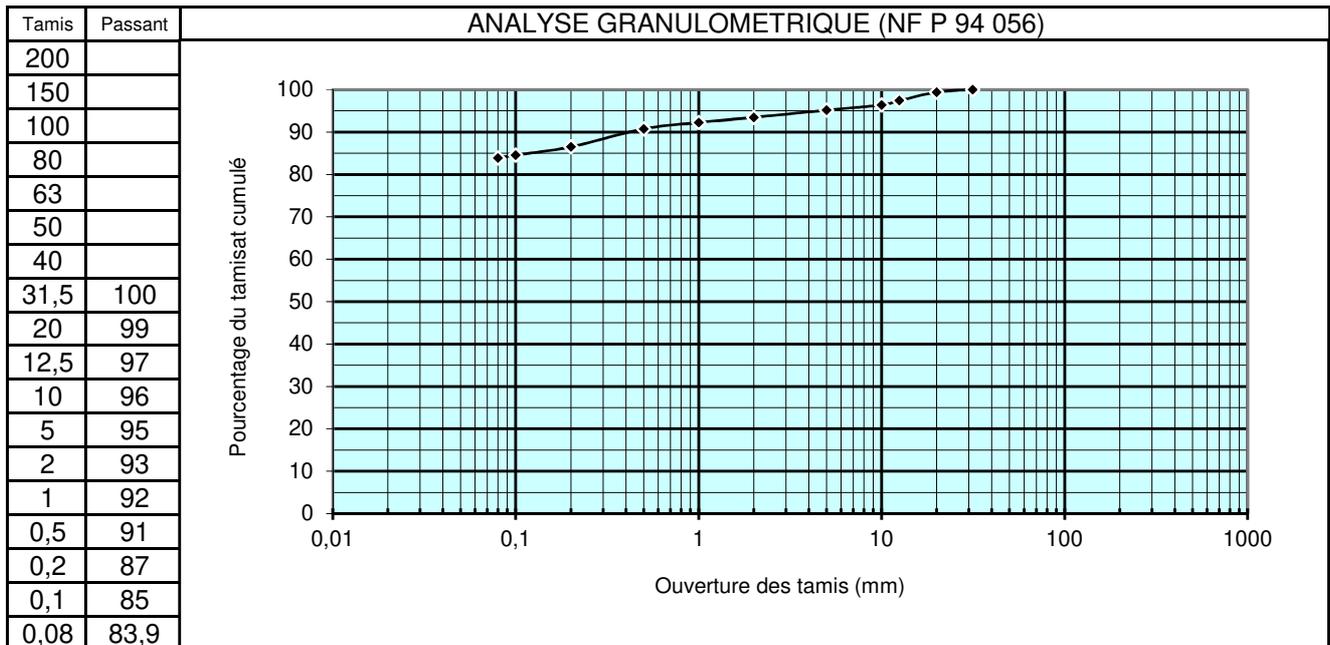
AUTRES PARAMETRES D'IDENTIFICATION

Norme	Essai	Résultat	Spécification
NF P 94 056	Passant à 0,08 mm sur fraction 0/50 =	97,4%	
NF P 94 056	D max =	5,0 mm	
NF P 94 056	Coefficient d'uniformité Cu =		
NF P 94 050	Teneur en eau sur 0/20	19,8 %	
NF P 94 068	Valeur au bleu VBS =	3,2	
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)	/	t/m ³
CLASSIFICATION GTR :		A2	

Observations :

ESSAIS D'IDENTIFICATION SUR SOLS

Nature des matériaux :	Limon légèrement sableux	Date du prélèvement : 27/09/2018
Provenance des matériaux :	PM3	Date des essais : 02/10/2018
Profondeurs :	0.4 m	Opérateurs : MR
Observations :	marron ; qqls graviers	



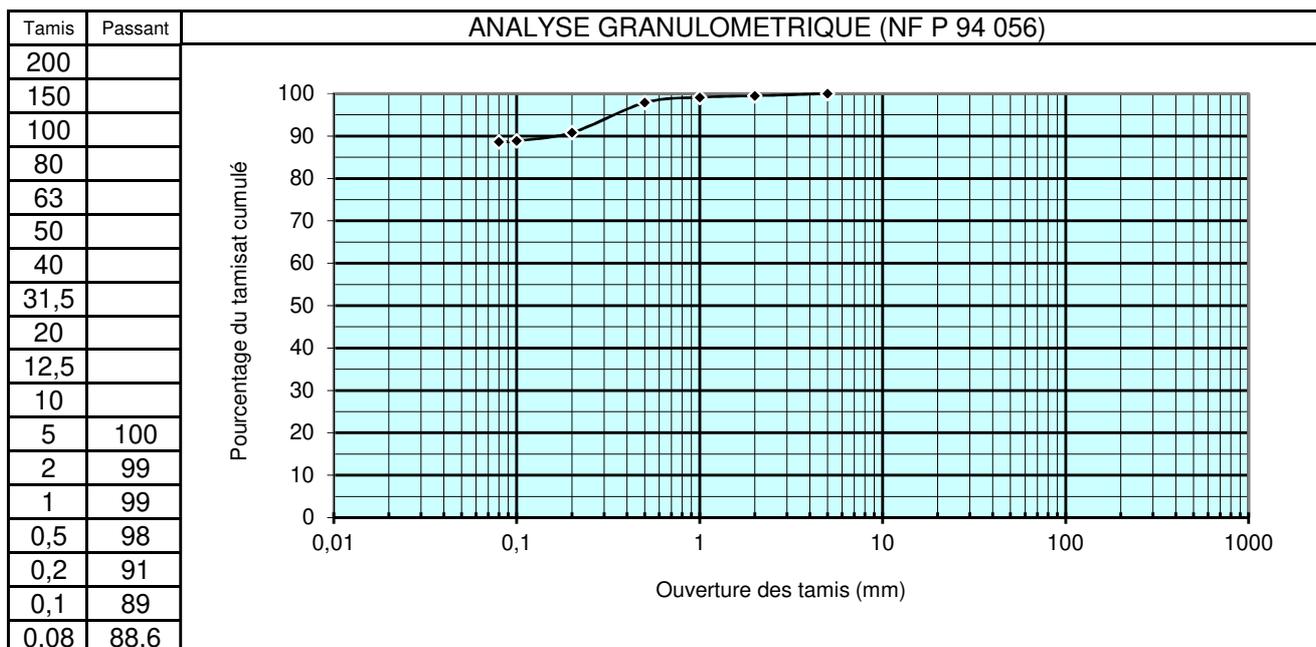
AUTRES PARAMETRES D'IDENTIFICATION			
Norme	Essai	Résultat	Spécification
NF P 94 056	Passant à 0,08 mm sur fraction 0/50 =	83,9%	
NF P 94 056	D max =	31,5 mm	
NF P 94 056	Coefficient d'uniformité Cu =		
NF P 94 050	Teneur en eau sur 0/20	8,2 %	
NF P 94 068	Valeur au bleu VBS =	1,5	
NF P 94 051	Limites 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)	/	t/m ³
CLASSIFICATION GTR :		A1	

Observations :

ESSAIS D'IDENTIFICATION SUR SOLS

Nature des matériaux : Argile limoneuse finement sableuse
 Provenance des matériaux : PM5
 Profondeurs : 0,6 - 0,75 m
 Observations : bariolée : marron/orange/gris

Date du prélèvement : 27/09/2018
 Date des essais : 02/10/2018
 Opérateurs : MD



AUTRES PARAMETRES D'IDENTIFICATION

Norme	Essai	Résultat	Spécification
NF P 94 056	Passant à 0,08 mm sur fraction 0/50 =	88,6%	
NF P 94 056	D max =	5,0 mm	
NF P 94 056	Coefficient d'uniformité Cu =		
NF P 94 050	Teneur en eau sur 0/20	20,1 %	
NF P 94 068	Valeur au bleu VBS =	4,6	
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)	9,8	/ 1,72 t/m ³
NF P 94 093	Essai Proctor Normal (%W _{OPN} / ρ _{dOPN})	20,0%	/ 1,72 t/m ³
CLASSIFICATION GTR :		A2 m	

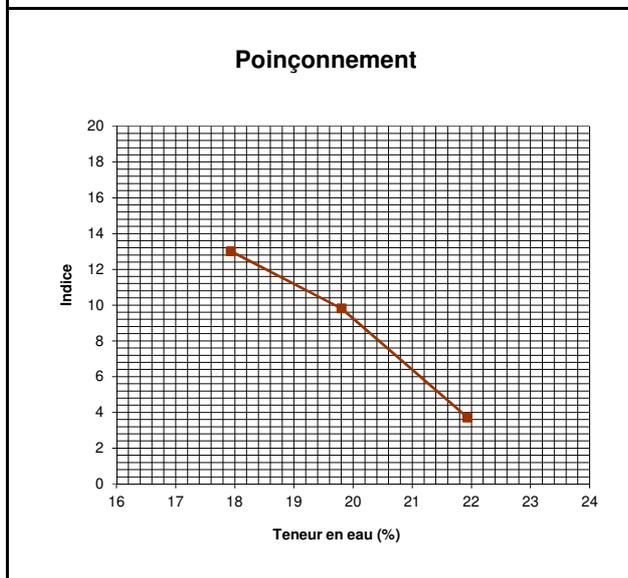
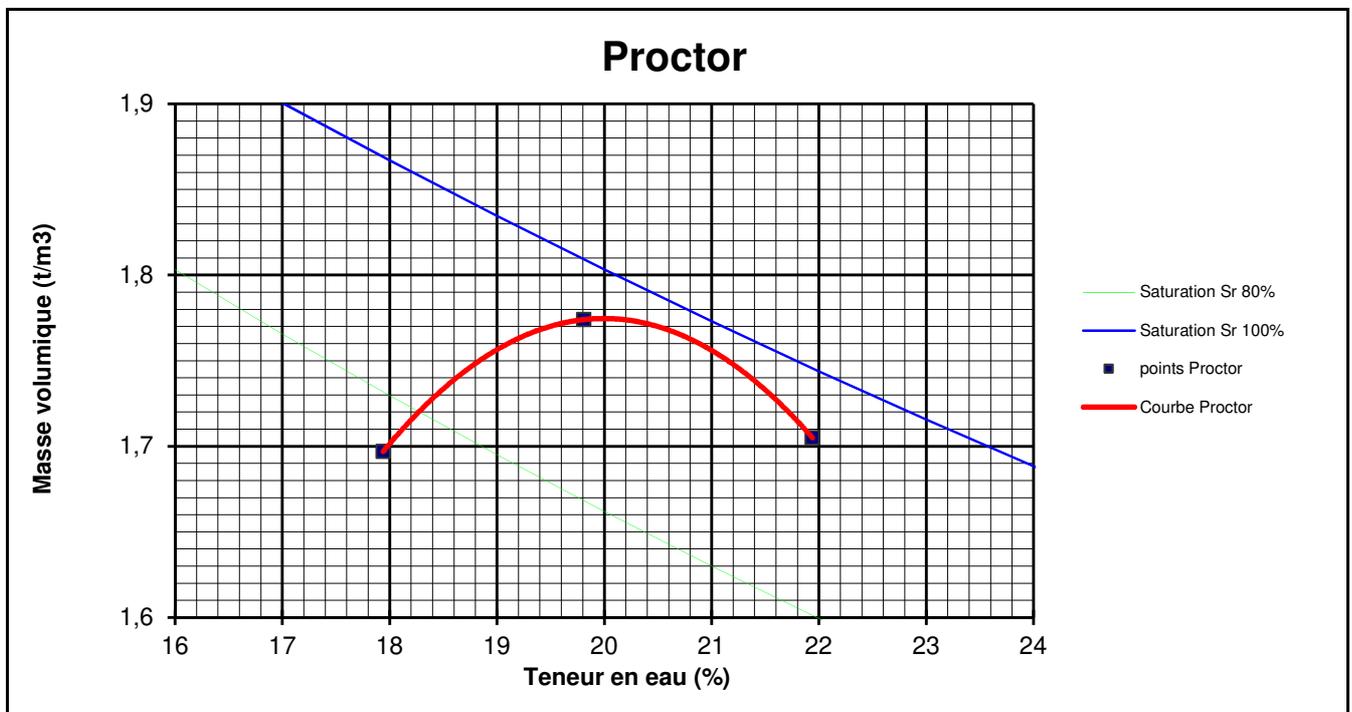
Observations :



COMPTE RENDU D'ESSAI PROCTOR NF P 94 093

Nature des matériaux :	Argile limoneuse lgt sableuse marron	Date du prélèvement :	27/09/2018
Classification GTR :	A2	Date des essais :	04/10/2018
Provenance des matériaux :	PM5	Opérateurs :	MR+CF
Profondeur :	0,60 - 0,75 m		
Observations :			

Teneur en eau	17,9	19,8	21,9				%		Energie : Normale
Masse volumique sèche	1,65	1,72	1,66				t/m ³		Moule : CBR
Teneur en eau							%		
Masse volumique sèche							t/m ³		ρs estimée 2,70 t/m3
Poinçonnement IPI	13	9,8	3,7						W% naturelle 20,1 %



Résultats :

Sur la fraction 0/20 ρd OPN= 1,72 t/m3
 W OPN= 20,0 %

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

Sur la fraction 0/D ρd ' OPN= 1,72 t/m3
 W' OPN= 20,0 %

Observations :

**POINCONNEMENT CBR ou IPI - Immersion NF P 94-078**Provenance échantillon : **PM5 (0,5 - 0,6 m)**

Date du prélèvement : 27/09/2018

Nature du matériau : **A2 (argile limoneuse finement sableuse) + 2% CaO**

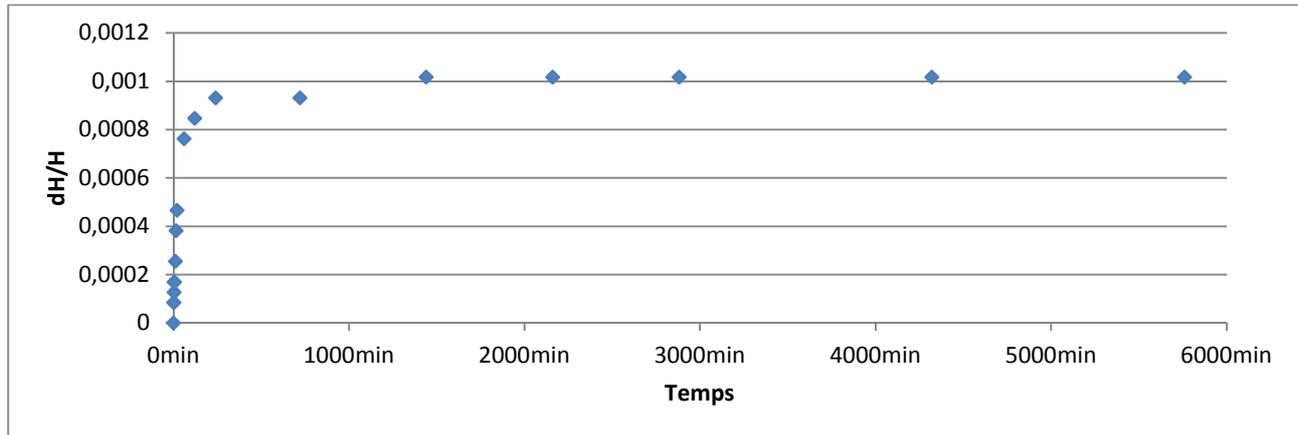
Date de l'essai : 05/10/2018

Opérateurs : **CF****CONFECTION DU MOULE**INDICE :
ENERGIE :CBR
normaleIPI
modifiée

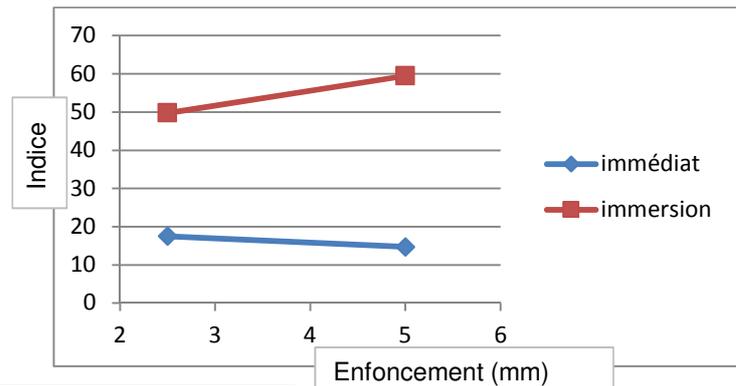
Moule	Poids total humide :	15259
	Poids du moule :	11232
	Poids du sol humide :	4027
	Volume du moule :	2114
	$\rho_{\text{humide}} (t/m^3)$:	1,905
	$\rho_{\text{sèche}} (t/m^3)$:	1,591

Teneur en eau	PH :	285
	PS :	238
	W% :	19,7%

	Lecture	Indice
E 2.5 mm	39	17,5
E 5 mm	49	14,7
Indice immédiat	17,5	

**MOULE APRES IMMERSION**

Teneur en eau	PH :	456
	PS :	371
	W% :	22,9%



	Lecture	Indice
E 2.5 mm	153	49,74
E 5 mm	273	59,45
Indice immersion	59,45	

Déformation
$G = \Delta H/H * 100$
$G = \mathbf{0,102\%}$

Remarque :

POINCONNEMENT CBR ou IPI - Immersion NF P 94-078

Provenance échantillon :	PM5 (0,5 - 0,6 m)	Date du prélèvement :	27/09/2018
Nature du matériau :	A2 (argile limoneuse finement sableuse) + 2% CaO + 5% ciment	Date de l'essai :	05/10/2018
			Opérateurs : CF

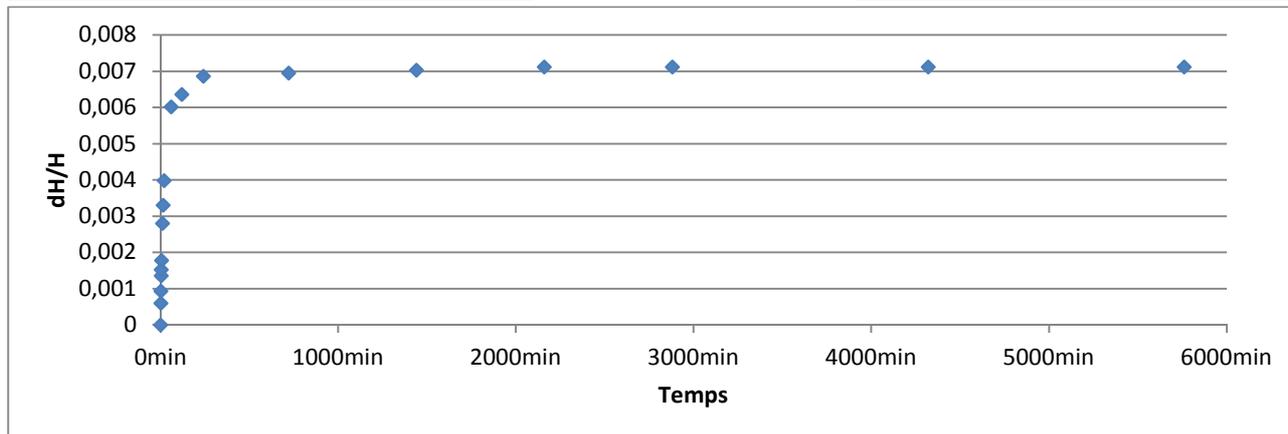
CONFECTION DU MOULE

INDICE : CBR normale IPI modifiée
ENERGIE :

Moule	Poids total humide :	15172
	Poids du moule :	11249
	Poids du sol humide :	3923
	Volume du moule :	2114
	$\rho_{\text{humide}} (t/m^3)$:	1,856
	$\rho_{\text{sèche}} (t/m^3)$:	1,561

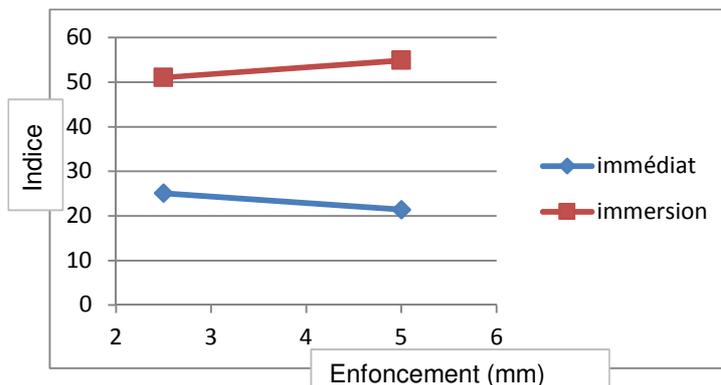
Teneur en eau	PH :	497
	PS :	418
	W% :	18,9%

	Lecture	Indice
E 2.5 mm	56	25,1
E 5 mm	71	21,4
Indice immédiat	25,1	



MOULE APRES IMMERSION

Teneur en eau	PH :	388
	PS :	313
	W% :	24,0%



	Lecture	Indice
E 2.5 mm	157	51,04
E 5 mm	252	54,88
Indice immersion	54,88	

Déformation
$G = \Delta H/H * 100$
G = 0,712%

Remarque :