



GEOTECHNIQUE EST

672, rue des Mercières
69140 RILLIEUX LA PAPE

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

contact69@geotechnique-sas.com

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

3 bâtiments (A, B et C)
Extension de la ZI de l'Alouette
Chemin de Lens
BULLY LES MINES (62)

Client :
CLC Ingénierie
ZA du Moulin
12, rue de la Cense des Raines
59710 ENNEVELIN

ETUDES
RECONNAISSANCES
ANALYSES
AUSCULTATION

Dossier 2018-04-76					Fichier : 2018-04-76 LD 001A
C					
B					
A	06/06/2018	L. DEROCHE	J. SANCHEZ	G. FOUILLAND-BERGEAT	Version complète
O	25/05/2018	L. DEROCHE	J. SANCHEZ	-	Version provisoire
Indice	Date	Établi par	Vérifié par	Validé par	Modification / Observations

PLAN DU RAPPORT

1.	INTRODUCTION	2
2.	CONDITIONS DE SITE ET DESCRIPTION DE L'OUVRAGE	2
2.1	Conditions générales	2
2.2	Etude risque cavités.....	5
2.3	Etude hydrogéologique	7
2.4	Description de l'ouvrage.....	9
3.	CONTENU DE LA RECONNAISSANCE.....	10
3.1	Les forages destructifs	10
3.2	Les essais pressiométriques Ménard	10
3.3	Les essais pénétrométriques.....	10
3.1	Les sondages à la pelle mécanique	11
4.	CONTEXTE GEOTECHNIQUE	11
4.1	Terre végétale	11
4.2	Limon graveleux	11
4.3	Craie.....	12
4.4	Hydrogéologie.....	14
4.5	Sismicité.....	14
5.	ANALYSE ET RECOMMANDATIONS POUR LES TERRASSEMENTS ET LES PLATES-FORMES	14
5.1	Recommandations générales.....	14
5.2	Terrassements	15
5.3	Couche de forme bâtiment et voiries	17
5.4	Stabilité des talus	18
5.5	Pré dimensionnement des voiries lourdes	18
6.	ANALYSE ET RECOMMANDATIONS POUR LES FONDATIONS.....	19
6.1	Système de fondation	19
6.2	Calcul de la capacité portante.....	19
6.3	Calcul des tassements au droit des appuis.....	20
6.4	Dispositions constructives générales.....	20
7.	ANALYSE ET RECOMMANDATIONS POUR LES DALLAGES.....	21
7.1	Tassements sous les dallages.....	21
7.2	Valeurs de tassements.....	21
7.3	Paramètres pour le dimensionnement des dallages	21
	ANNEXES	22

1. INTRODUCTION

A la demande de VIRTUO INDUSTRIAL PROPERTY et pour le compte CLC INGENIERIE, GEOTECHNIQUE EST a réalisé une étude géotechnique de type G2 AVP, au droit du site, réservé à l'implantation des bâtiments logistiques A, B et C, sur la zone d'extension de la Z.I. de l'Alouette, sur la commune de BULLY LES MINES (62).

Cette étude a pour objet de déterminer :

- le contexte géologique et hydrologique,
- les caractéristiques géotechniques des terrains en place,
- les conditions de fondation, de réalisation du dallage et des terrassements.

Nos conclusions sont basées sur :

- la reconnaissance visuelle du site,
- l'étude de sa géologie,
- des sondages,
- des essais in-situ,
- des essais de laboratoire,

Documents en notre possession :

- plan de situation du terrain, en format pdf,
- plan de division (plan provisoire) – Projet n°2 – Lot VIRTUO, référencé L16.005.310.04, du 02/03/2017, en format pdf,
- plan topographique et parcellaire, référencé L10/005/221/06, de septembre 2010, en format dwg,
- plan de masse général, en format jpg,
- plan des parcelles avec réseaux GRTGAZ et EDF, en format jpg.

2. CONDITIONS DE SITE ET DESCRIPTION DE L'OUVRAGE

2.1 Conditions générales

La zone réservée à l'implantation des trois bâtiments logistiques concernés par notre étude, est située au Sud du territoire communal de Bully les Mines (62). La superficie totale de la zone d'étude est de 163 221 m². Elle se trouve au droit de l'extension de la Z.I. de l'Alouette, au Sud de l'A21. Le terrain est divisé en quatre lots :

- Lot A de 84904 m² au Sud-Ouest
- Lot B de 50686 m² au Nord
- Lot C de 25807 m² au Sud-Est
- Lot D de 1829 m² à l'Est (voirie commune)

Le terrain est délimité au Nord par l'A21, à l'Est par une limite de propriété non visible dans le paysage, au Sud par le chemin de Lens, puis par une limite de propriété non visible dans le paysage et à l'Ouest par des parcelles occupées par des villas.

Le terrain est occupé pour partie par un champ labouré (*photo 1*), par une zone plantée de culture (*photo 2*) et par une zone plantée de blé (*photo 3*).



Photo 1



Photo 2



Photo 3

D'après le plan topographique de la zone d'étude, le terrain se situe à des altitudes comprises entre 71 et 88 NGF. Le terrain est penté du Sud-est vers le Nord-ouest.

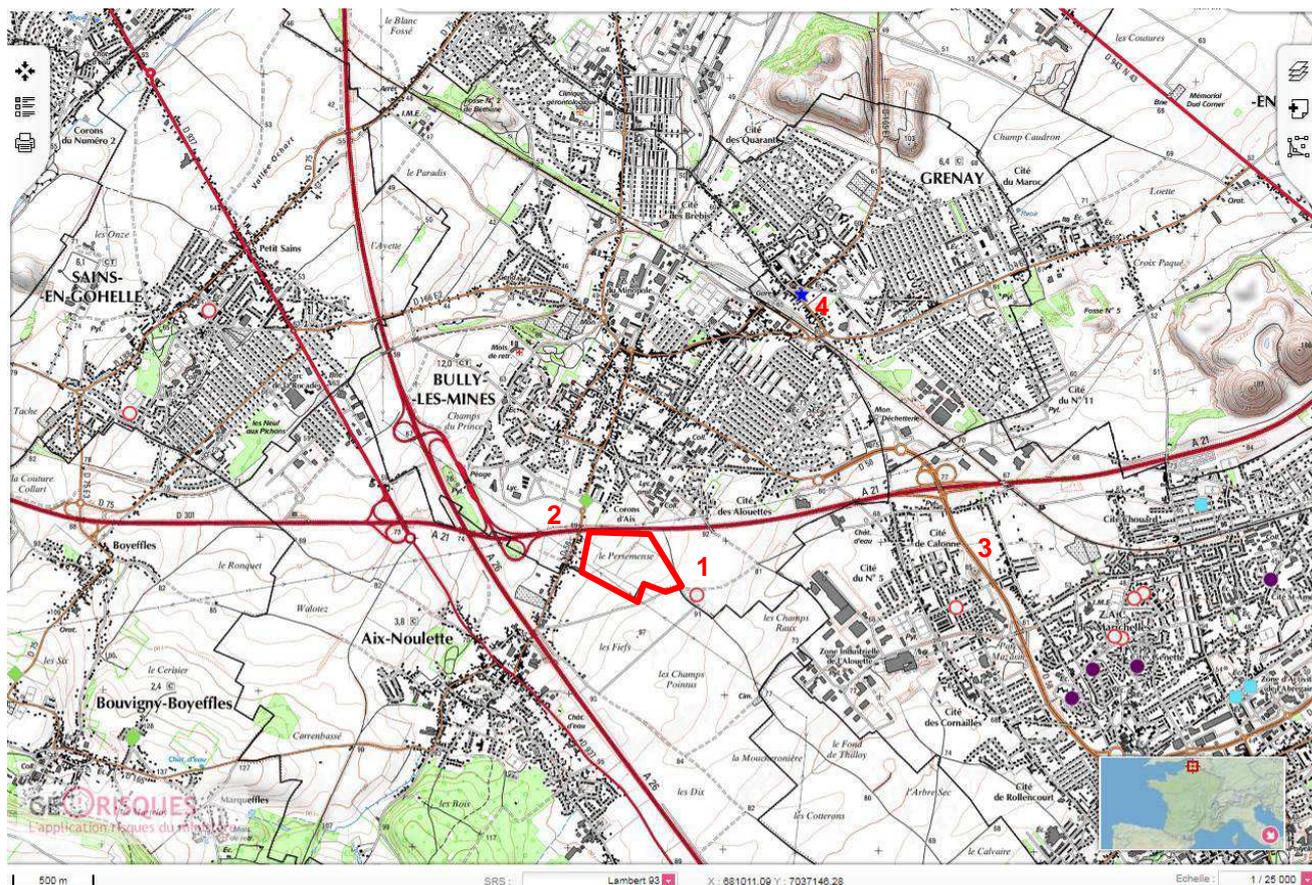
D'après la carte géologique n°19 de Béthune, les terrains de surface attendus sont des Craies sénoniennes à Micraster Decipiens.

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

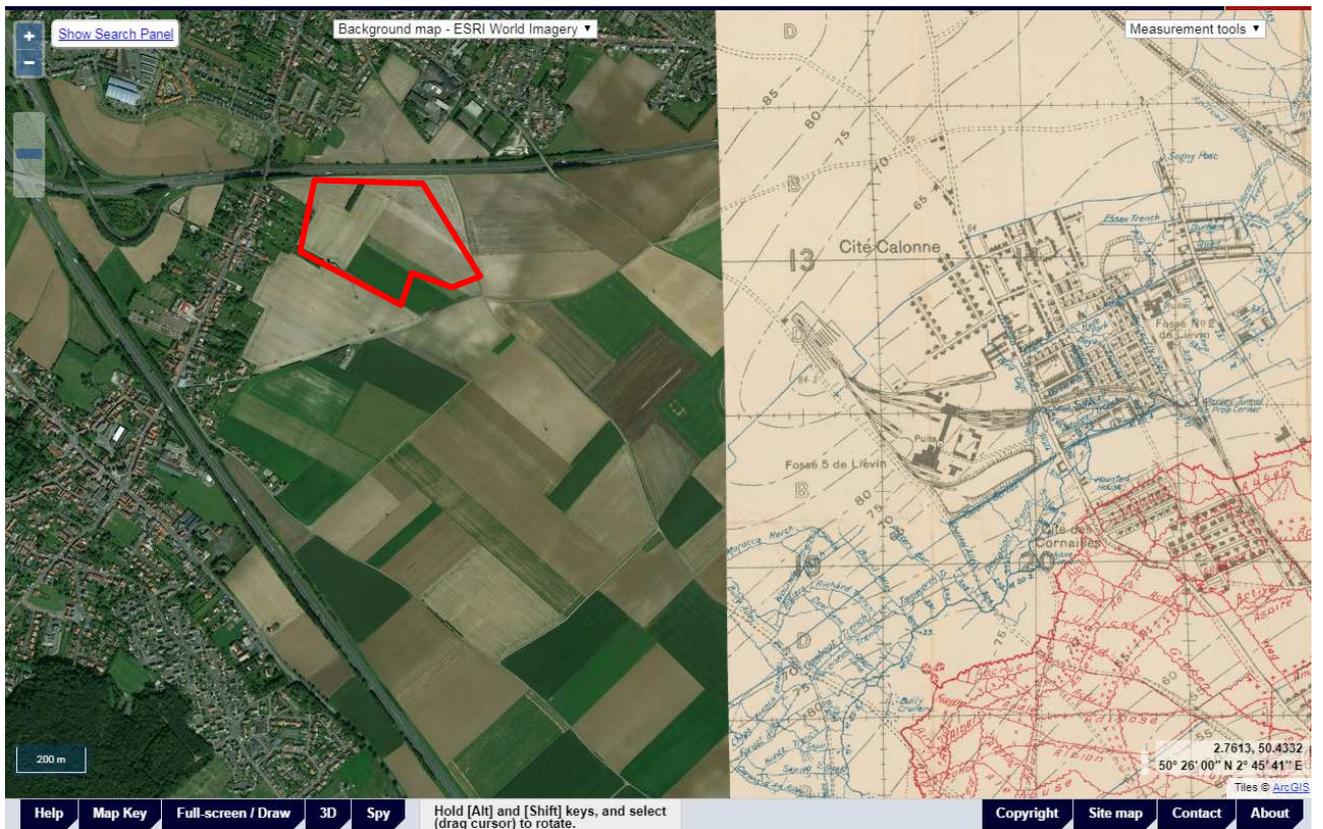
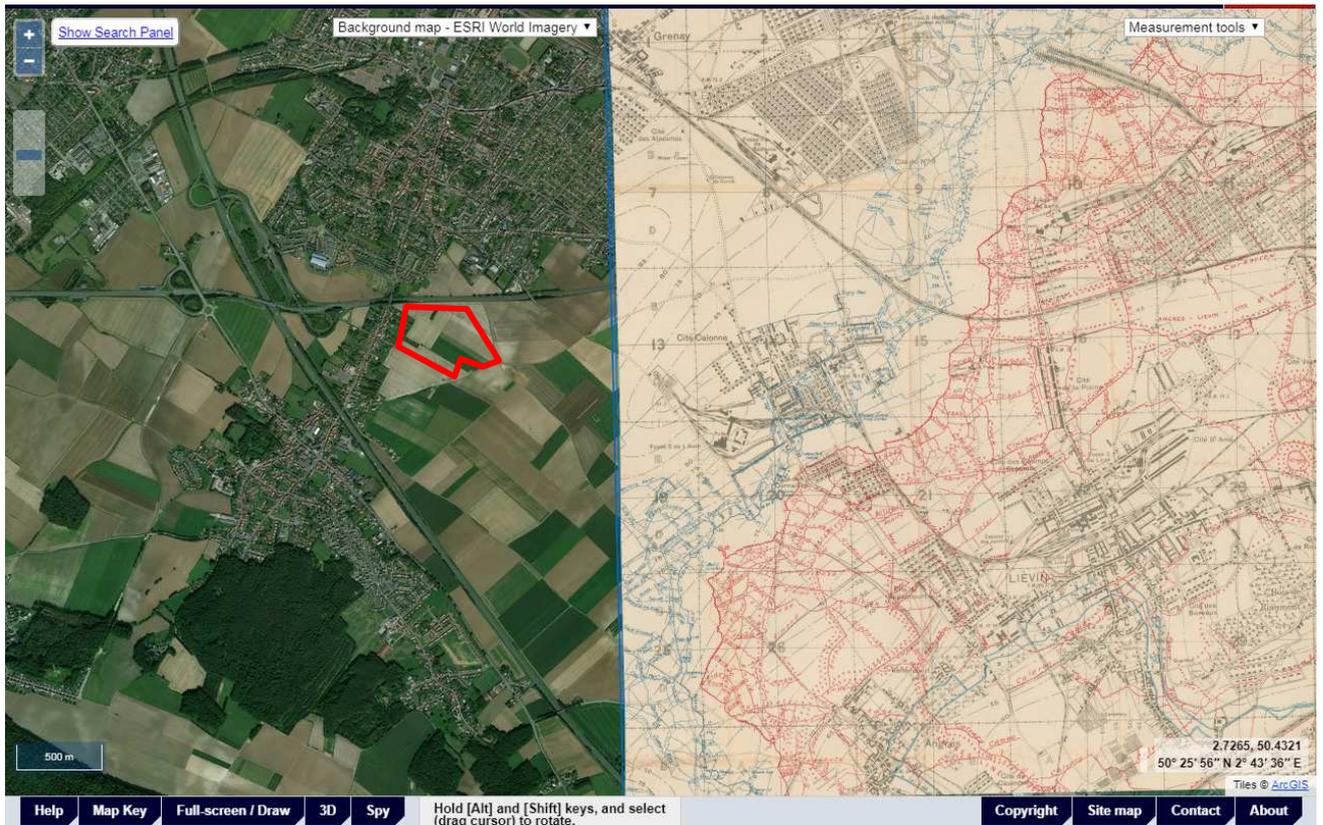
Le site se trouve en zone d'aléa très faible vis-à-vis du risque d'inondation dans les sédiments, d'après la carte éditée par le BRGM.

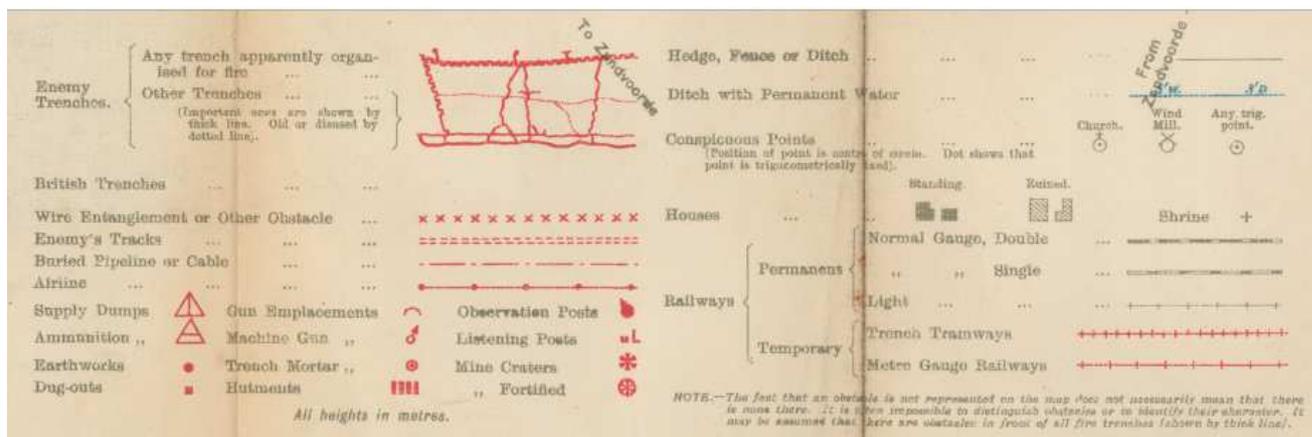
Le site se trouve en zone 2, risque faible selon le zonage sismique de la France établi par la délégation aux risques majeurs du ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement.

2.2 Etude risque cavités



Point	Réf Géoriques	Type	Complément
1	NPCAW0017688 (rond rouge)	Effondrement ou affaissement	sur la parcelle C 394 de l'ancien cadastre
2	NPCAW0008621 (carré vert)	Présence d'un point d'accès	à la carrière 6 rue Pasteur (cadastre: 000 AS 144) (en Lambert 2 étendu : X= 627256.9 Y= 2604986.0). Cette carrière s'étendrait peut-être jusqu'à Aix-Noulette
3	NPCAW0013866 (rond rouge)	Effondrement de galerie	entre 12 et 15 m de profondeur dans la craie, en 1984
4	NPCAW0009113 (étoile bleue)	Eboulement de l'accès	entre les rues Arthur LAMENDIN, François BEAUCAMP et Jules GUESDE : 2 puits de descente. Le souterrain part de l'Eglise et se dirige vers le carrefour des rues Louis ARAGON et François BEAUCAMP (direction Sud-Est)





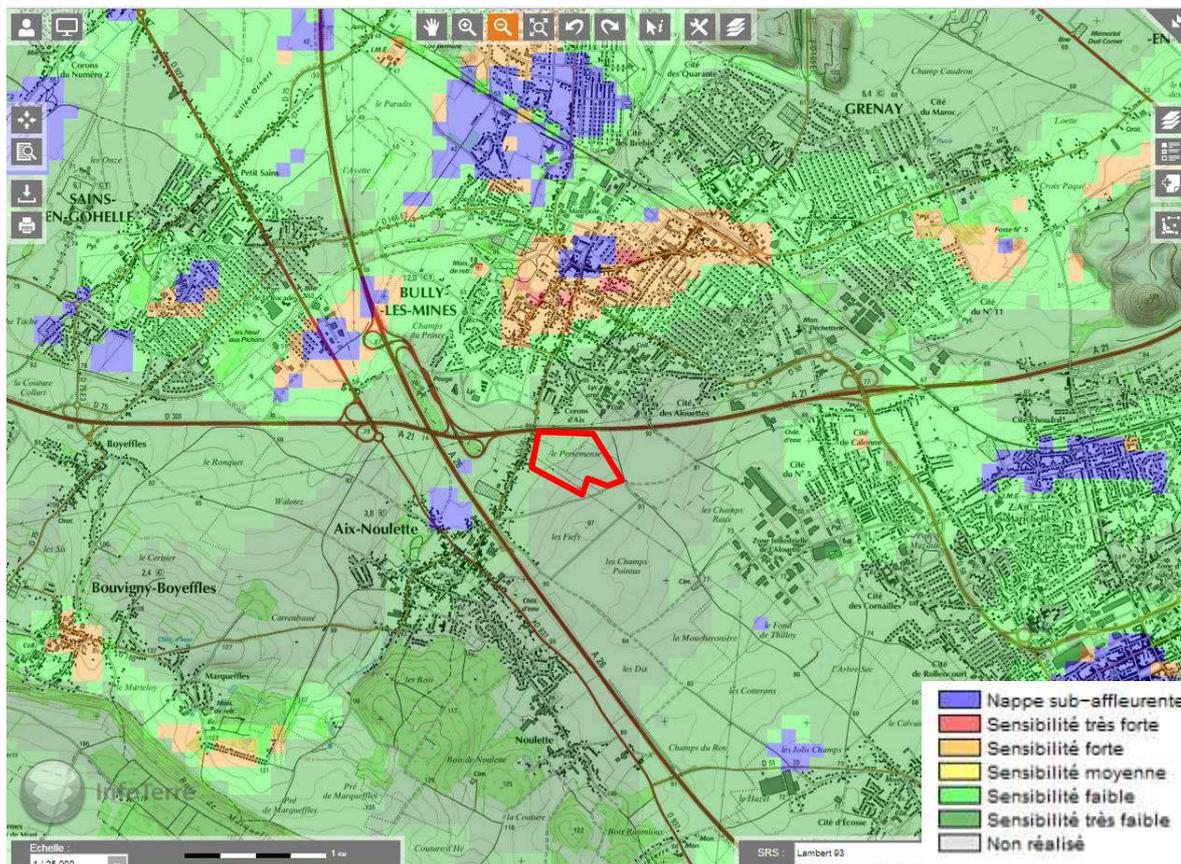
Le projet se situe en dehors des cartes de repérage des tranchées anglaises et allemandes. Cependant, la ligne de front est proche. Il est possible que quelques galeries éparses prennent place au droit du terrain.

2.3 Etude hydrogéologique

➤ Masse d'eau souterraine

Du point de vue hydrogéologique, le sous-sol de la région de Bully les Mines renferme des nappes d'origine sédimentaire. La masse d'eau référencée au droit du terrain est la « Craie de la Vallée de la Deûle ». Il s'agit d'une nappe libre ou captive suivant les zones.

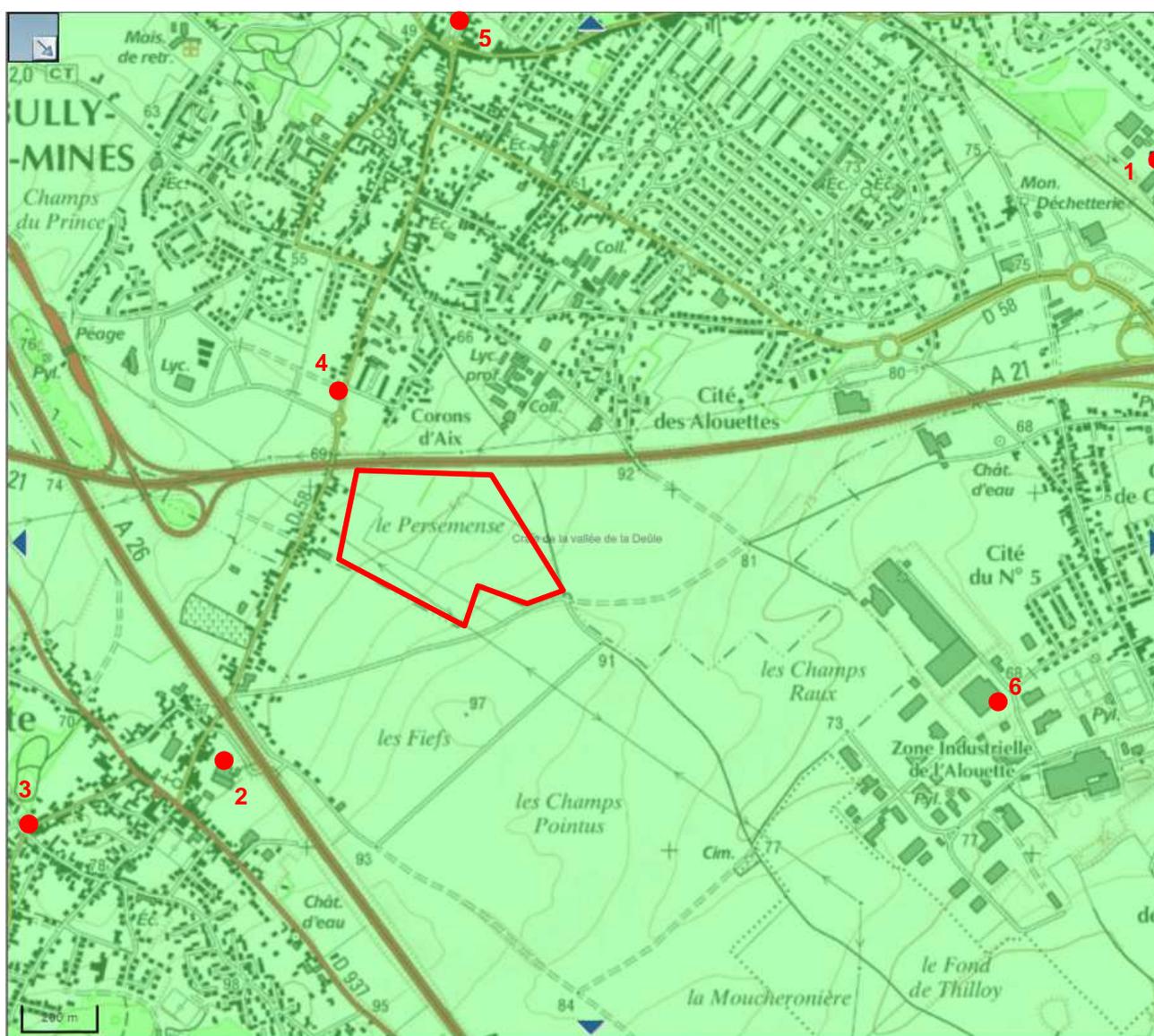
Selon le BRGM, les risques de remontées de nappe au droit du projet sont faibles à très faibles.



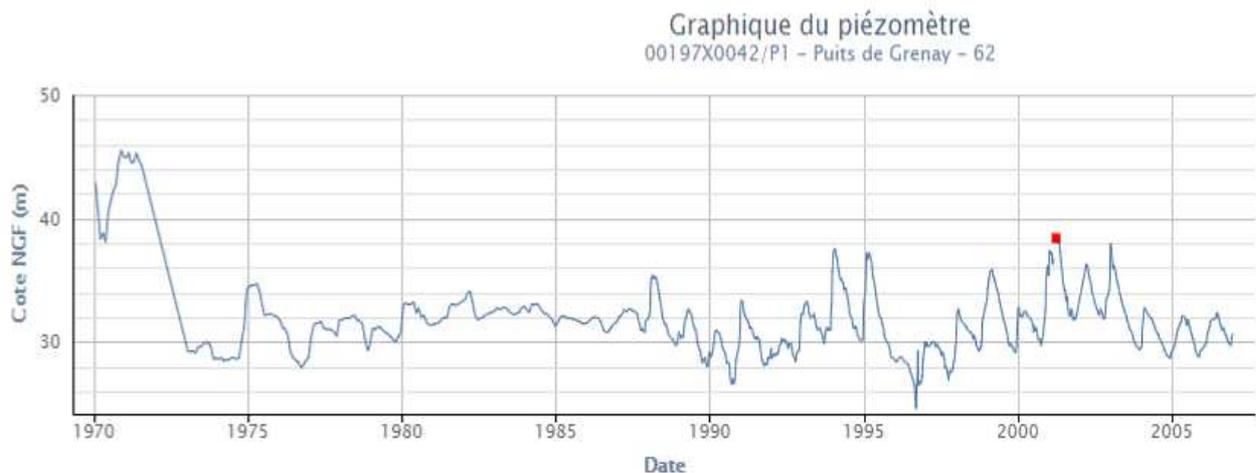
➤ **Suivis et niveaux de nappe**

Six forages ont été référencés comme points d'eau à proximité de la zone d'étude. De plus, nous disposons d'un piézomètre avec des données de suivi régulier entre 1970 et 2006 (*point 1*).

Point	Référence BRGM	Profondeur d'eau	Date de mesure	Altitude
1	00197X0042/P1	26.91 à 47.8 m	25/01/1970 à 25/12/2006	24.6 à 45.49 NGF
2	00197X0341/F1	27.1 m	12/09/1997	43.9 NGF
3	00197X0092/P1	19.1 m	13/05/1968	54.9 NGF
4	00197X0147/PH	22.2 m	22/02/1963	37.8 NGF
5	00197X0046/P1	16.4 m	24/07/1959	34.4 NGF
6	00197X0156/P3	30.9 m	1959	40.1 NGF



- Nappe alluviale
- Domaine sédimentaire
- Imperméable



Au droit du point n°1, le niveau des plus hautes eaux avait été atteint en novembre / décembre 1970 avec 45.49 NGF. Les niveaux les plus hauts régulièrement atteints ensuite sont de l'ordre de 38 NGF.

Durant la période de mesure, des cycles de variation saisonnière sont clairement visibles entre 1988 et 2006. Les niveaux les plus hauts sont alors atteints entre janvier et mai de chaque année.

2.4 Description de l'ouvrage

Le projet consiste en la réalisation de trois bâtiments logistiques :

- Bâtiment A de 36000 m² au sol environ, divisé en six cellules logistiques, locaux de charge, locaux techniques, bureaux, locaux sociaux, cuve sprinkler,
- Bâtiment B de 18000 m² environ, divisé en trois cellules avec locaux de charge, locaux techniques, bureaux, locaux sociaux, cuve sprinkler,
- Bâtiment C de 6000 m² avec locaux de charge, locaux techniques, bureaux, locaux sociaux.

Les projets comprennent également la création de places de stationnement VL, places d'attente PL, de cours camions, de voiries PL, de bassins, d'espaces verts.

Nous supposons des niveaux finis de bâtiments calés à

- 77.25 NGF, pour permettre un équilibre des déblais et des remblais, avec des épaisseurs de l'ordre de +/- 5.75 m pour le bâtiment A,
- 75.1 NGF avec des épaisseurs de l'ordre de +/- 2.9 m de déblais / remblais pour le bâtiment B,
- 82.35 NGF pour le bâtiment C, permettant des épaisseurs de déblais / remblais de +/- 3.05 m.

Les surcharges sur les dallages des entrepôts sont prises égales à 5 t/m², au droit des locaux techniques et des locaux de charge 1 t/m² et au droit des bureaux 0.5 t/m².

Au niveau des cuves sprinkler, les surcharges sont de 10 t/m².

Les descentes de charge sont inférieures à 150 tonnes à l'ELS par appui isolé.

Le trafic PL est pris par hypothèse d'environ 250 PL/jour.

3. CONTENU DE LA RECONNAISSANCE

Les travaux de reconnaissance sur site ont été réalisés du 11 au 18 mai 2018. Ils comportent :

- onze sondages avec essais pressiométriques tous les 1.5 m, descendus à 10 m de profondeur (SP1 à SP11),
- équipement avec des piézomètres au droit des sondages SP2, SP7 et SP11 à 10 m de profondeur,
- quinze essais pénétrométriques (PD1 à PD15), descendus au refus entre 3.7 et 8.1 m de profondeur,
- dix sondages de reconnaissance à la pelle mécanique (PM1 à PM10), descendus entre 2.4 et 2.55 m de profondeur,
- quatre essais de perméabilité de type Matsuo au droit des sondages PM2, PM3, PM9 et PM10.

Les essais en laboratoire associés ont été réalisés du 21 au 25 mai 2018. Ils comportent :

- seize mesures de la teneur en eau naturelle,
- cinq identifications complètes avec analyse granulométrique, une teneur en eau et la détermination de la valeur au bleu,
- dix dosages des teneurs en sulfates,
- deux essais Proctor,
- quatre essais CBR immergés traités,
- deux mesures de la densité des roches.

Les résultats complets sont présentés en annexe.

3.1 Les forages destructifs

Les forages destructifs pour essais pressiométriques ont été réalisés à l'aide d'une sondeuse hydraulique de type EMCI. Ils ont été forés à l'aide de tarières de 63 mm de diamètre.

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 de 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 (P_l tel que $P_l^* = P_l - P_o$), 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 PAGANI.

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 cm².

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 :

$$Rd = ((M^2 \times H) / e (M+T)) \times 1 / A$$

Les profils sont présentés en annexe.

3.1 Les sondages à la pelle mécanique

Les sondages à la pelle mécanique ont été réalisés à l'aide d'une mini-pelle à chenilles en caoutchouc. Les coupes précises du sol ont été effectuées au fur et à mesure de l'extraction des matériaux. Les sondages ont été rebouchés immédiatement après réalisation ou après réalisation des essais Matsuo prévus.

Les coupes de sol correspondantes sont disponibles en annexe.

4. CONTEXTE GEOTECHNIQUE

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

4.1 Terre végétale

La terre végétale est présente sur 0.25 / 0.4 m d'épaisseur, avec une moyenne à 0.25 m. Elle est limoneuse et parfois légèrement sableuse ou graveleuse (particules de craie), de couleur marron.

Les teneurs en eau des matériaux limoneux de surface sont comprises entre 16.6 et 26.7%.

4.2 Limon graveleux

Sous la terre végétale, on rencontre, une couche peu épaisse de limon légèrement graveleux marron à beige (PM2 : jusqu'à 0.8 m – PM7 : 0.35 m – PM8 : 0.45 m – PM10 : 0.55 m) ou des graves limoneuses beiges mélangées à des graves blanches de craie (PM3 : 1.3 m – PM5 : 0.75 m - PM6 : 0.7 m – PM7 : 1.9 m – PM8 : 1 m – PM9 : 0.9 m – PM10 : 2.4 m).

4.2.1 Caractéristiques géotechniques

Cet horizon présente des caractéristiques mécaniques moyennes :

	Valeur minimale	Moyenne	Valeur maximale
Résistance dynamique Rd (MPa)	0.45	2 / 10	19
Module pressiométrique Em (MPa)	-	-	-
Pression limite PI (MPa)	-	-	-

4.2.2 Essais de laboratoire

	PM2 – 0.5 m	PM4 – 0.3 m	PM10 – 0.5 m
Identification	A1 m	A2	A1 (m)
Lithologie	Limon graveleux marron à beige	Limon sablo-graveleux marron	Limon graveleux marron clair + silex
W% (%)	20.0	17.0	21.1
Passant à 80µm (%)	40.0	68.2	55.5
Dmax (mm)	50	31.5	50
VBS	2.27	3.28	2.05
Sulfates (%)	0	0	0
W% _{OPN} (%)	20.2	-	-
γ _{OPN} (t/m ³)	1.53	-	-
dosages	0.5% chaux	5% ciment	-
CBR traité / W%	14.7 / 20.7	17.7 / 19.6	-
CBR i traité / W%	17.2 / 23.0	82.1 / 23.1	-
Gv (%)	0.03	0.01	-

Les teneurs en eau de ces matériaux sont comprises entre 17 et 23.7 % au droit de l'ensemble des prélèvements effectués. Ces matériaux sont à l'état hydrique sec à moyen.

Les teneurs en sulfates de ces matériaux sont nulles.

4.3 Craie

Sous les limons graveleux ou directement sous la terre végétale, on rencontre la craie altérée sur 2 m d'épaisseur environ, puis la craie saine.

Elle est présente jusqu'en fond de sondages pressiométriques, soit 10 m de profondeur minimum.

4.3.1 Caractéristiques géotechniques

Cet horizon présente des caractéristiques mécaniques moyennes à bonnes sur sa partie altérée :

	Valeur minimale	Moyenne	Valeur maximale
Résistance dynamique Rd (MPa)	7	10	20
Module pressiométrique Em (MPa)	6.7	13.9	37.8
Pression limite PI (MPa)	0.58	1.07	2.52

Cet horizon présente des caractéristiques mécaniques bonnes à excellentes sur sa partie saine :

	Valeur minimale	Moyenne	Valeur maximale
Résistance dynamique Rd (MPa)	3.6	20	40 et refus
Module pressiométrique Em (MPa)	7.9	49.1	>300
Pression limite PI (MPa)	0.63	3.70	6.15

4.3.2 Essais de laboratoire

	PM3 – 1 m	PM3 – 2.45 m	PM9 – 1 m	
Identification	C1 B4 (m)	R12 m	C1 B5 m / R12 m	
Lithologie	Grave crayeuse blanche	Craie altéré blanche	Grave crayeuse blanche	
W% (%)	25.8	26.5	24.8	
Passant à 80µm (%)	11.4	-	22.1	
Dmax (mm)	100	-	80	
VBS	0.49	-	0.26	
Sulfates (%)	0	-	0	
Densité roche (t/m ³)	-	1.62	1.68	
W% _{OPN} (%)	-	-	25.8	
γ _{OPN} (t/m ³)	-	-	1.58	
dosages	-	-	0.5% chaux	5% ciment
CBR traité / W%	-	-	14.4 / 22.7	21.1 / 22.2
CBR i traité / W%	-	-	7.8 / 27.5	79.4 / 25.8
Gv (%)	-	-	0.02	0.02

Les teneurs en eau de ces matériaux sont comprises entre 19.2 et 26.5 % au droit de l'ensemble des prélèvements effectués. Ces matériaux sont à l'état hydrique moyen.

Les teneurs en sulfates de ces matériaux sont nulles.

4.3.3 Essais in situ

Les essais d'infiltration réalisés au droit du terrain donnent les résultats suivants :

Sondages	Lithologie	Perméabilité (m/s)
PM2 – 2.1 m	Craie altérée blanche	3.3.10 ⁻⁵
PM3 – 2.45 m	Craie altérée blanchâtre	4.3.10 ⁻⁵
PM9 – 2 m	Craie altérée sous forme de graves sableuses	9.1.10 ⁻⁴
PM8 – 2.4 m	Craie altérée sous forme de graves sableuses	1.6.10 ⁻⁴

La perméabilité des craies altérées est moyenne à bonne.

4.4 Hydrogéologie

Lors de la réalisation des sondages, en mai 2018, nous n'avons observé aucun niveau d'eau jusqu'à 10 m de profondeur.

Or, il s'agit de la période de plus hautes eaux sur le graphique du suivi régulier disponible à proximité du site d'étude. Nous pouvons donc indiquer que les niveaux d'eau ne seront pas significatifs pour la réalisation du projet.

Cependant, des piézomètres ont été mis en place au droit des sondages SP2, SP7 et SP11. Ils ont été posés à 10 m de profondeur. Un suivi régulier des niveaux d'eau est prévu. Compte-tenu de l'absence d'eau lors de leur réalisation, nous adapterons les passages pour les lectures aux périodes fortement pluvieuses uniquement.

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.

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.**

4.5 Sismicité

Le site se trouve en zone 2 « 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/s².

Le facteur de sol est 1.5, compte-tenu que nous sommes sur un sol de classe C.

Pour cette classe de bâtiment et cette zone de sismicité, aucune exigence n'est imposée.

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.
- Avant les opérations de terrassement, on devra procéder au décapage de la terre végétale sur 0.25 m d'épaisseur en moyenne. Celle-ci sera être stockée et réutilisée au droit des zones végétalisées du site.

- Les fonds de forme seront pentés dans la mesure du possible et l'eau évacuée dans des fossés provisoires ou définitifs.
- Les réseaux naturels des fossés seront réaménagés avant les opérations de terrassement.
- 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 Terrassements

Nous rappelons que les niveaux finis de bâtiments sont hypothétiquement calés comme suit :

- 77.25 NGF, pour permettre un équilibre des déblais et des remblais, avec des épaisseurs de l'ordre de + / - 5.75 m pour le bâtiment A,
- 75.1 NGF avec des épaisseurs de l'ordre de + / - 2.9 m de déblais / remblais pour le bâtiment B,
- 82.35 NGF pour le bâtiment C, permettant des épaisseurs de déblais / remblais de + / - 3.05 m.

Les épaisseurs de matériaux à terrasser ne seront donc pas négligeables. Des engins classiques devraient cependant pouvoir être utilisés.

5.2.1 Drainage

Avant toute opération de terrassement en pleine masse, compte-tenu des forts déblais prévus et de la réalisation d'un fort remblai, il pourra s'avérer nécessaire de procéder à la réalisation d'un fossé périphérique du terrain pour collecter les eaux de ruissellement suite aux pluies lors des travaux et éviter ainsi leur infiltration dans le corps de remblai.

Un fossé ou une tranchée drainante sera mis en place, contournera le futur bâtiment et sera relié à un exutoire.

Dans tous les cas, le système de drainage sera adapté en fonction des arrivées d'eau réellement constatées sur site. Ces dispositions permettront de réaliser les terrassements dans de meilleures conditions de traficabilité.

5.2.2 Nature et réutilisation des matériaux

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

- principalement des craies classées C1B4 et C1B5 à l'état hydrique moyen dans leurs formes les plus altérées et R12 à l'état hydrique moyen lorsqu'elle se débite en blocs
- très ponctuellement des limons marron à beiges mélangés à des blocs de craie, classés A1 et A2 à l'état hydrique moyen.

L'ensemble de ces matériaux pourra être réutilisé en remblais à l'état naturel avec un compactage moyen pour les matériaux les plus limoneux et intense pour les matériaux crayeux R12.

L'ensemble de ces matériaux pourra être réutilisé en couche de forme suite à un traitement au liant hydraulique éventuellement associé à un traitement à la chaux et à un arrosage pour maintien de l'état hydrique.

5.2.3 Faisabilité d'un traitement

Les résultats nuls des dosages en sulfate indiquent qu'un traitement à la chaux est réalisable, sur ce critère.

Deux essais Proctor et quatre essais CBR immergés traités ont été réalisés sur les matériaux limoneux de surface et crayeux. Sur la base de ces essais Proctor, nous proposons le tableau de préconisations de dosages en chaux suivants pour la réutilisation en remblais des matériaux limono-graveleux A1 / A2.

Teneur en eau (réalisées sur la fraction 0/20 mm)	$W\% < 14.1\%$	$14.1 < W\% < 18.2\%$	$18.2\% < W\% < 22.2\%$	$22.2\% < W\% < 26.2\%$	$W\% > 26.2\%$
Etat hydrique	très sec	sec	moyen	humide	très humide
Dosage CaO	humidifier fortement pour ramener à un état moyen	humidifier pour ramener à un état moyen	rien à 1.5 % de CaO	2 à 3 % de CaO	Aérer pour ramener à état moyen

Dans ces différents cas, la chaux sera utilisée pour réduire la teneur en eau des matériaux naturels, après assèchement naturel.

Les résultats des essais CBR immergés traités indiquent que les gonflements sont négligeables, les portances sont améliorées par l'ajout de chaux dans le cas des matériaux limoneux et l'ajout de ciment dans le cas des matériaux limoneux et crayeux. Le traitement à la chaux seule et au ciment est adapté pour les matériaux limoneux. Le traitement à la chaux des matériaux crayeux n'est pas adapté. Le traitement au ciment des matériaux crayeux est adapté.

Il sera nécessaire de réaliser une étude de traitement complète (étude de formulation de niveau 2) en phase G3 au démarrage du chantier afin de vérifier l'absence de gonflement avec le liant réellement choisi pour la réalisation des travaux. De même il sera nécessaire protéger les plates-formes traitées des arrivées d'eau, par fermeture immédiatement après le traitement à l'aide de compacteurs et les dosages seront adaptés à la teneur en eau réelle des matériaux.

Une attention particulière sera portée à la fermeture des plateformes car le matériau traité prend facilement l'eau au vu des résultats des essais CBR immergés.

5.2.4 Classe de l'arase terrassement

D'après les prélèvements réalisés, la partie supérieure des terrassements est une PST2 / AR1. Les caractéristiques de portance sont correctes au moment de la mise en œuvre de la couche de forme et mais pouvant chuter à long terme sous l'action de l'infiltration des eaux pluviales.

En arase, après décapage et avant les opérations de remblaiement ou de mise en œuvre de la couche de forme, il sera nécessaire de vérifier l'obtention d'une AR1 dans tous les cas ($EV2 > 30$ MPa), sur la plate-forme actuelle.

Au droit des futurs quais, après déblai, il sera également nécessaire de vérifier l'obtention d'une AR1 dans tous les cas, avant le traitement de la couche de forme.

Les fonds de formes seront sensibles aux infiltrations des eaux pluviales et aux possibles circulations d'eau superficielles et 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.

5.2.5 Remblais techniques

Dans tous les cas, les remblais mis en œuvre pour la mise à niveau de la plate-forme devront être constitués de matériaux aptes à la réutilisation en remblais, correctement mis en œuvre selon le GTR (par couches de 0.4 m d'épaisseur maximum), correctement compactés. Le suivi d'exécution de ces travaux (mission G4) est fortement conseillé compte-tenu du mode de fondations retenu. Les remblais seront de qualité remblais techniques.

La portance (EV2) sera vérifiée par la réalisation d'essais de chargement à la plaque. La bonne compacité des matériaux sera vérifiée par la réalisation d'essais pénétrométriques, avec courbes de compactage. La bonne réalisation des remblais permettra d'obtenir les critères de réception suivants :

- $EV2 > 50 \text{ MPa}$,
- $EV2 / EV1 < 2.2$,
- Objectif de compacité : q4

5.3 Couche de forme bâtiment et voiries

Une couche de forme sera mise en œuvre sous le dallage et sous les voiries. Sur une PST2 / AR1 ($EV2 > 30 \text{ MPa}$ en arase et $EV2 > 50 \text{ MPa}$ en remblais) et pour un objectif de plate-forme 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, 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-crayeux du site, épaissie à 0.45 m au droit des voiries lourdes, traités au liant hydraulique éventuellement associé à de la chaux, selon les prescriptions du paragraphe 5.2.1.

La portance (EV2) sera vérifiée par la réalisation d'essais de chargement à la plaque. Ces solutions permettront d'obtenir les critères de réception par essais à la plaque suivants :

- portance sous dallage :

$EV2 > 70 \text{ MPa}$ (matériaux granulaires)

$EV2 > 100 \text{ MPa}$ (matériaux traités)

$EV2 / EV1 < 2.2$ (matériaux granulaires)

Coefficient de Westergaard $K_w > 60 \text{ MPa/m}$

- portance radier sprinkler :

$EV2 > 70 \text{ MPa}$ (matériaux granulaires)

$EV2 > 100 \text{ MPa}$ (matériaux traités)

$EV2 / EV1 < 2.2$ (matériaux granulaires)

- portance sous voiries PL :

EV2 > 80 MPa (matériaux granulaires)

EV2 > 120 MPa (matériaux traités)

EV2 / EV1 < 2.2 (matériaux granulaires)

- portance sous voiries et parkings VL :

EV2 > 50 MPa,

EV2 / EV1 < 2.2 (matériaux granulaires)

5.4 Stabilité des talus

En phase provisoire, les talus pourront être taillés à 1 (horizontal) pour 1 (vertical) pour une hauteur maximale de 3 m et seront recouverts d'un polyane pour éviter une érosion régressive en cas de fortes pluies.

Les talus définitifs de hauteur inférieure à 3 m pourront être réalisés avec une pente de 3 (horizontal) pour 2 (vertical) dans les craies du site.

Une étude de stabilité sera nécessaire en phase d'exécution pour les talus supérieurs à 3 m ou pour raidir les talus mentionnés ci-dessus.

Tous les talus devront faire l'objet d'une végétalisation (terre végétale + semis) et être aménagés avec descentes d'eau et fossés. De plus, si des arrivées d'eau sont mises en évidence lors de la réalisation des talus, il conviendra de les capter par un système d'épis drainants, raccordés au fossé de pied de talus et à un exutoire.

5.5 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 supposé la circulation de 250 PL/jour sans accroissement. Nous proposons la structure suivante, à mettre en place sur une PF2+ (logiciel Struct-Urb).

5.5.1 Structure GB3

- une couche de fondation de 10 cm de GB3,
- une couche de base de 9 cm de GB3,
- une couche de surface de 6 cm d'enrobé.

5.5.2 Vérification au gel-dégel

Pour la structure envisagée en graves bitumes, sur une couche de forme en matériaux traités et un hiver rigoureux non exceptionnel, la structure sera hors gel pour une épaisseur de couche de forme de 0.4 m.

Pour une couche de forme en matériaux granulaires et un hiver rigoureux non exceptionnel, le hors gel sera assuré pour une couche de 0.45 m d'épaisseur.

Les calculs complets sont disponibles en annexe.

6. ANALYSE ET RECOMMANDATIONS POUR LES FONDATIONS

6.1 Système de fondation

Au regard des caractéristiques mécaniques issues des essais pressiométriques et pénétrométriques, nous constatons que les terrains de surface sont portants. Un système de fondations superficielles sera adapté.

Dans tous les cas, une profondeur de 0.6 m minimum sera atteinte, afin de protéger les semelles du gel. 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.

Si des matériaux mous ou décomprimés sont rencontrés en fond de fouille, il sera nécessaire de les purger et de les remplacer par des gros bétons.

6.2 Calcul de la capacité portante

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

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

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

Nous proposons de limiter les contraintes admissibles à **0.25 MPa à l'ELS** et 0.40 MPa à l'ELU à partir de 1 m de profondeur dans le terrain naturel, ancré de 0.3 m dans les craies à craies altérées.

Nous proposons de limiter les contraintes admissibles à **0.15 MPa à l'ELS** et 0.22 MPa à l'ELU à partir de 0.6 m de profondeur dans les remblais de mise à niveau des plateformes.

6.3 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 :

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

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

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.

Les tassements absolus sous appuis, dans les conditions précédemment citées, seront de l'ordre du centimètre pour des charges ponctuelles jusqu'à 150 tonnes à l'ELS sous réserve que les remblais techniques soient réalisés conformément aux règles de l'Art et aux préconisations données dans le paragraphe « Remblais ».

Le tassement propre des remblais sera de l'ordre 0.4 cm environ pour 4.7 m de remblais sous fondation.

6.4 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 recompressés 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.
- 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. 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

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

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)

7.2 Valeurs de tassements

Au droit des sondages, les tassements absolus sous dallages de l'entrepôt chargés à 5 t/m², avec une hauteur de remblais jusqu'à 5.75 m, seront inférieurs de l'ordre de 1.5 cm (dont 0.5 cm environ de tassement propre du remblai).

Les tassements différentiels seront également inférieurs à deux centimètres.

7.3 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.

Le tableau ci-après présente les modules de déformation que nous proposons de retenir pour les horizons du sol support des dallages (à préciser suivant les zones de déblai / remblais) :

	Couche de forme	Remblais	Craie altérée	Craie saine
Module de déformation moyen	63 MPa	45 MPa	27 MPa	98 MPa
Épaisseur moyenne de la couche	0.35 à 0.5 m	0 à 5.7 m	0 à 2 m	Plus de 8 m

Fait à Rillieux-la-Pape, le 6 juin 2018

Chargée d'affaires

Laetitia DEROCHE



Directeur technique

Gaël FOUILLAND-BERGEAT



Responsable d'agence

Josiane SANCHEZ

ANNEXES

- Annexe 1 : Conditions de validité de l'étude
- Annexe 2 : Conditions générales des missions d'ingénierie
- Annexe 3 : Plan d'implantation des sondages
- Annexe 4 : Présentation des sondages
- Annexe 5 : Essais de laboratoire
- Annexe 6 : Essais de perméabilité
- Annexe 7 : Pré-dimensionnement chaussées

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'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

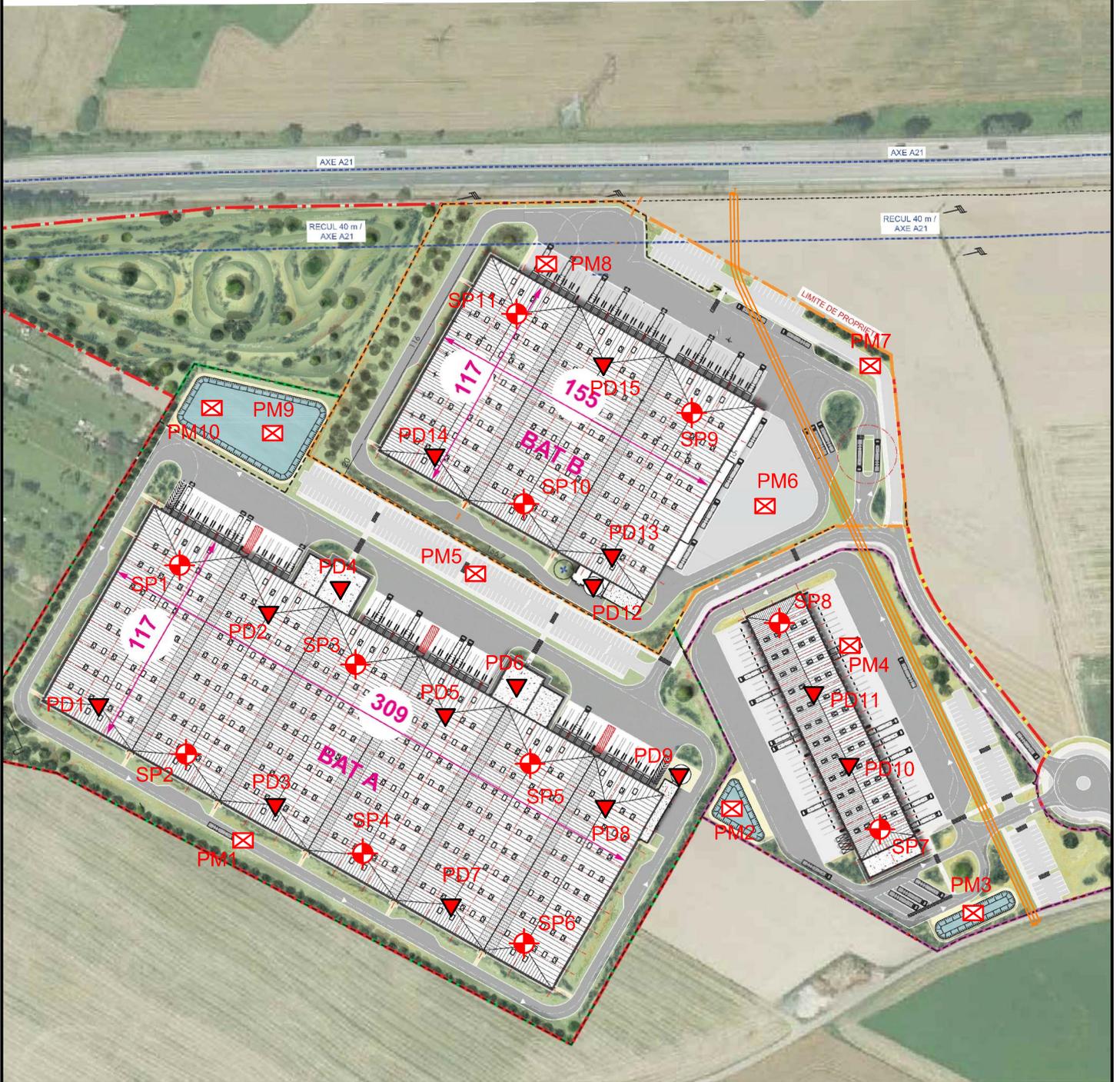
- Par interventions ponctuelles sur le chantier, donner un avis sur la pertinence du contexte géotechnique tel qu'observé par l'entrepreneur (G3), du comportement tel qu'observé par l'entrepreneur de l'ouvrage et des avoisinants concernés (G3), de l'adaptation ou de l'optimisation de l'ouvrage géotechnique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



	11	PRESSIOMÉTRIQUE	-
	15	PÉNÉTRIMÉTRIQUE	-
	10	PELLE	-
REP.	NB.	TYPE DE SONDRAGE	DATES D'EXÉCUTION DES SONDRAGES



GÉOTECHNIQUE
sciences de la terre sas

GEOTECHNIQUE EST SAS

672 rue des Mercières - 69140 RILLIEUX LA PAPE

Tél. 04 78 88 75 83 - contact69@geotechnique-sas.com

ÉCHELLE
1 : 3000

BULLY LES MINES (62)
PLAN D'IMPLANTATION DES SONDRAGES

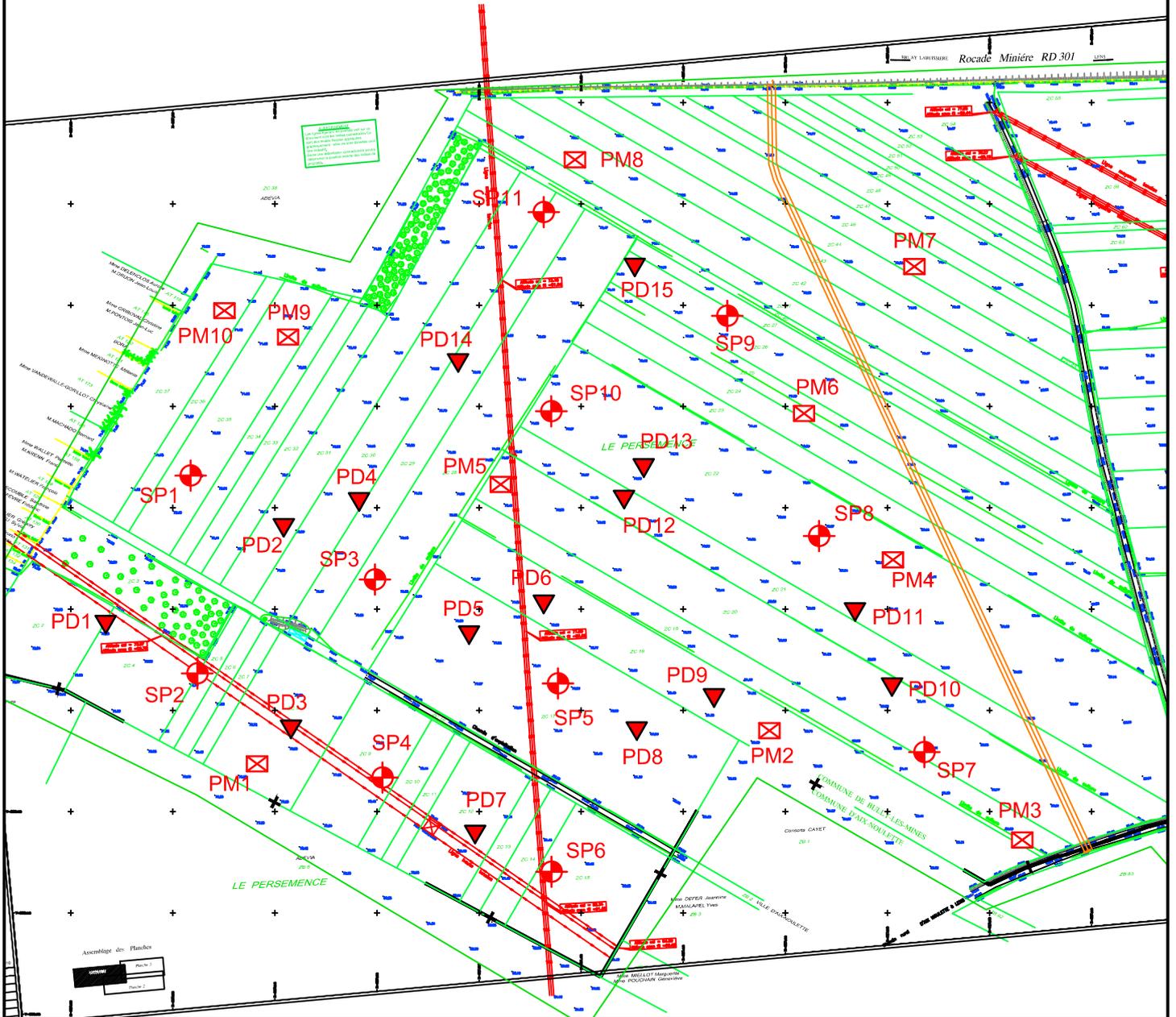
CLIENT : VIRTUO INDUSTRIAL PROPERTY

A4

AFFAIRE N° 2018-04-76

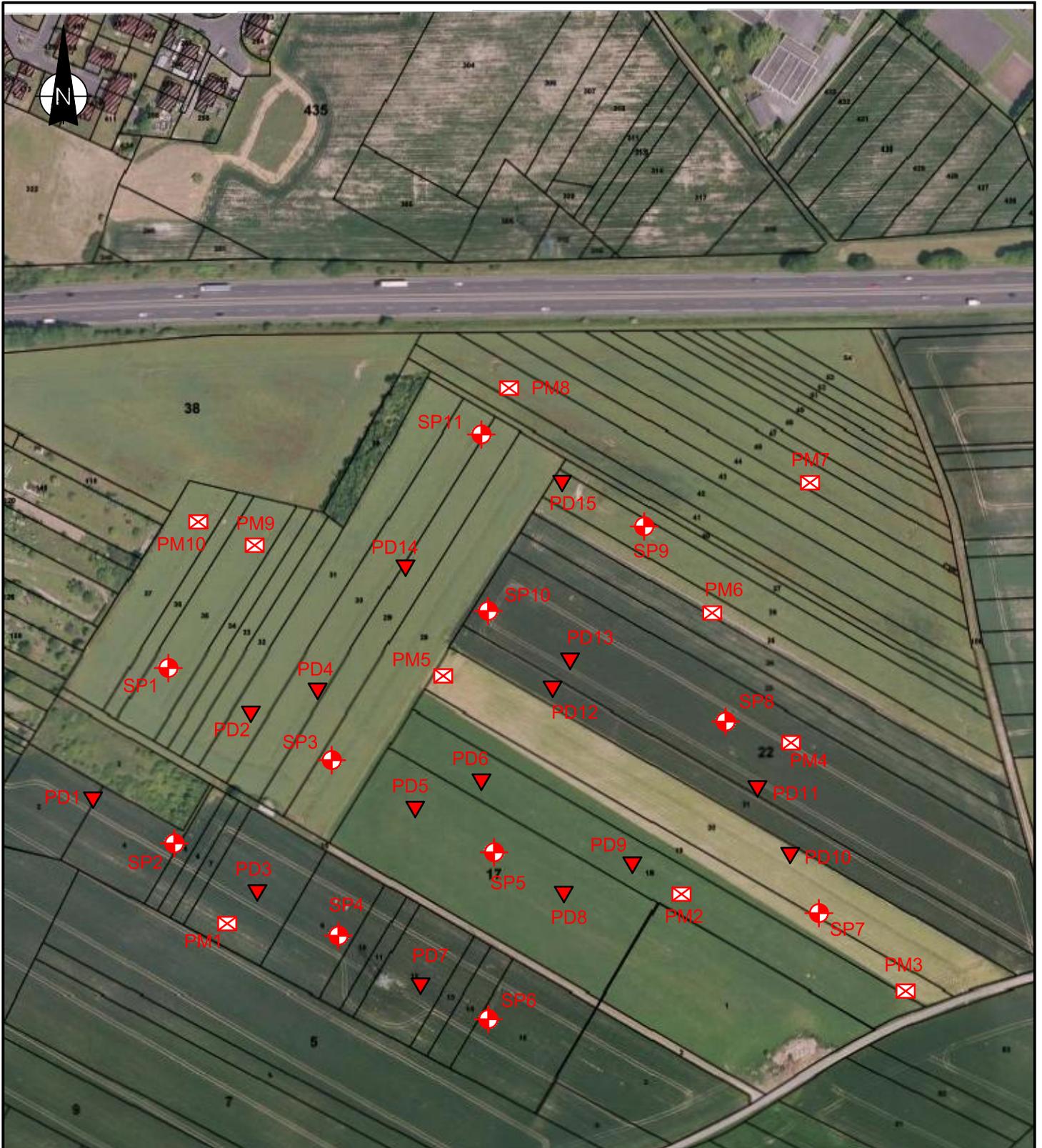
02-05-18

ind
0
plan
1



	11	PRESSIOMÉTRIQUE	-
	15	PÉNÉTROMÉTRIQUE	-
	10	PELLE	-
REP.	NB.	TYPE DE SONDAGE	DATES D'EXÉCUTION DES SONDAGES

<p>GÉOTECHNIQUE EST SAS 672 rue des Mercières - 69140 RILLIEUX LA PAPE Tél. 04 78 88 75 83 - contact69@geotechnique-sas.com</p>	ÉCHELLE 1 : 3000	BULLY LES MINES (62) PLAN D'IMPLANTATION DES SONDAGES	02-05-18 ind 0 plan 1
	A4	CLIENT : VIRTUO INDUSTRIAL PROPERTY	
	AFFAIRE N° 2018-04-76		



	11	PRESSIOMÉTRIQUE	-
	15	PÉNÉTRIMÉTRIQUE	-
	10	PELLE	-
REP.	NB.	TYPE DE SONDAGE	DATES D'EXÉCUTION DES SONDAGES

<p>GÉOtechnique sciences de la terre sas GEOTECHNIQUE EST SAS 672 rue des Mercières - 69140 RILLIEUX LA PAPE Tél. 04 78 88 75 83 - contact69@geotechnique-sas.com</p>	ÉCHELLE 1 : 3000	BULLY LES MINES (62) PLAN D'IMPLANTATION DES SONDAGES	02-05-18 ind 0 plan 1
	CLIENT : VIRTUO INDUSTRIAL PROPERTY		
	A4	AFFAIRE N° 2018-04-76	

Annexe 4 : Présentation des sondages



SONDAGE : SP1

Type : **PRESSIONNOMETRIQUE**

Client : **VIRTUO**

Etude : **BULLY LES MINES (62)**

Remarque :

X :
Y :
Z :
Inclinaison :

Machine :

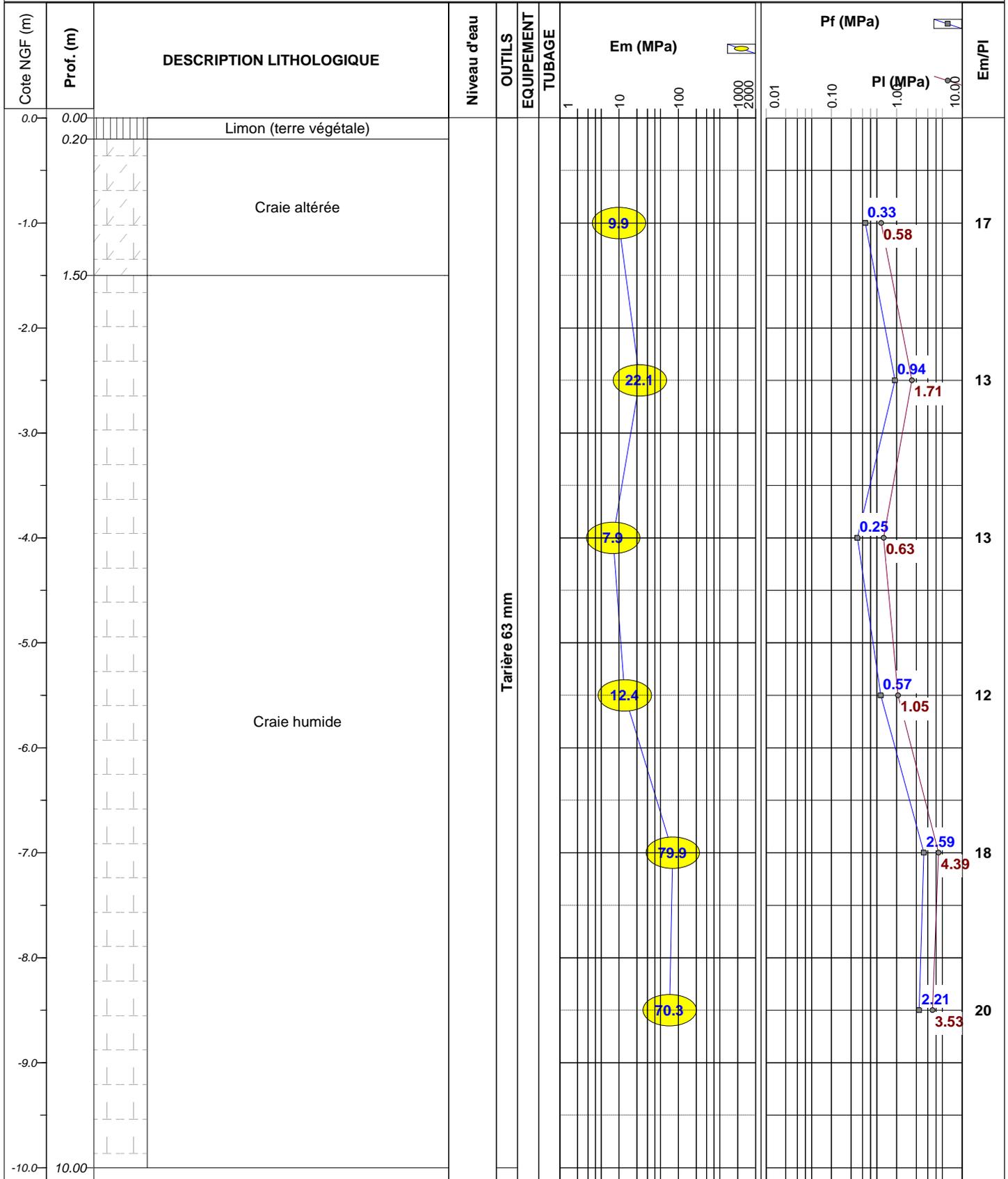
Date : 16/05/18

Début : 0,00 m

Fin : 10,00 m

Echelle : 1 / 50

Page: 1 / 1





SONDAGE : SP3

Type : **PRESSIOMETRIQUE**

Client : **VIRTUO**

Etude : **BULLY LES MINES (62)**

Remarque :

X :
Y :
Z :
Inclinaison :

Machine :

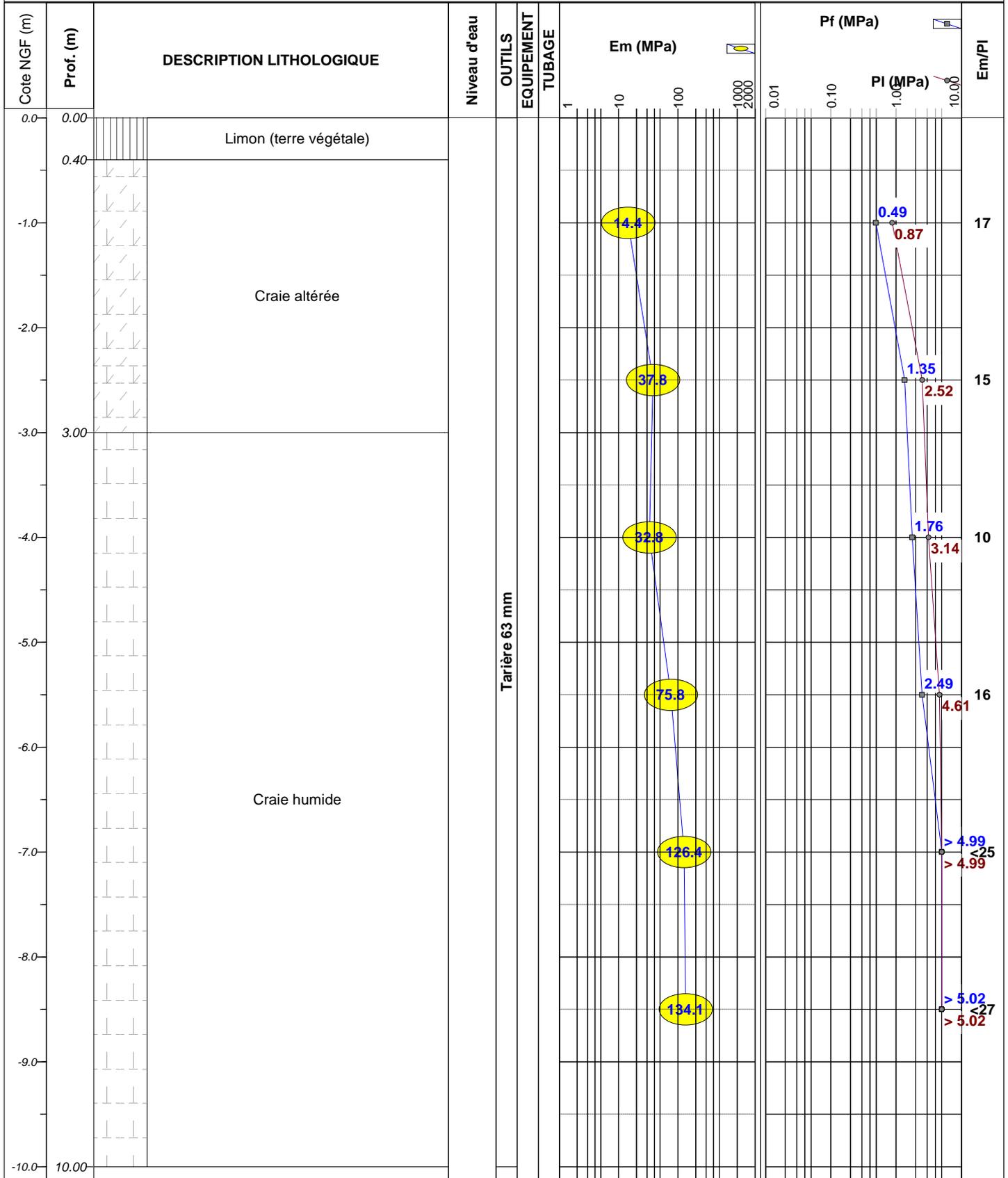
Date : 15/05/18

Début : 0,00 m

Fin : 10,00 m

Echelle : 1 / 50

Page: 1 / 1





SONDAGE : SP4

Type : **PRESSIOMETRIQUE**

Client : **VIRTUO**

Etude : **BULLY LES MINES (62)**

Remarque :

X :
Y :
Z :
Inclinaison :

Machine :

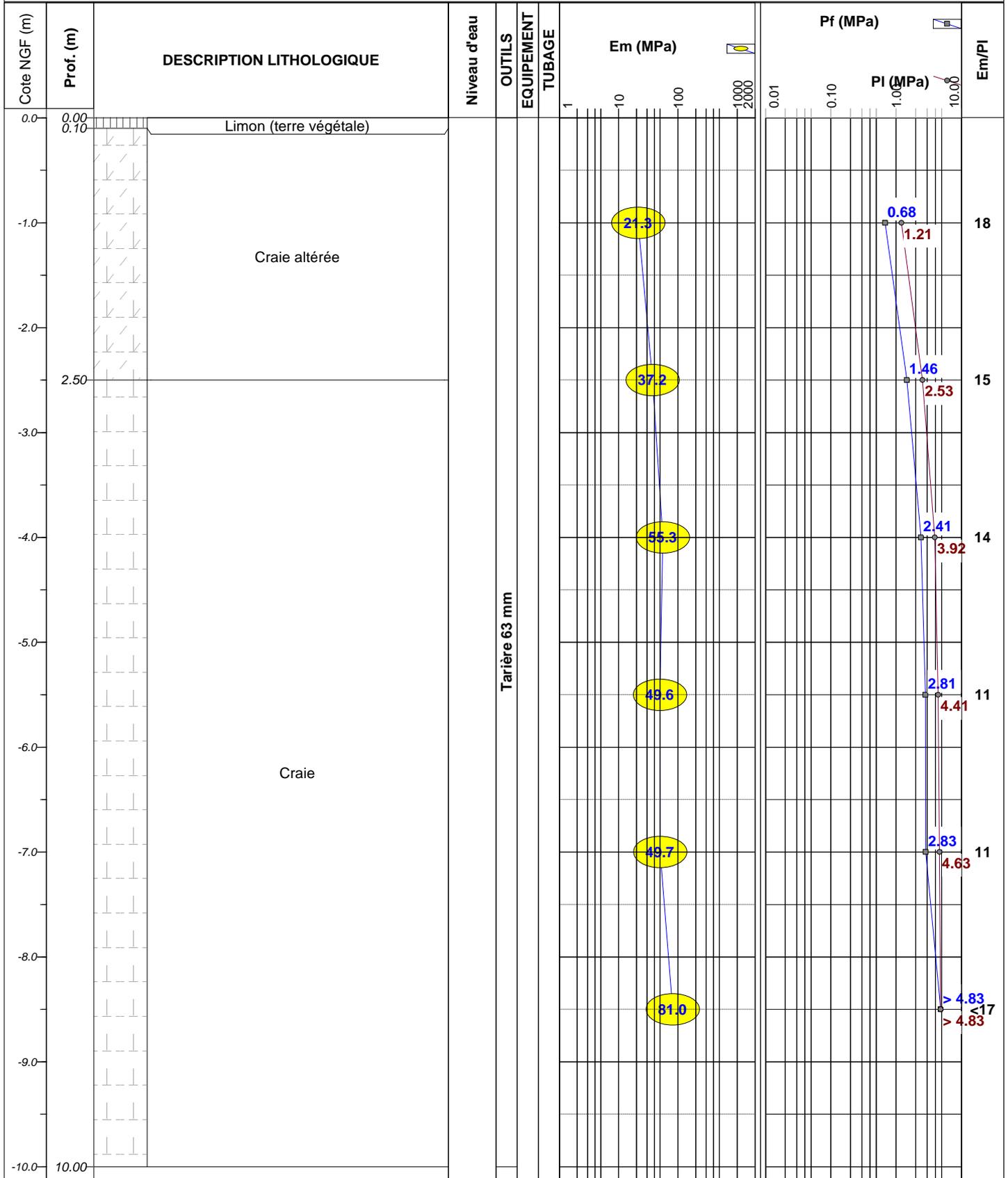
Date : 16/05/18

Début : 0,00 m

Fin : 10,00 m

Echelle : 1 / 50

Page: 1 / 1





SONDAGE : SP5

Type : **PRESSIOMETRIQUE**

Client : **VIRTUO**

Etude : **BULLY LES MINES (62)**

Remarque :

X :
Y :
Z :
Inclinaison :

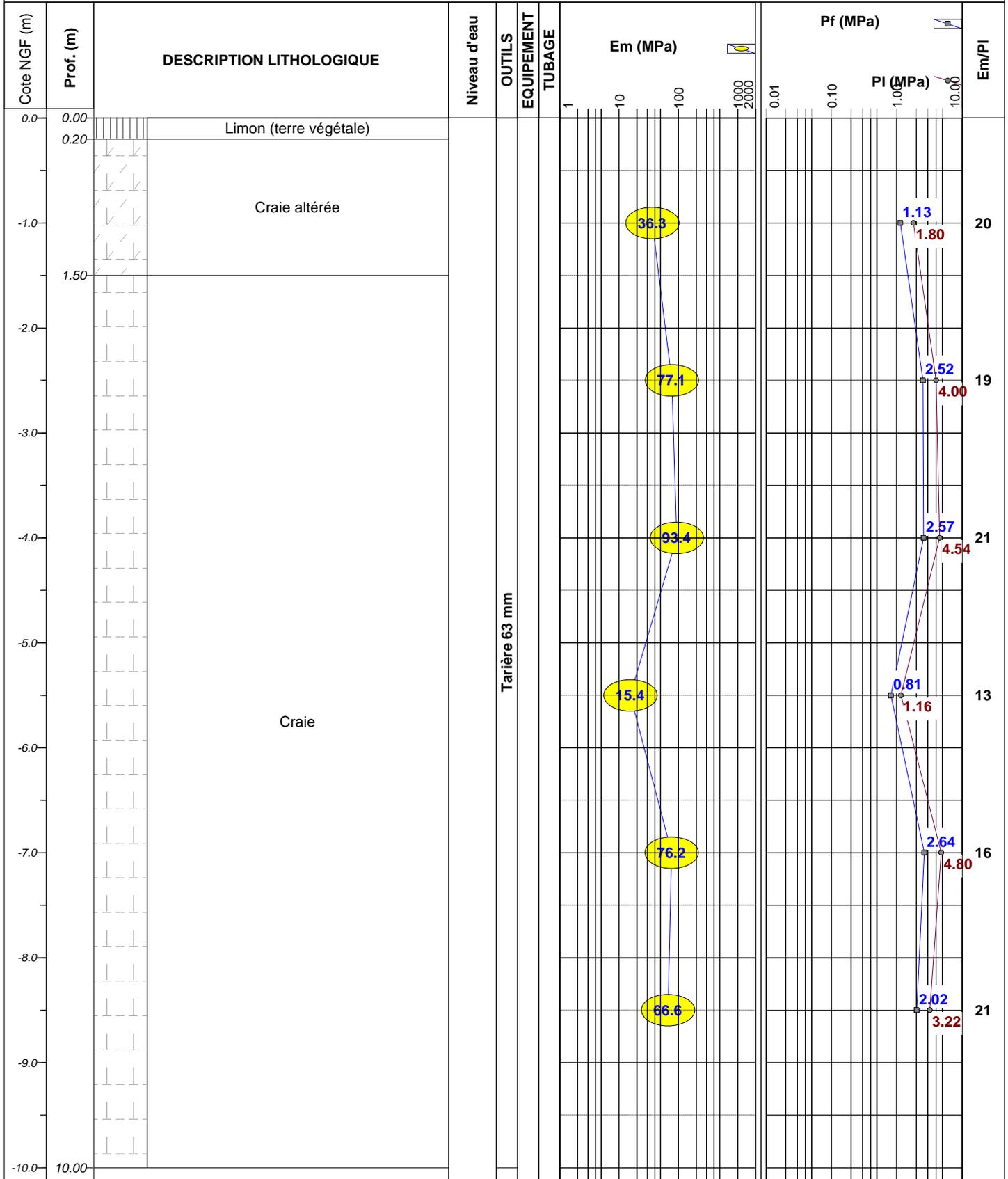
Machine :

Date : 17/05/18

Début : 0,00 m

Fin : 10,00 m

Echelle : 1 / 50





Client : **VIRTUO**

Etude : **BULLY LES MINES (62)**

Remarque :

X :
Y :
Z :
Inclinaison :

Machine :

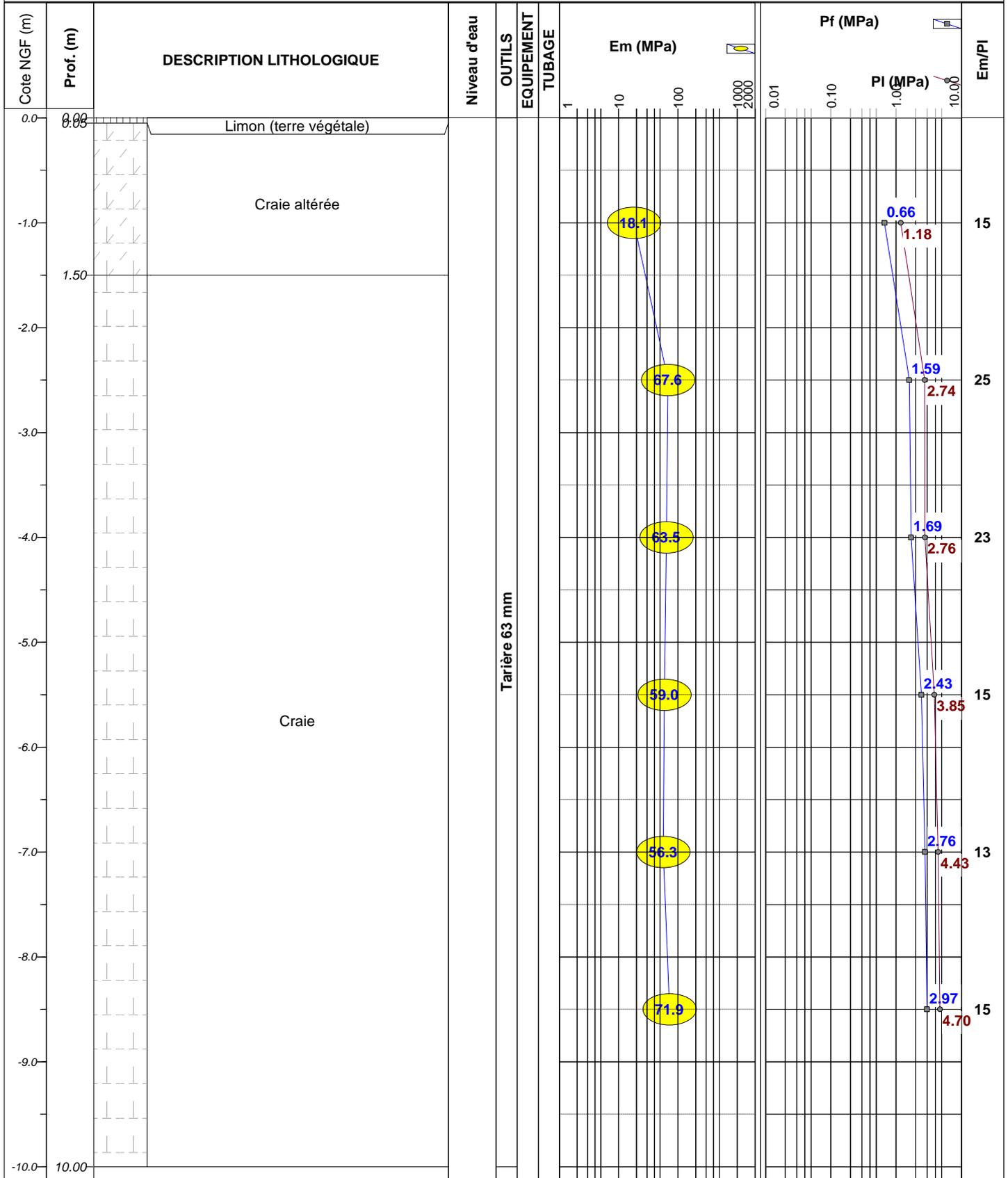
Date : 17/05/18

Début : 0,00 m

Fin : 10,00 m

Echelle : 1 / 50

Page: 1 / 1





Client : VIRTUO

Etude : BULLY LES MINES (62)

Remarque :

X :
Y :
Z :
Inclinaison :

Machine :

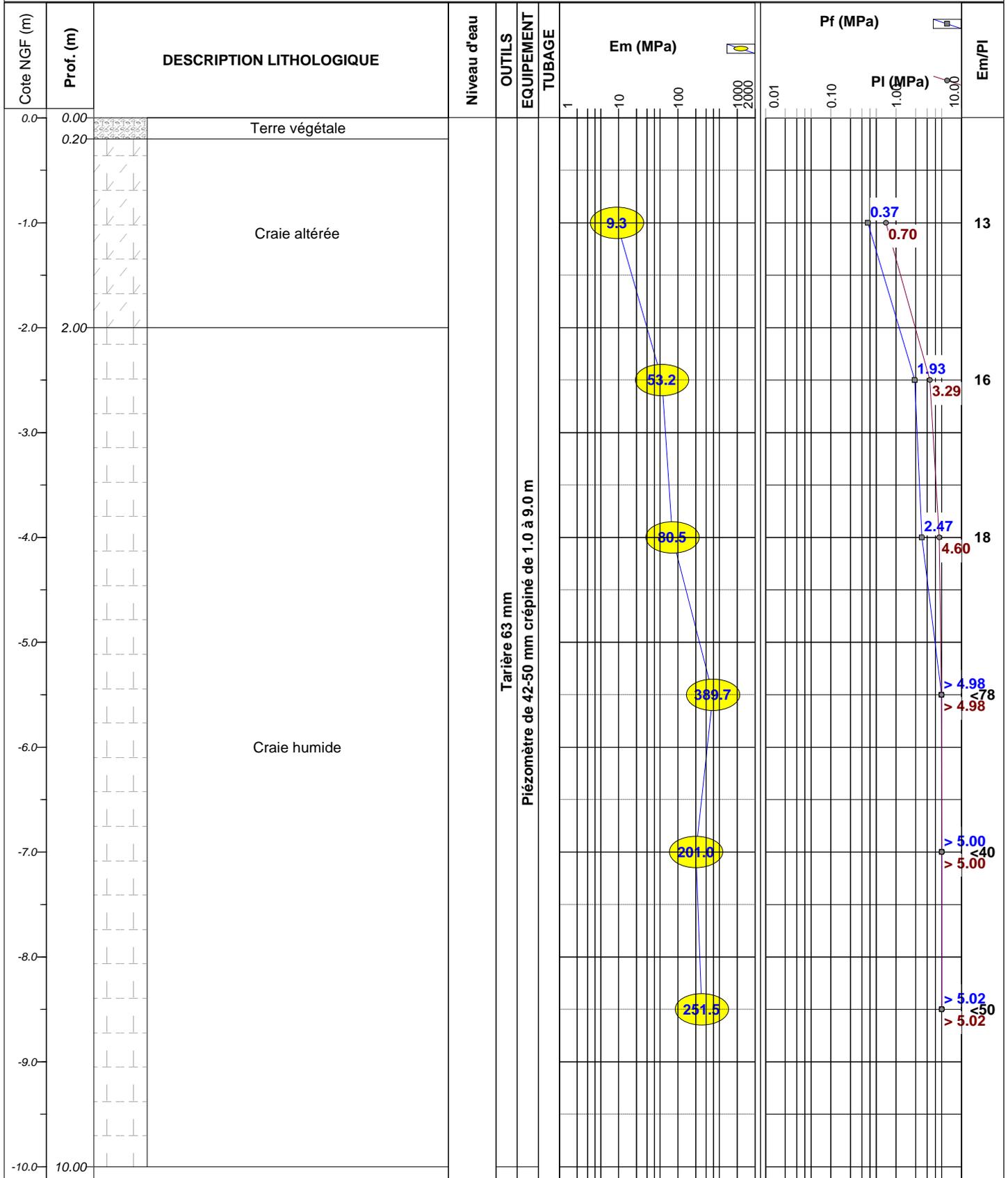
Date : 11/05/18

Début : 0,00 m

Fin : 10,00 m

Echelle : 1 / 50

Page: 1 / 1





SONDAGE : SP7

Type : **PRESSIOMETRIQUE**

Client : **VIRTUO**

Etude : **BULLY LES MINES (62)**

Remarque :

X :
Y :
Z :
Inclinaison :

Machine :

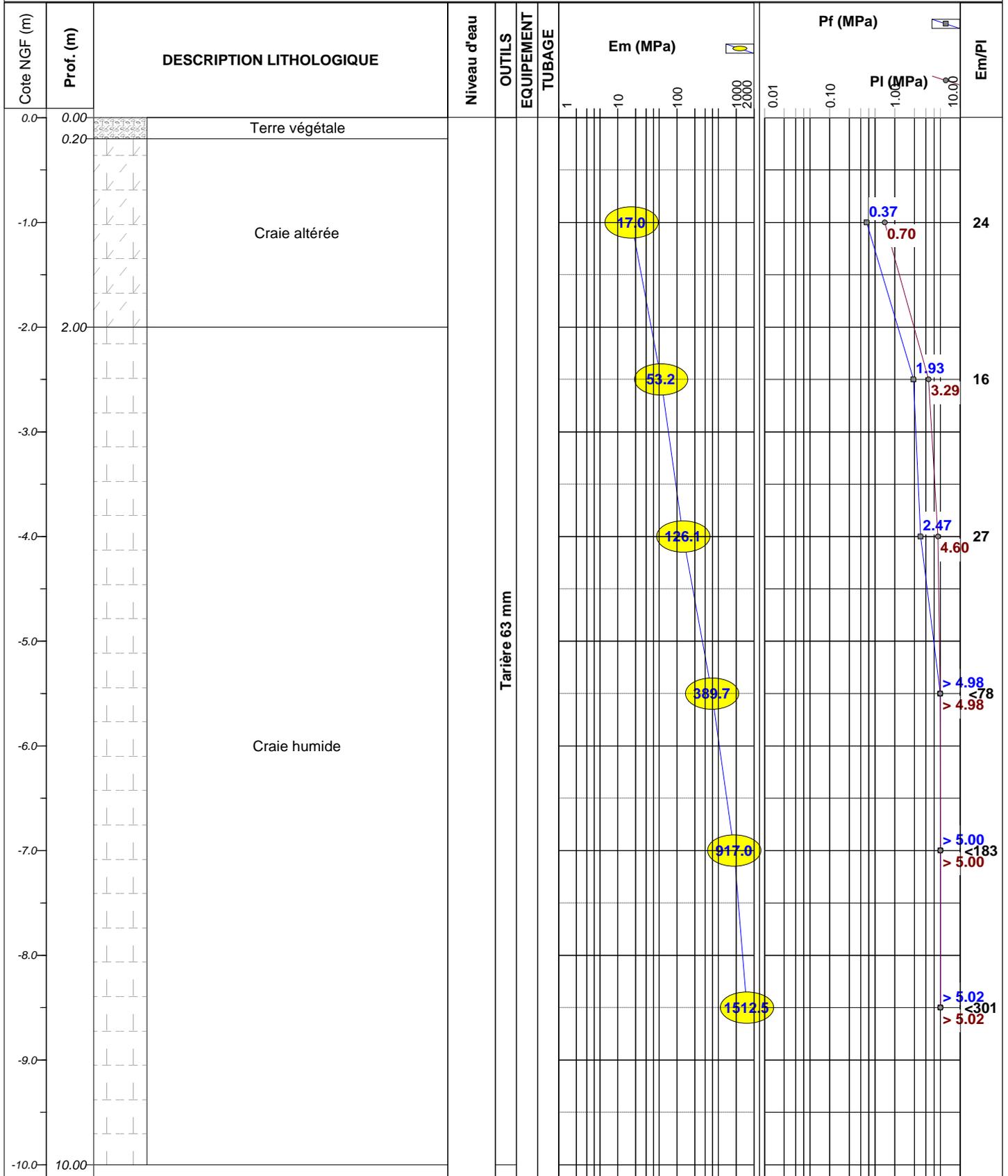
Date : 11/05/18

Début : 0,00 m

Fin : 10,00 m

Echelle : 1 / 50

Page: 1 / 1





SONDAGE : SP8

Type : **PRESSIOMETRIQUE**

Client : **VIRTUO**

Etude : **BULLY LES MINES (62)**

Remarque :

X :
Y :
Z :
Inclinaison :

Machine :

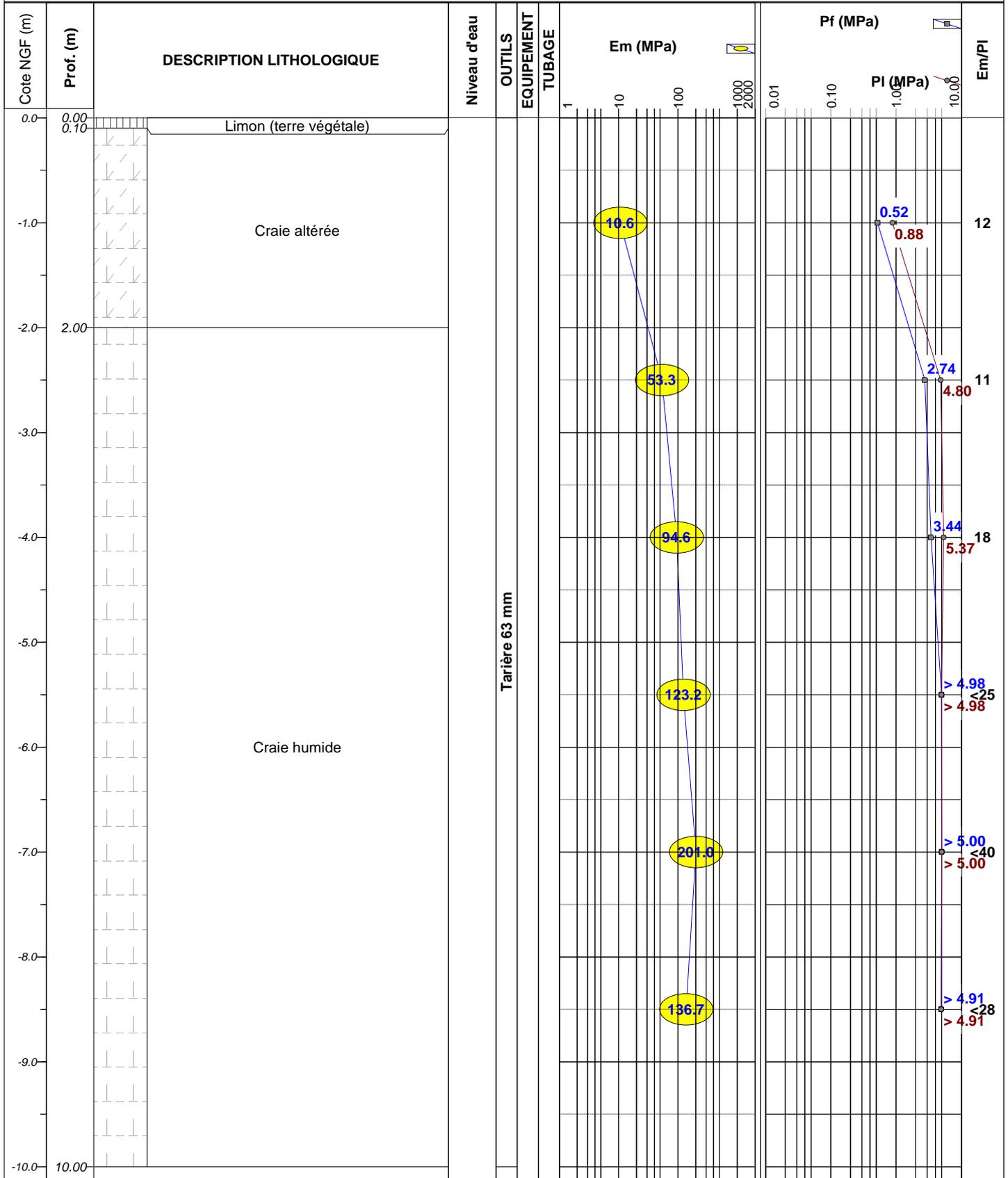
Date : 14/05/18

Début : 0,00 m

Fin : 10,00 m

Echelle : 1 / 50

Page: 1 / 1





SONDAGE : SP9

Type : **PRESSIOMETRIQUE**

Client : **VIRTUO**

Etude : **BULLY LES MINES (62)**

Remarque :

X :
Y :
Z :
Inclinaison :

Machine :

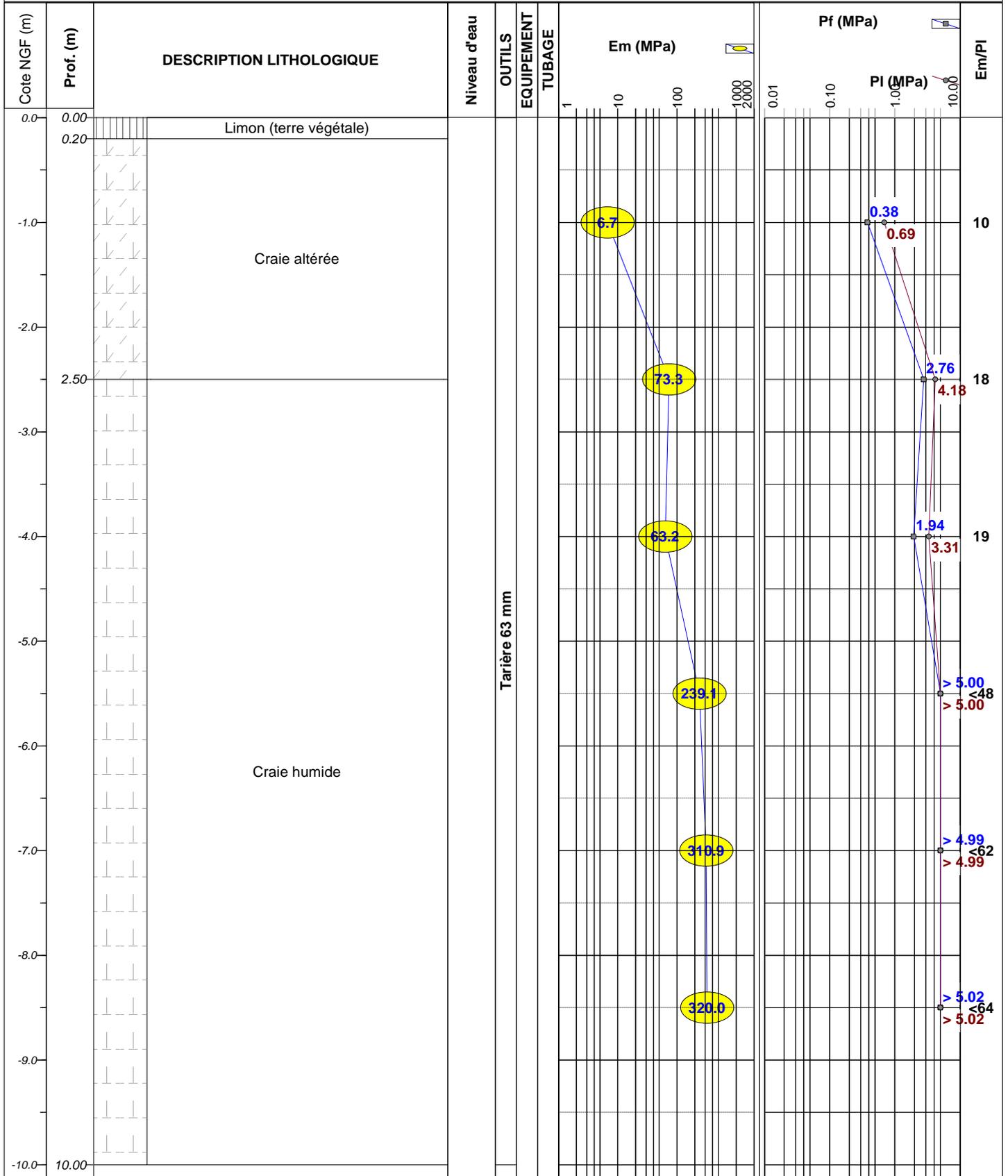
Date : 14/05/18

Début : 0,00 m

Fin : 10,00 m

Echelle : 1 / 50

Page: 1 / 1





SONDAGE : SP10

Type : **PRESSIOMETRIQUE**

Client : **VIRTUO**

Etude : **BULLY LES MINES (62)**

Remarque :

X :
Y :
Z :
Inclinaison :

Machine :

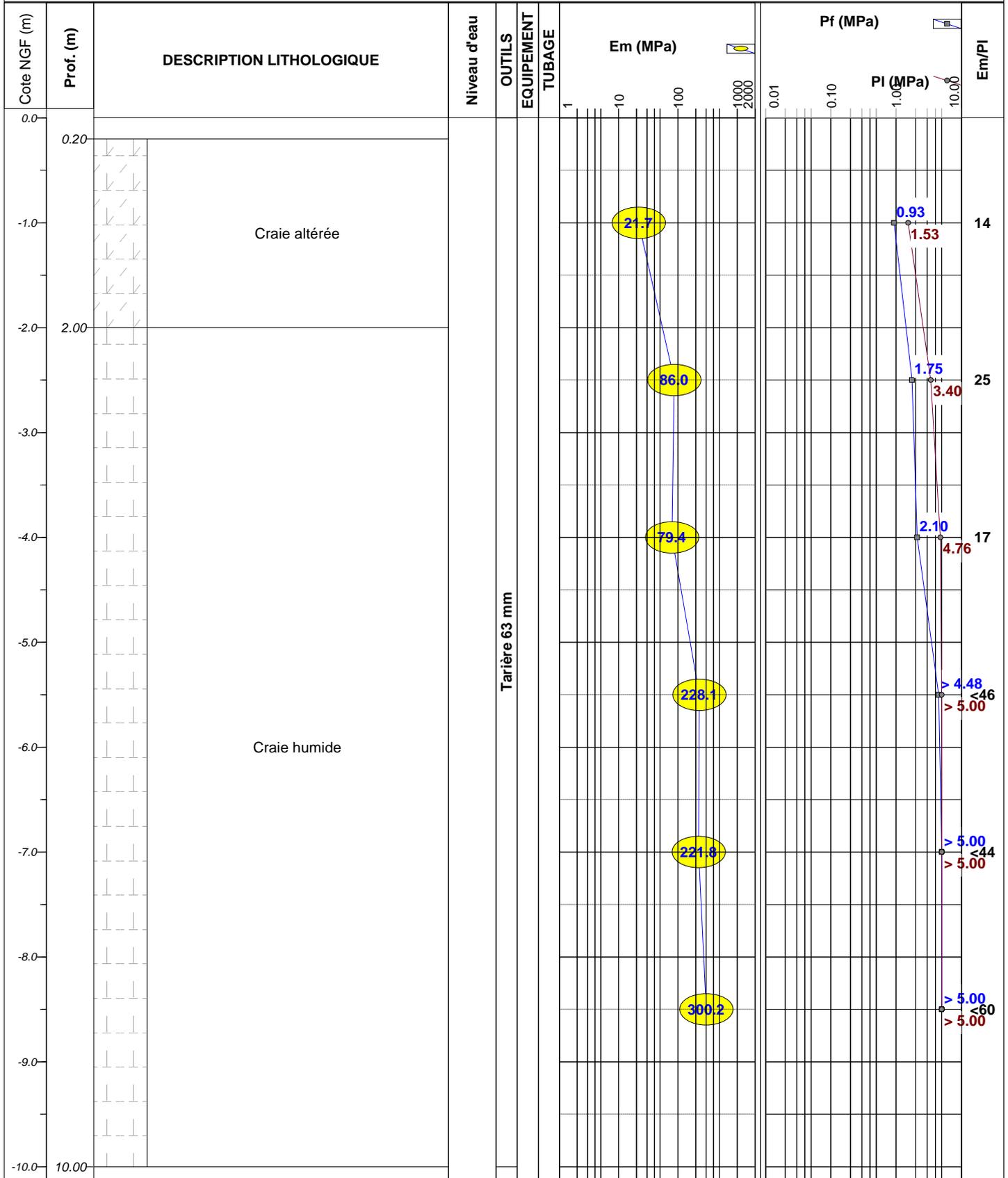
Date : 15/05/18

Début : 0,00 m

Fin : 10,00 m

Echelle : 1 / 50

Page: 1 / 1





Client : **VIRTUO**

Etude : **BULLY LES MINES (62)**

Remarque :

X :
Y :
Z :
Inclinaison :

Machine :

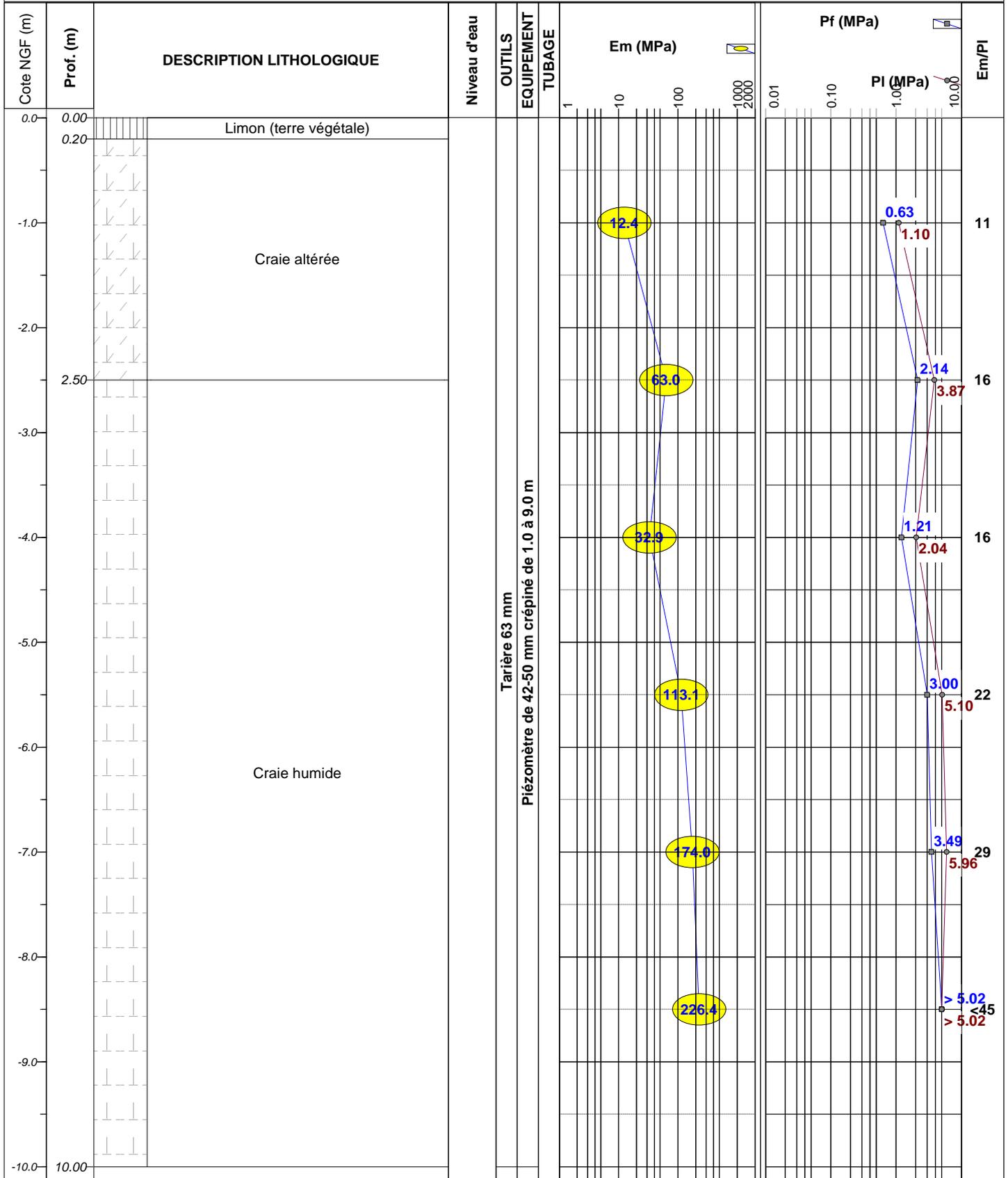
Date : 15/05/18

Début : 0,00 m

Fin : 10,00 m

Echelle : 1 / 50

Page: 1 / 1





SONDAGE : PD1

Type : **Pénétromètre dynamique**

Client : **VIRTUO**

Etude : **BULLY LES MINES (62)**

Remarque :

X :
Y :
Z : 73,20 m
Inclinaison :

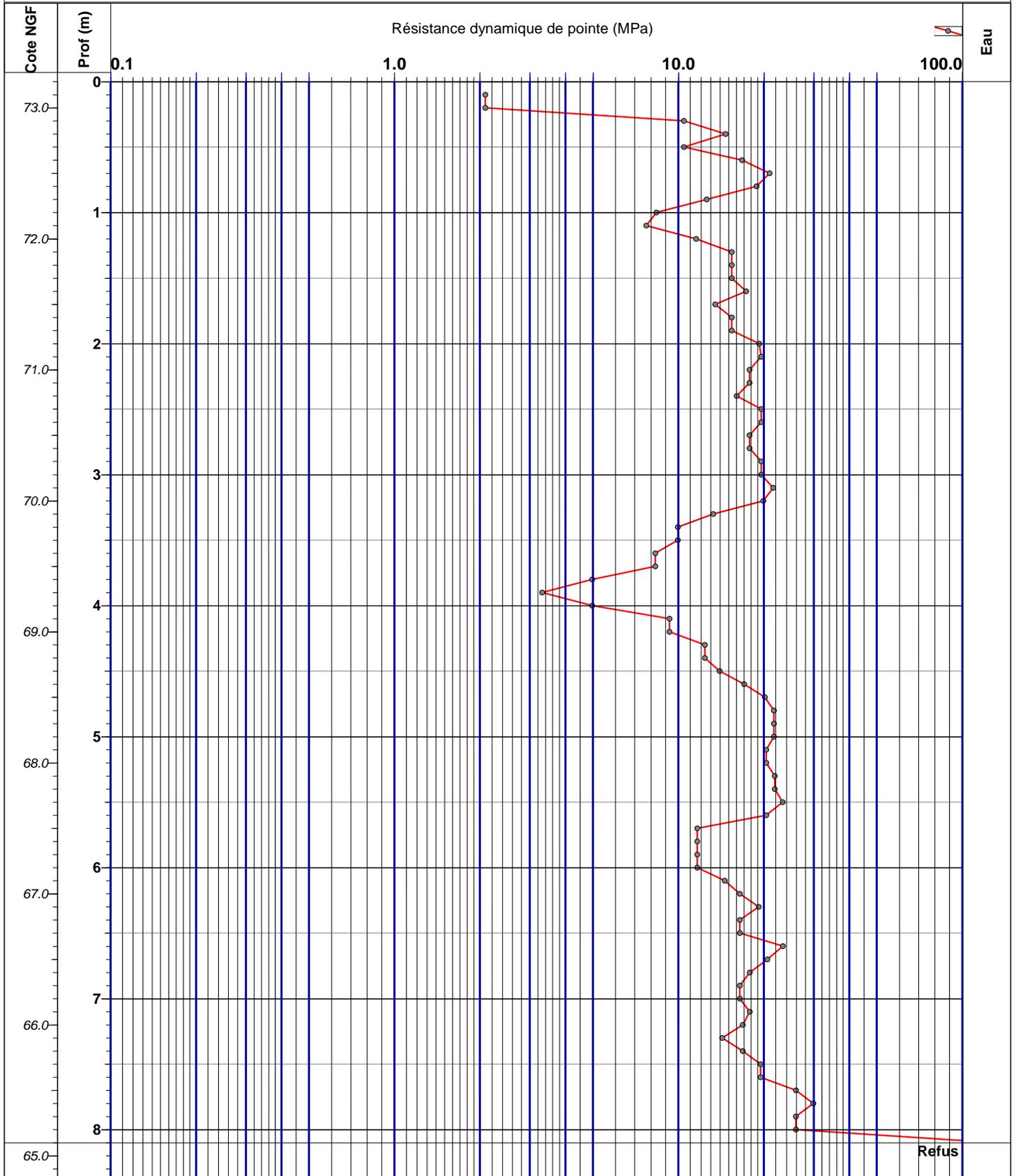
Machine : PAGANI

Date : 16/05/18

Début : 0,00 m

Fin : 8,10 m

Echelle : 1 / 40





Client : **VIRTUO**

Etude : **BULLY LES MINES (62)**

Remarque :

X :

Y :

Z : 82,70 m

Inclinaison :

Machine : PAGANI

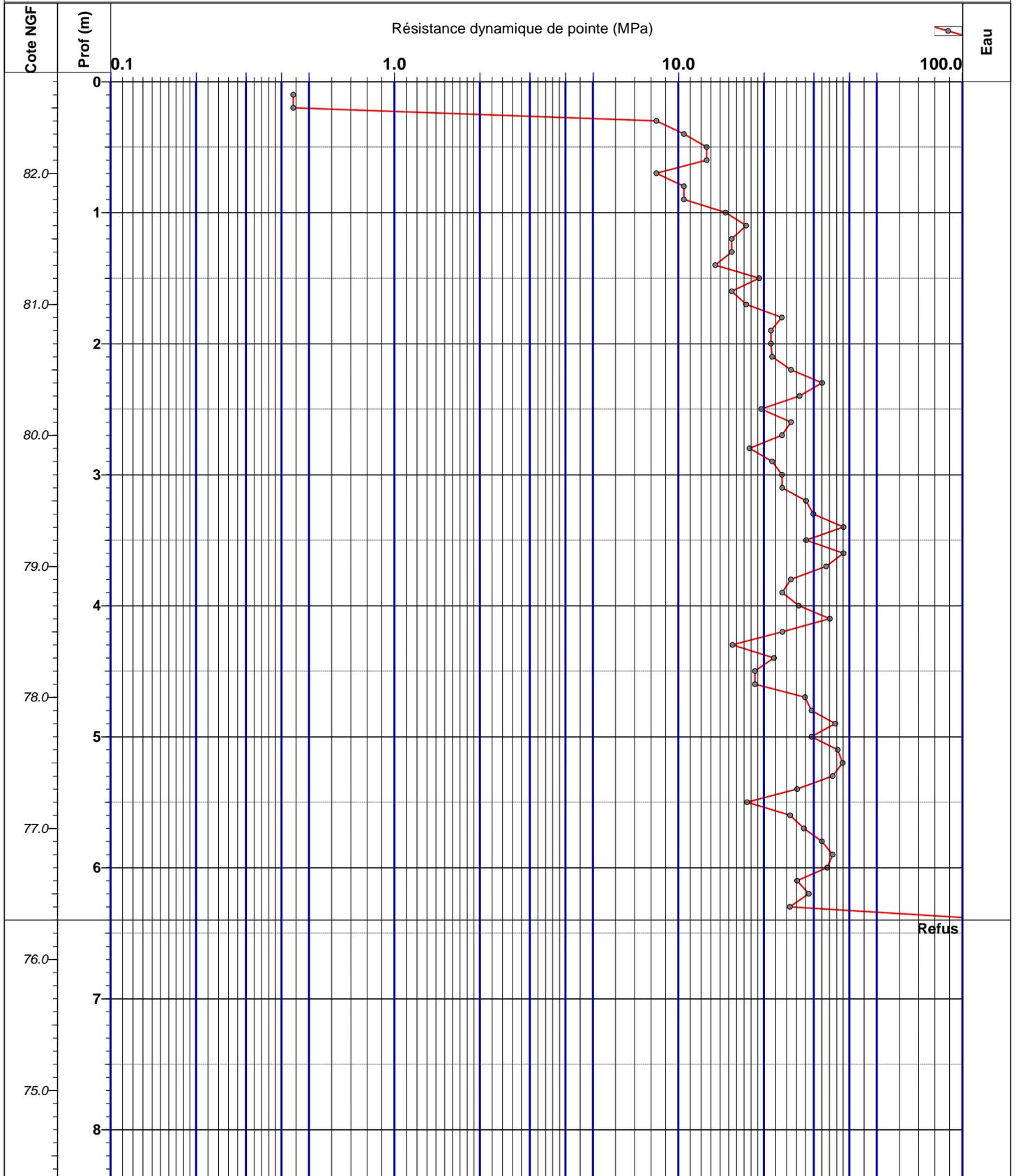
Date : 15/05/18

Début : 0,00 m

Fin : 6,40 m

Echelle : 1 / 40

Page: 1 / 1





Client : **VIRTUO**

Etude : **BULLY LES MINES (62)**

Remarque :

X :

Y :

Z : 81,20 m

Inclinaison :

Machine : PAGANI

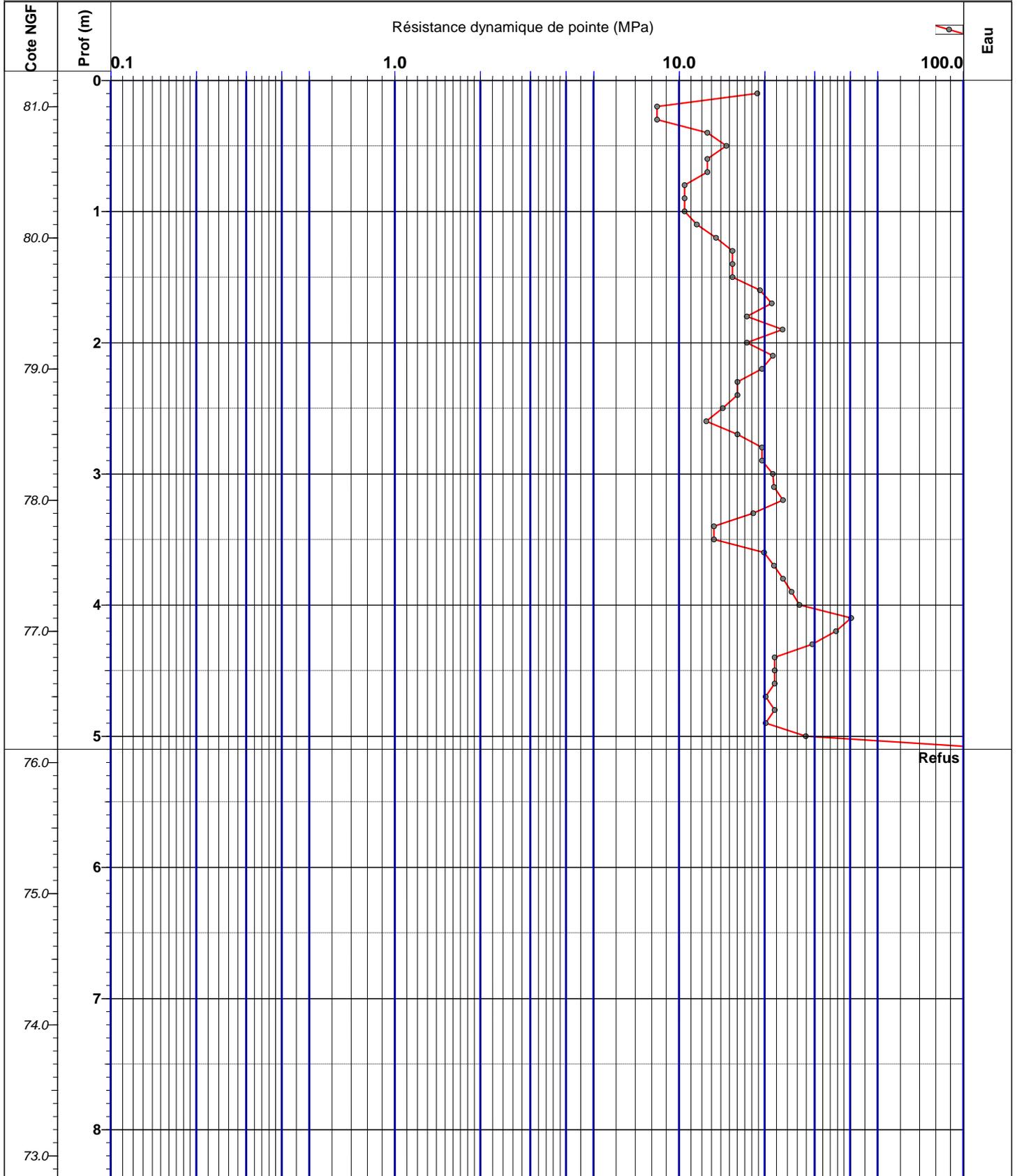
Date : 15/05/18

Début : 0,00 m

Fin : 5,10 m

Echelle : 1 / 40

Page: 1 / 1





Client : **VIRTUO**

Etude : **BULLY LES MINES (62)**

Remarque :

X :

Y :

Z : 76,80 m

Inclinaison :

Machine : PAGANI

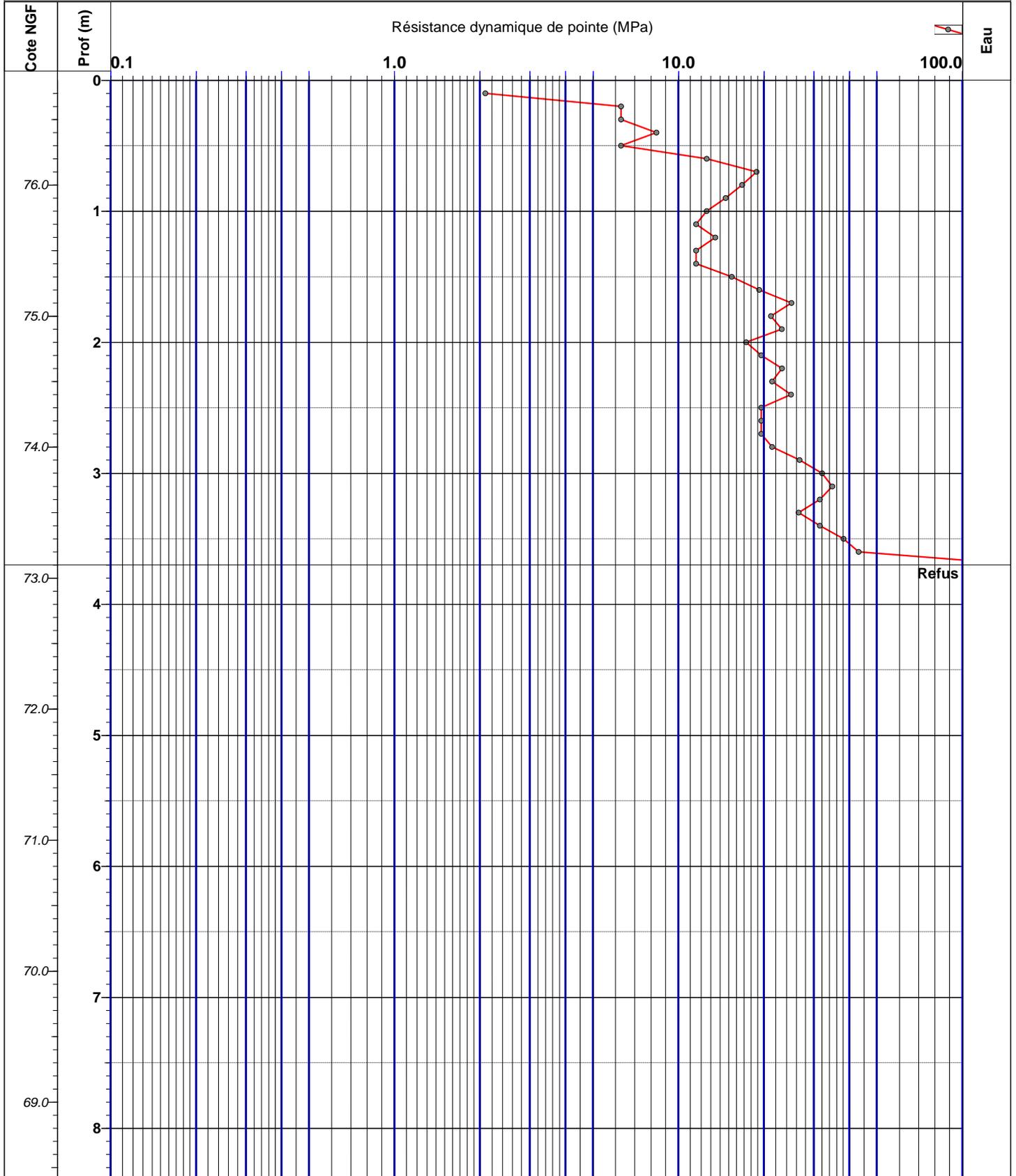
Date : 17/05/18

Début : 0,00 m

Fin : 3,70 m

Echelle : 1 / 40

Page: 1 / 1





Client : **VIRTUO**

Etude : **BULLY LES MINES (62)**

Remarque :

X :

Y :

Z : 76,60 m

Inclinaison :

Machine : PAGANI

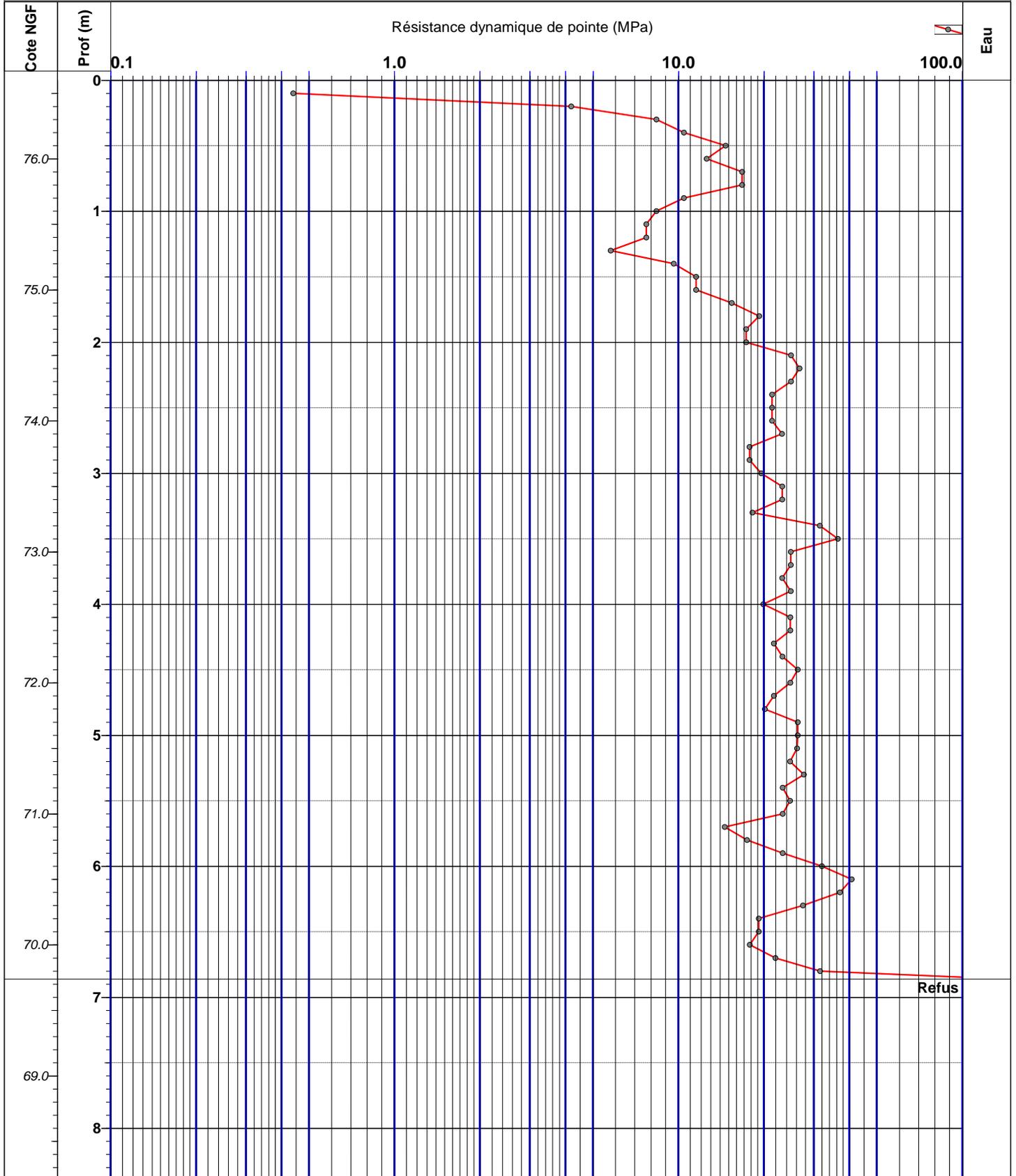
Date : 15/05/18

Début : 0,00 m

Fin : 6,86 m

Echelle : 1 / 40

Page: 1 / 1





Client : **VIRTUO**

Etude : **BULLY LES MINES (62)**

Remarque :

X :

Y :

Z : 73,50 m

Inclinaison :

Machine : PAGANI

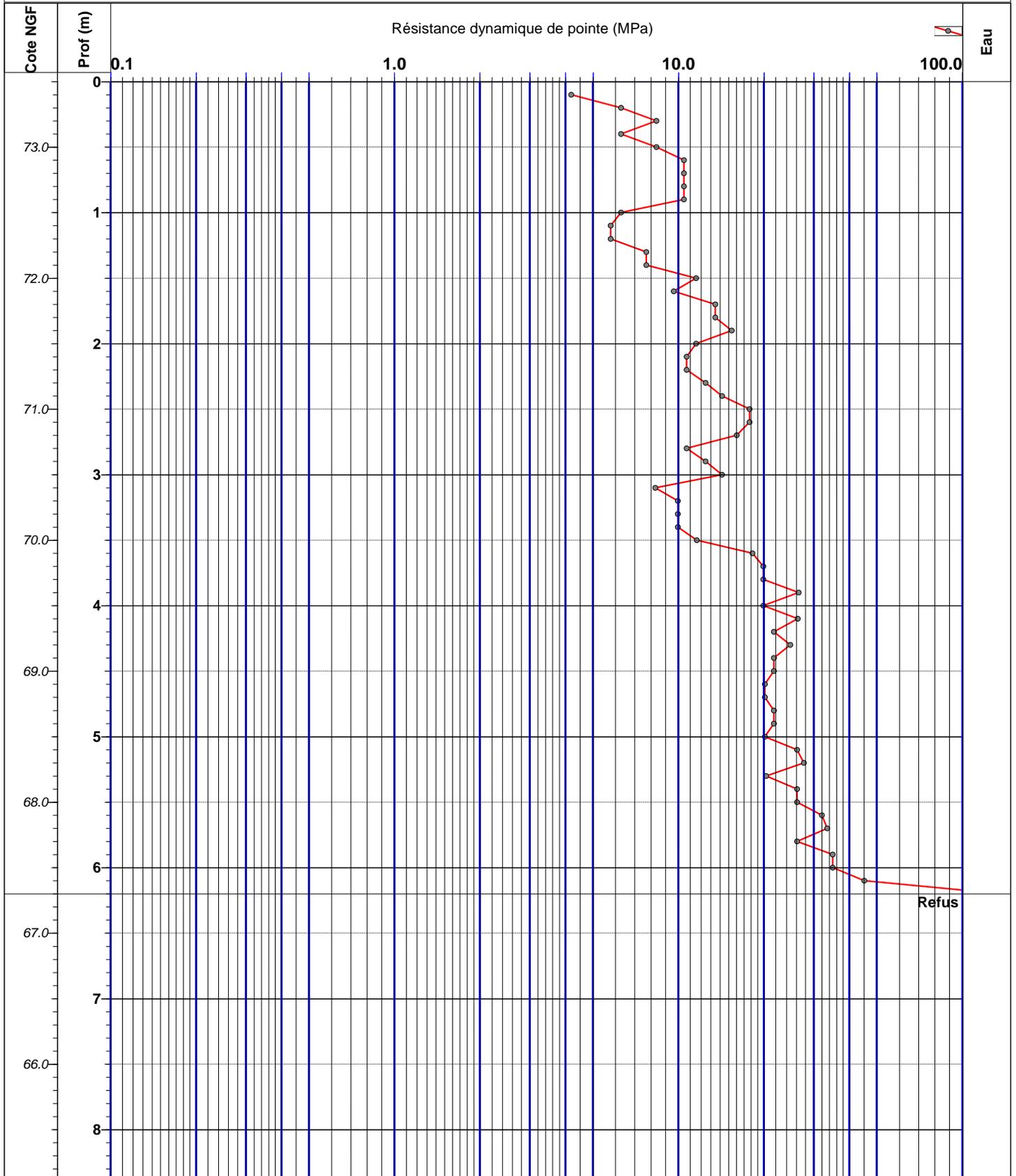
Date : 17/05/18

Début : 0,00 m

Fin : 6,20 m

Echelle : 1 / 40

Page: 1 / 1





Client : **VIRTUO**

Etude : **BULLY LES MINES (62)**

Remarque :

X :

Y :

Z : 74,10 m

Inclinaison :

Machine : PAGANI

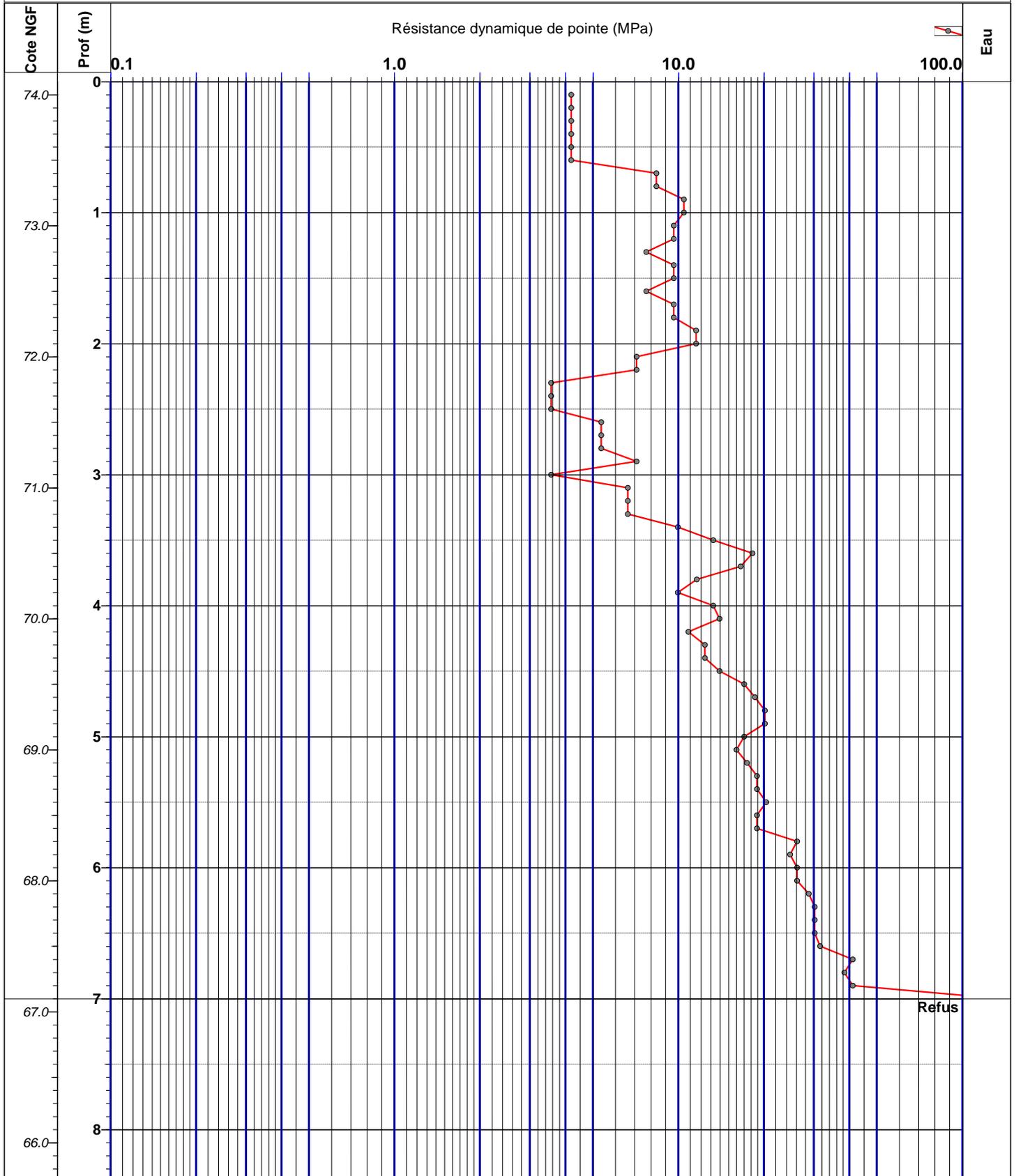
Date : 17/05/18

Début : 0,00 m

Fin : 7,00 m

Echelle : 1 / 40

Page: 1 / 1





Client : **VIRTUO**

Etude : **BULLY LES MINES (62)**

Remarque :

X :

Y :

Z : 73,70 m

Inclinaison :

Machine : PAGANI

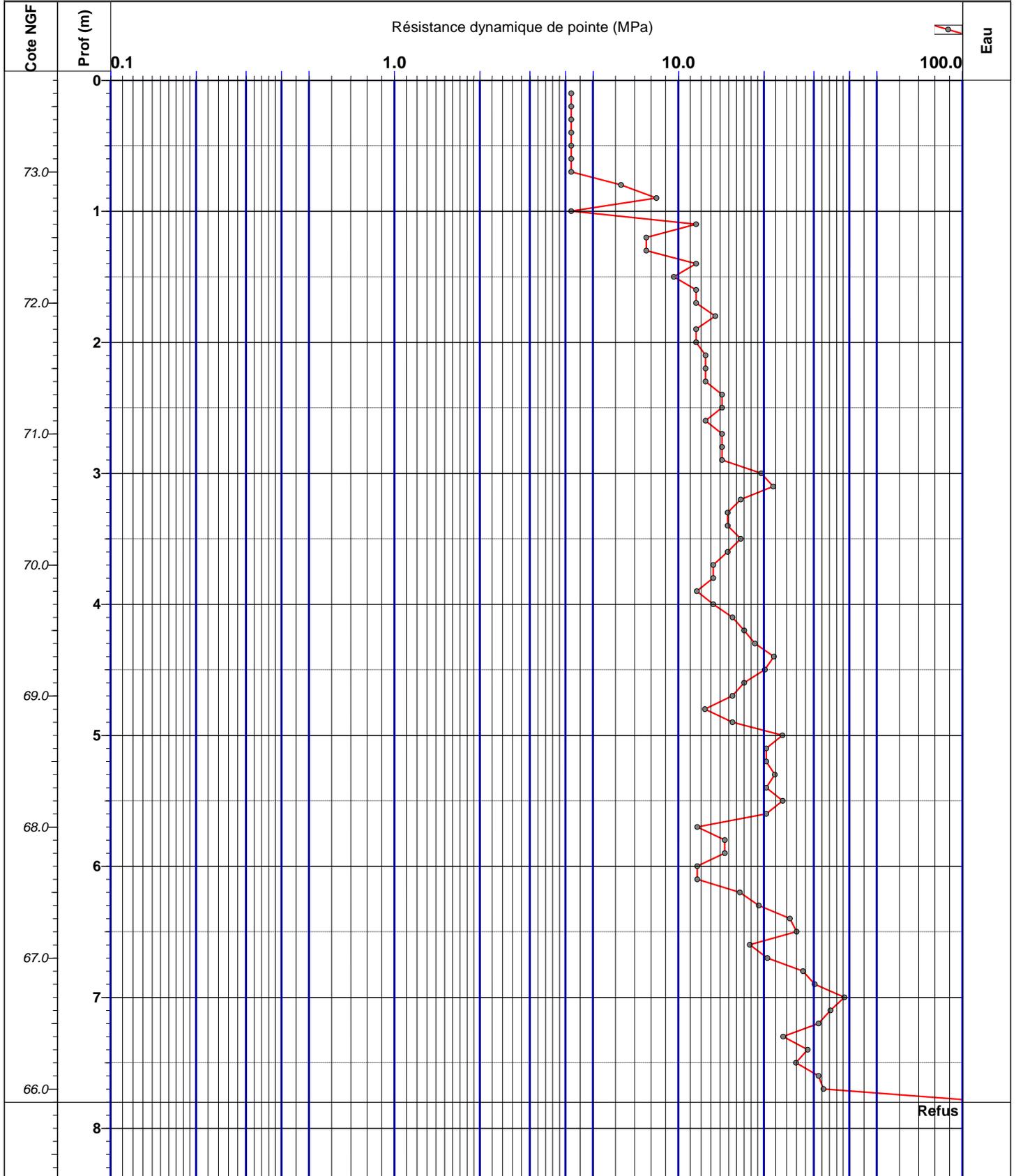
Date : 15/05/18

Début : 0,00 m

Fin : 7,80 m

Echelle : 1 / 40

Page: 1 / 1





SONDAGE : PD3

Type : **Pénétromètre dynamique**

Client : **VIRTUO**

Etude : **BULLY LES MINES (62)**

Remarque :

X :
Y :
Z : 76,20 m
Inclinaison :

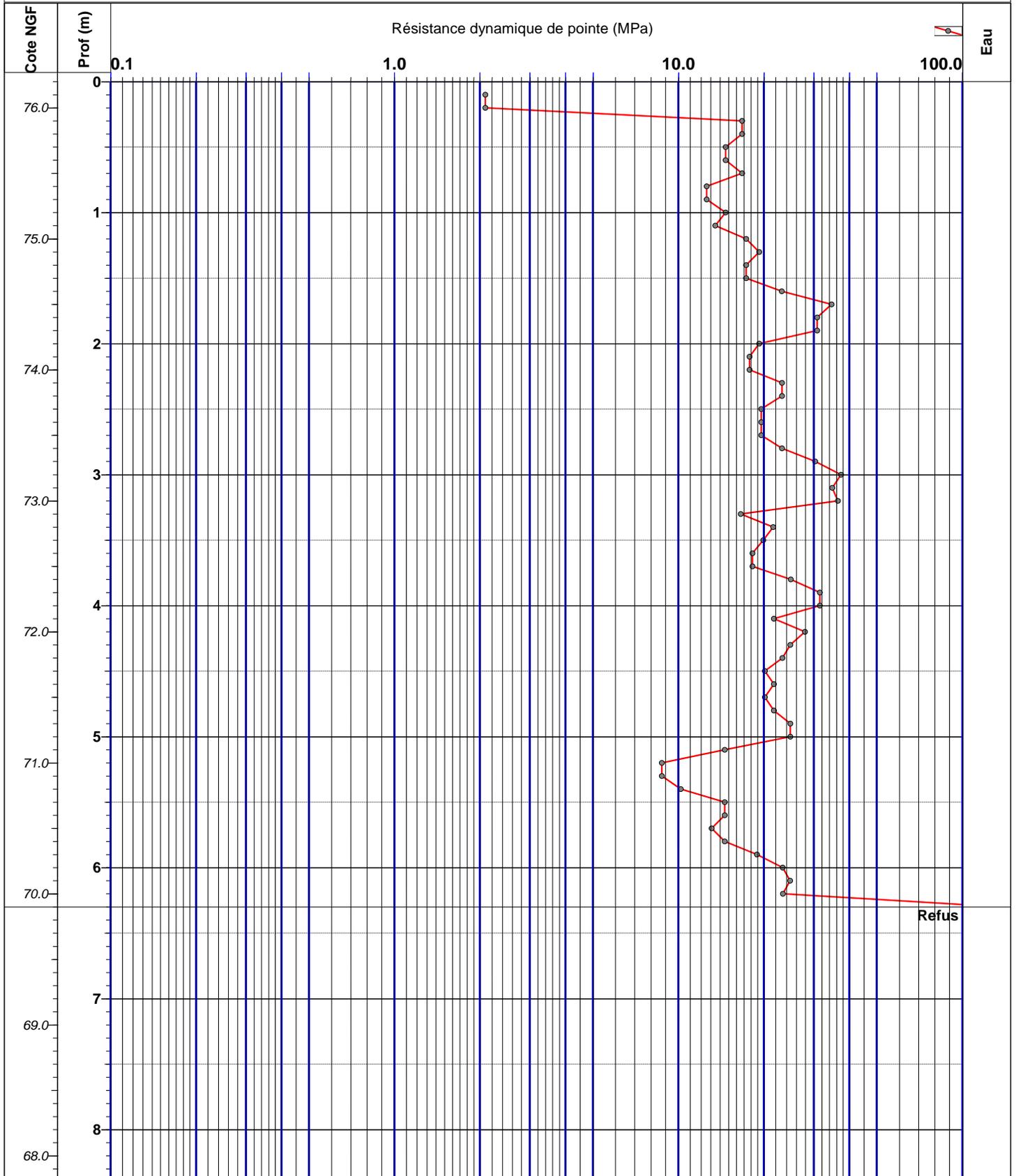
Machine : PAGANI

Date : 15/05/18

Début : 0,00 m

Fin : 6,30 m

Echelle : 1 / 40





Client : **VIRTUO**

Etude : **BULLY LES MINES (62)**

Remarque :

X :

Y :

Z : 74,10 m

Inclinaison :

Machine : PAGANI

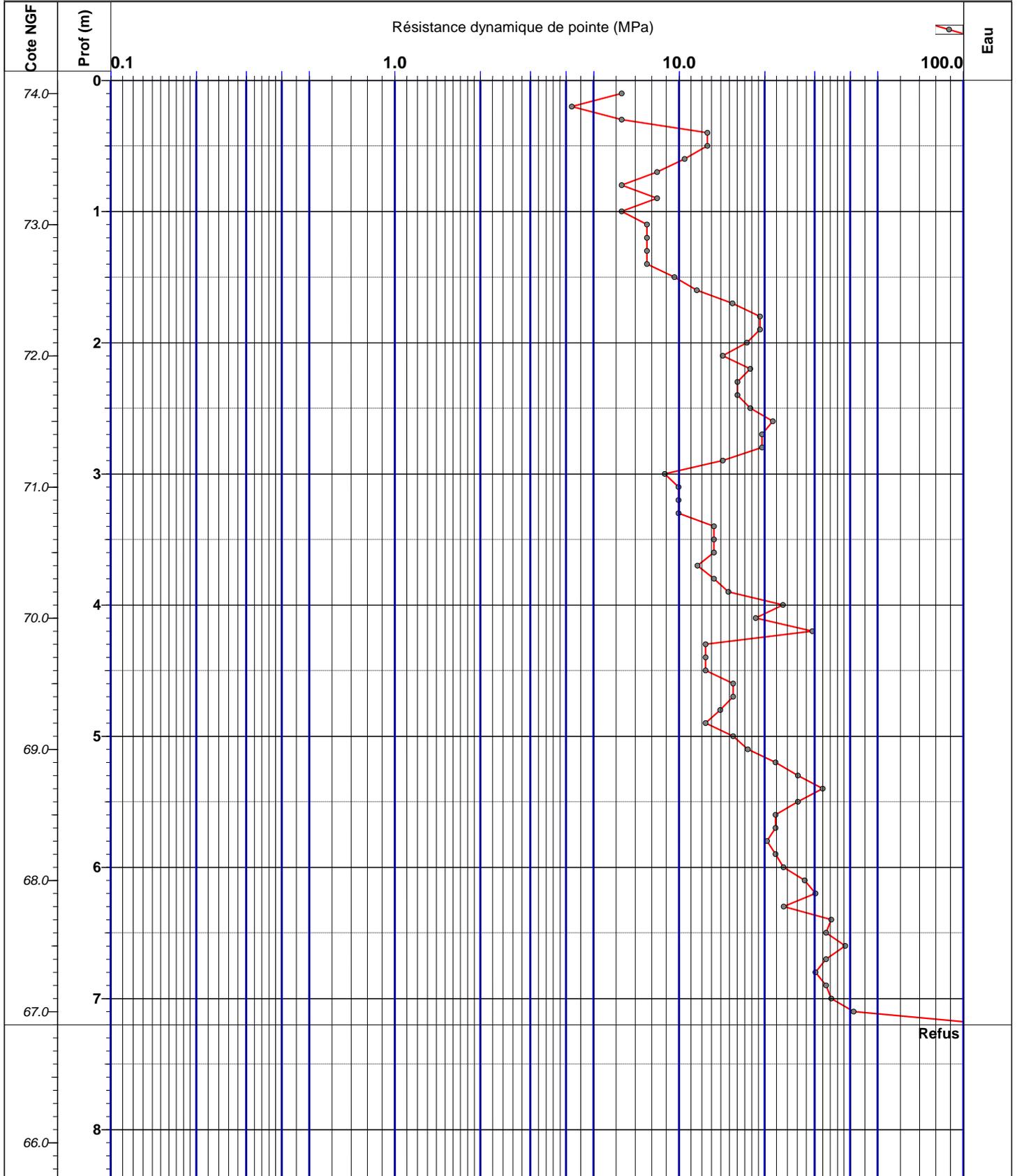
Date : 16/05/18

Début : 0,00 m

Fin : 7,20 m

Echelle : 1 / 40

Page: 1 / 1





SONDAGE : PD5

Type : **Pénétromètre dynamique**

Client : **VIRTUO**

Etude : **BULLY LES MINES (62)**

Remarque :

X :
Y :
Z : 77,00 m
Inclinaison :

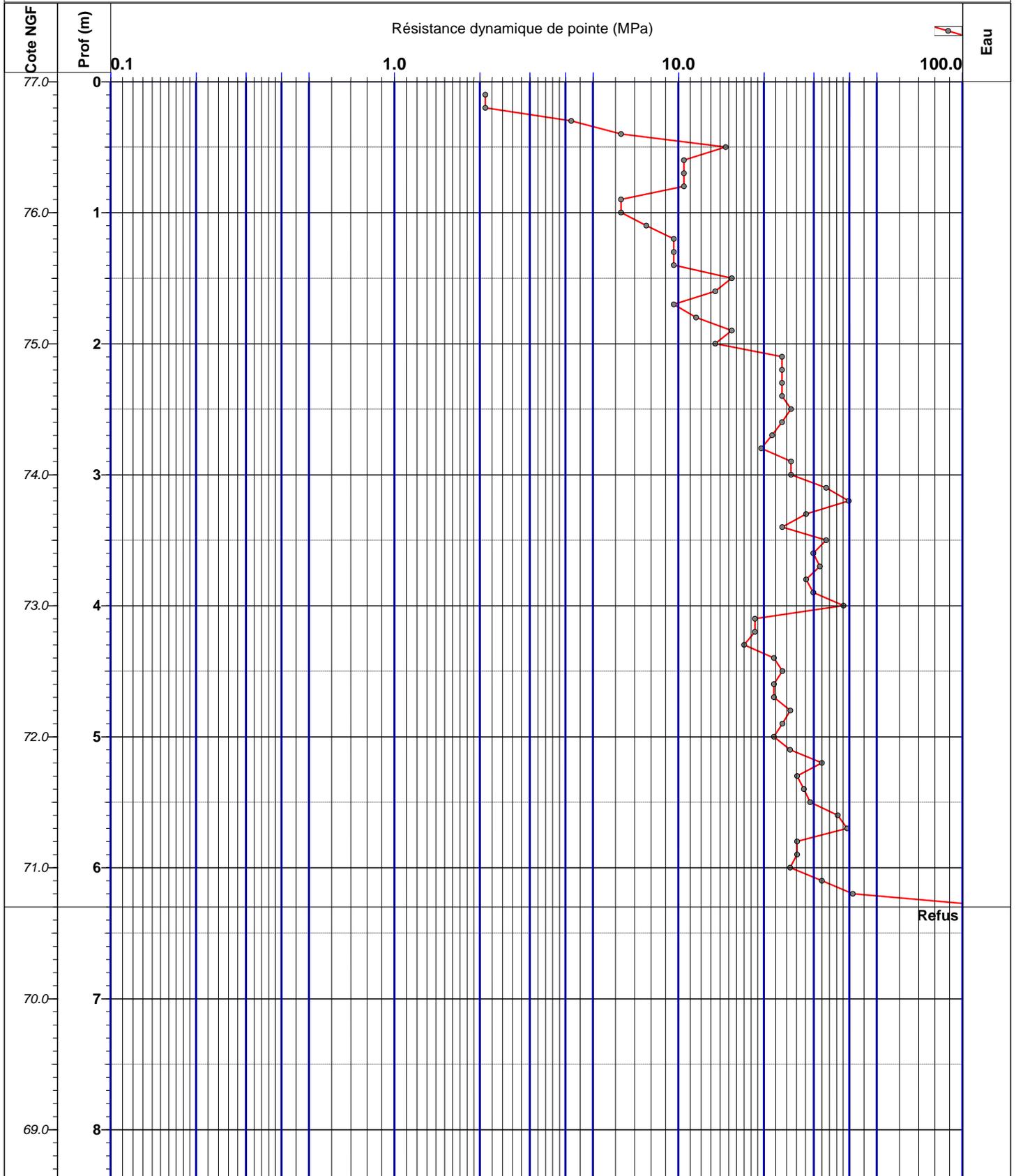
Machine : PAGANI

Date : 16/05/18

Début : 0,00 m

Fin : 6,30 m

Echelle : 1 / 40





SONDAGE : PD6

Type : **Pénétromètre dynamique**

Client : **VIRTUO**

Etude : **BULLY LES MINES (62)**

Remarque :

X :
Y :
Z : 77,60 m
Inclinaison :

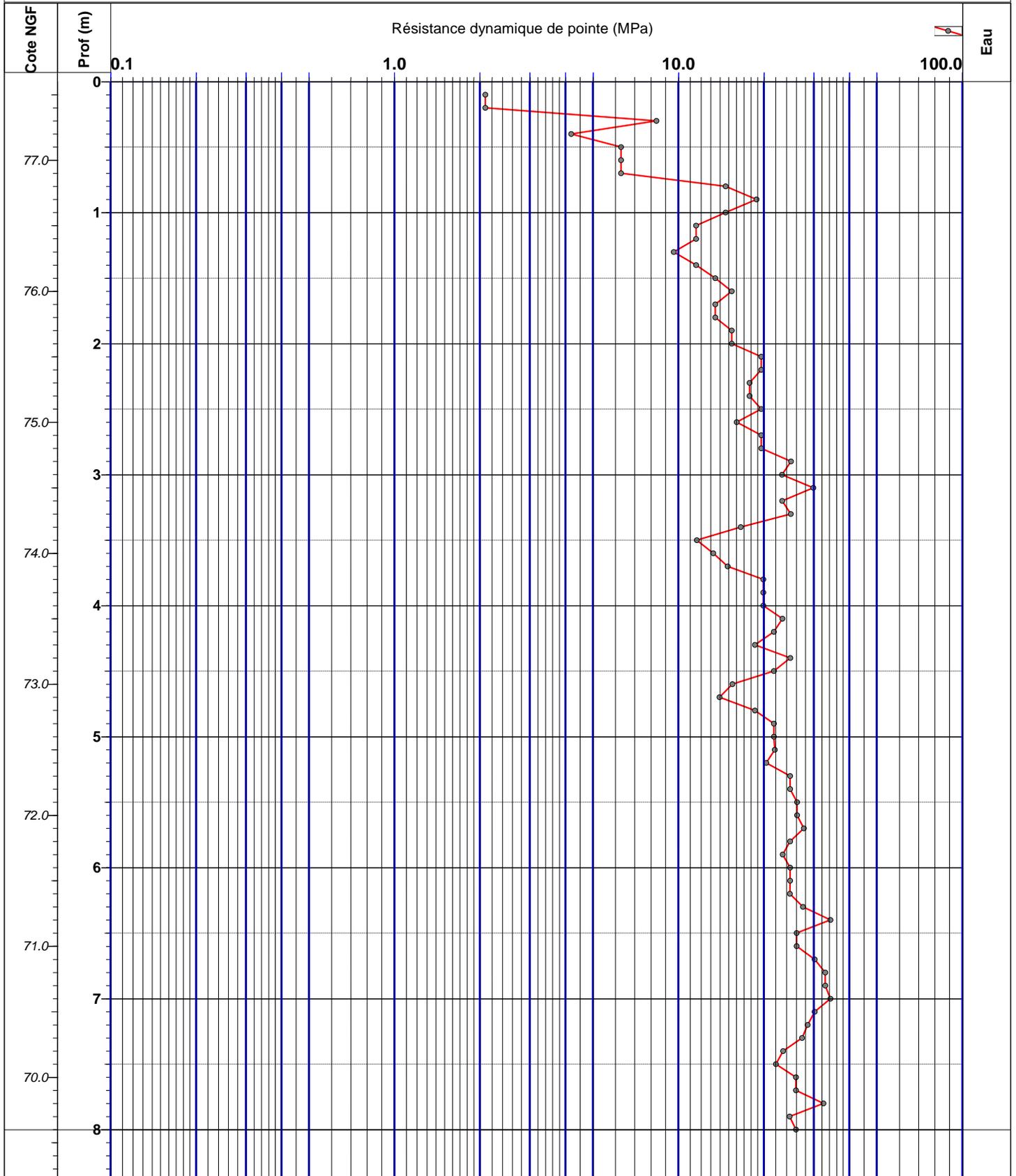
Machine : PAGANI

Date : 16/05/18

Début : 0,00 m

Fin : 8,00 m

Echelle : 1 / 40





SONDAGE : PD7

Type : **Pénétromètre dynamique**

Client : **VIRTUO**

Etude : **BULLY LES MINES (62)**

Remarque :

X :
Y :
Z : 80,10 m
Inclinaison :

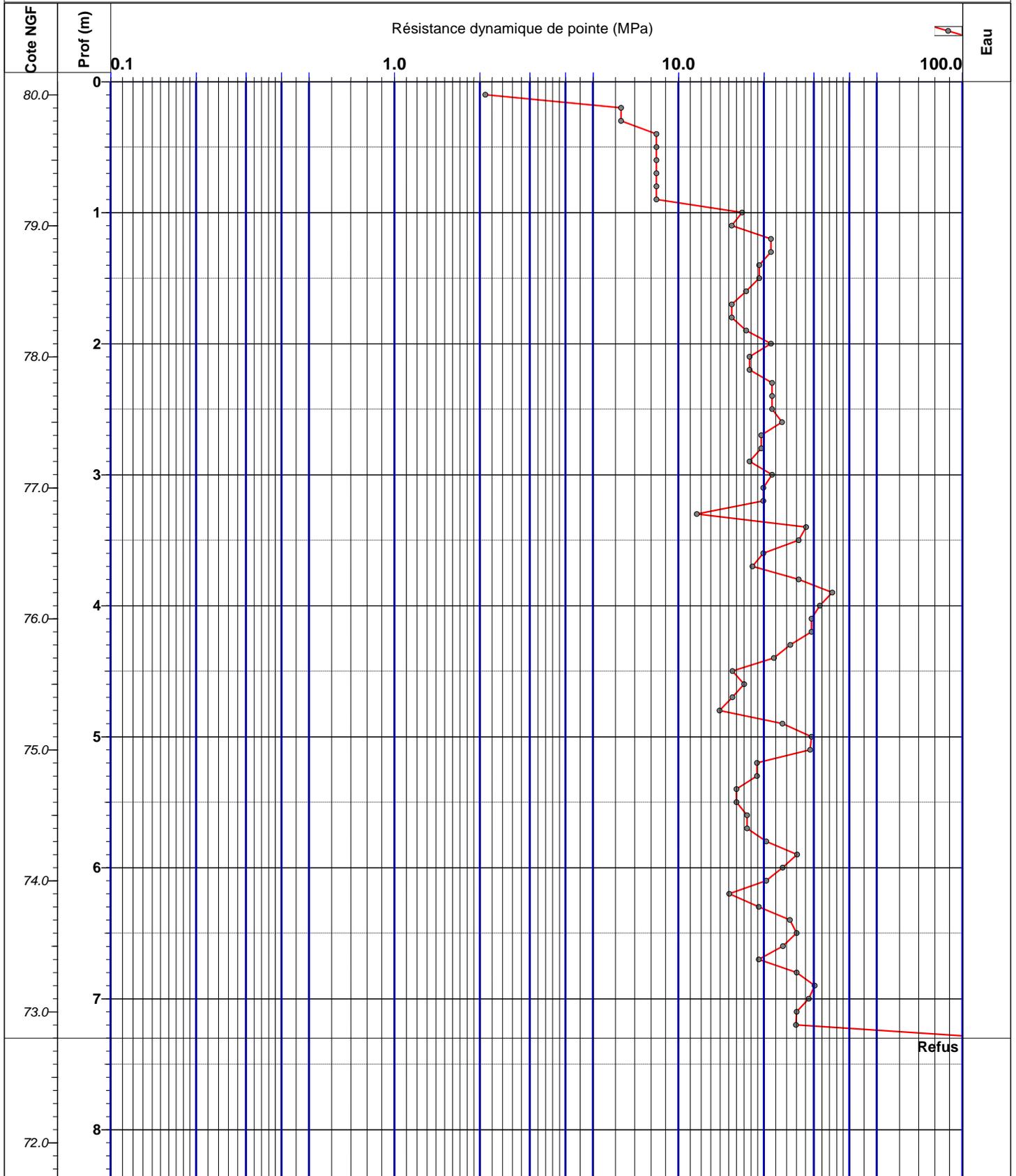
Machine : PAGANI

Date : 16/05/18

Début : 0,00 m

Fin : 7,30 m

Echelle : 1 / 40





Client : **VIRTUO**

Etude : **BULLY LES MINES (62)**

Remarque :

X :

Y :

Z : 80,60 m

Inclinaison :

Machine : PAGANI

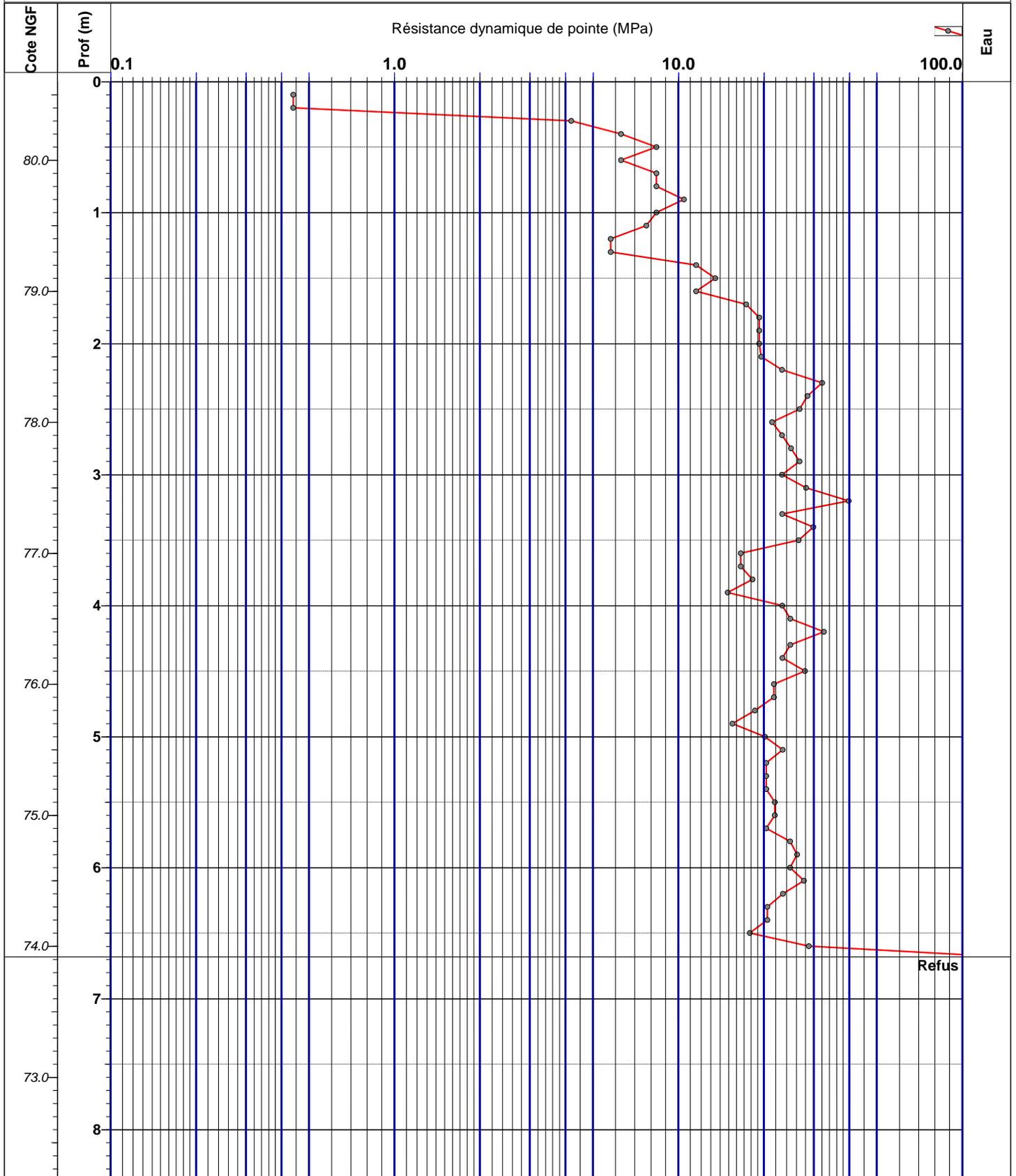
Date : 15/05/18

Début : 0,00 m

Fin : 6,68 m

Echelle : 1 / 40

Page: 1 / 1





SONDAGE : PD9

Type : **Pénétromètre dynamique**

Client : **VIRTUO**

Etude : **BULLY LES MINES (62)**

Remarque :

X :

Y :

Z : 81,10 m

Inclinaison :

Machine : PAGANI

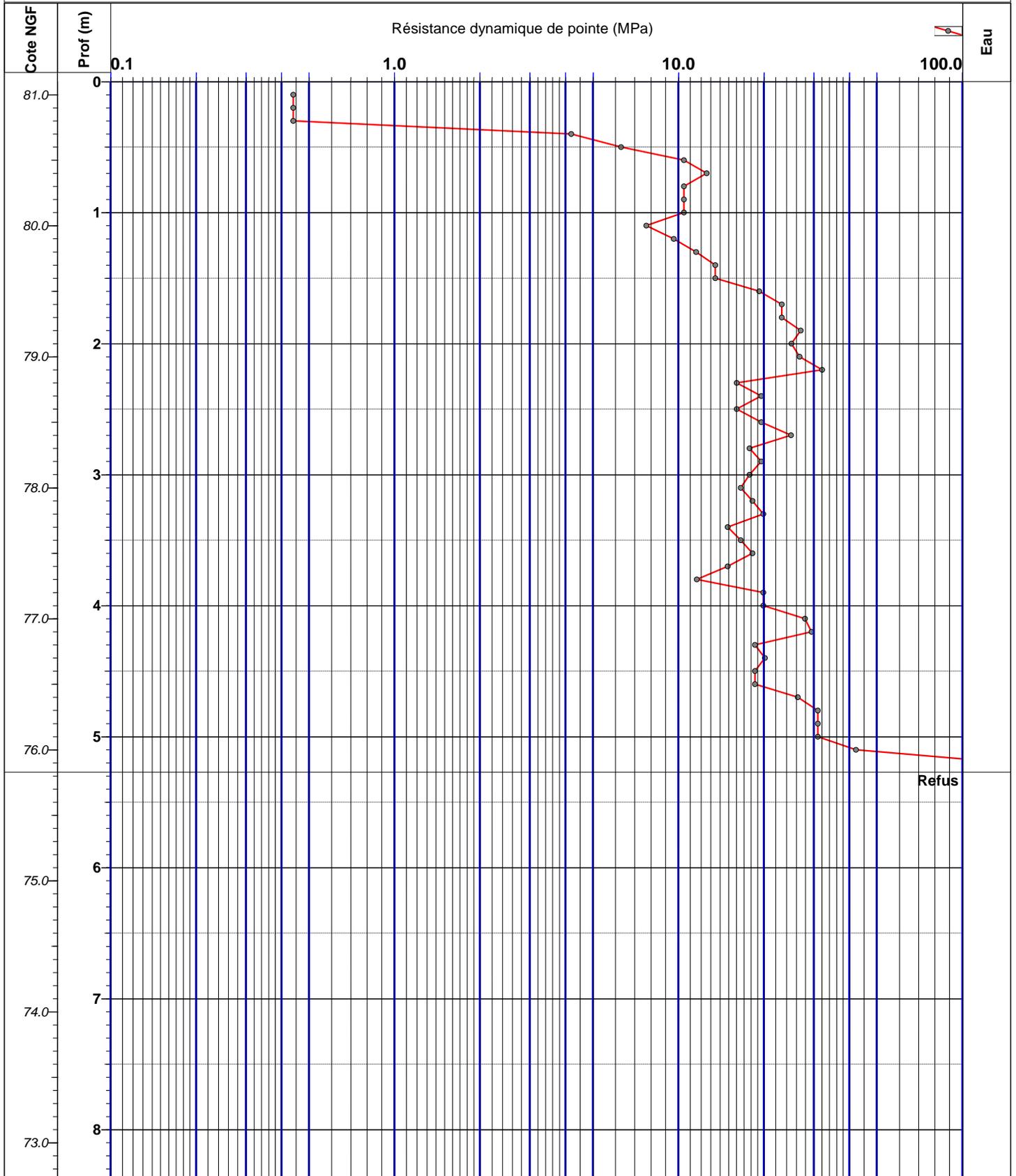
Date : 15/05/18

Début : 0,00 m

Fin : 5,27 m

Echelle : 1 / 40

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

PM8





PRISES DE VUES SONDAGES A LA PELLE

PM9





PRISES DE VUES SONDAGES A LA PELLE

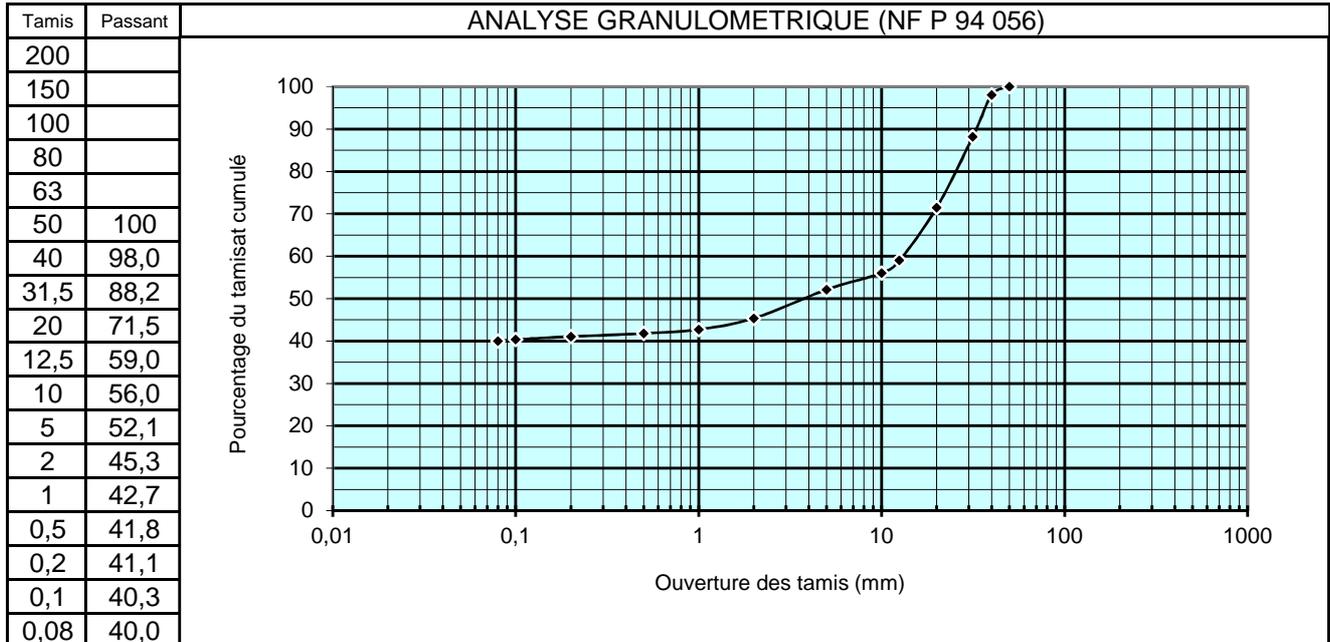
PM10



Annexe 5 : Essais de laboratoire

ESSAIS D'IDENTIFICATION SUR SOLS

Nature des matériaux :	Limon graveleux	Date du prélèvement :	16/05/2018
Provenance des matériaux :	PM2	Date des essais :	23/05/2018
Profondeurs :	0,5 m	Opérateurs :	CFAU
Observations :	marron		



AUTRES PARAMETRES D'IDENTIFICATION

Norme	Essai	Résultat	Spécification
NF P 94 056	Passant à 0,08 mm sur fraction 0/50 =	40,0%	
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	20,0 %	
NF P 94 068	Valeur au bleu VBS =	2,27	
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 m

Observations :



COMPTE RENDU D'ESSAI PROCTOR NF P 94 093

Nature des matériaux :

Limon graveleux

Date du prélèvement : 16/05/2018

Classification GTR :

A1

Date des essais : 28/05/2018

Provenance des matériaux :

PM2

Opérateurs : RB

Profondeur :

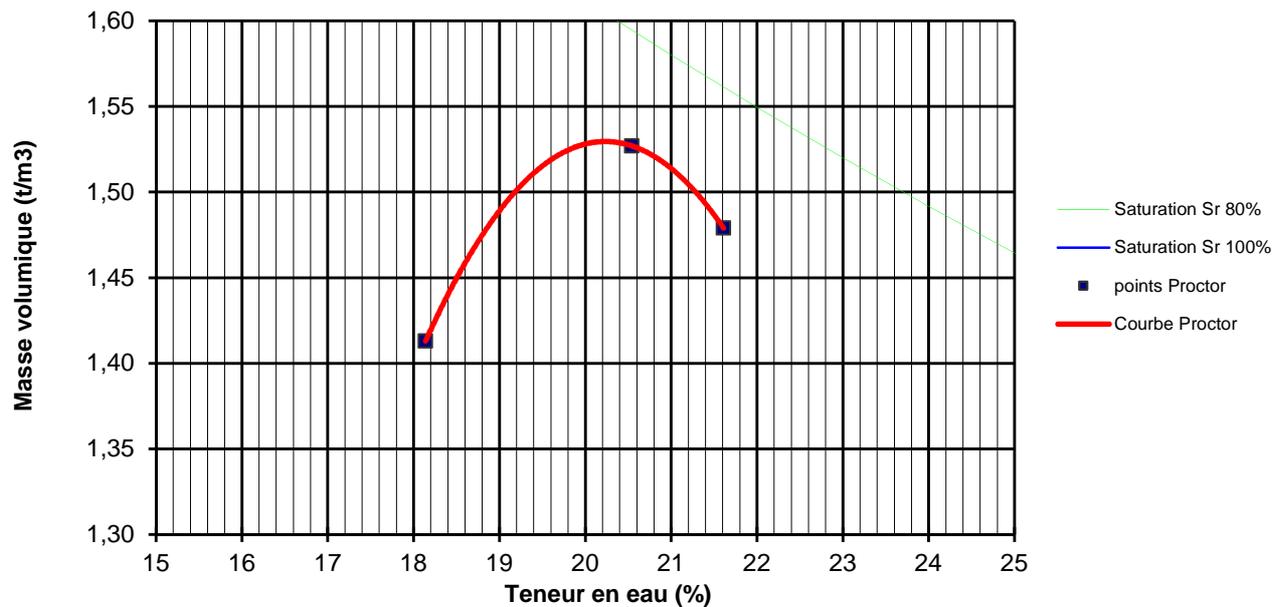
0,5 m

Observations :

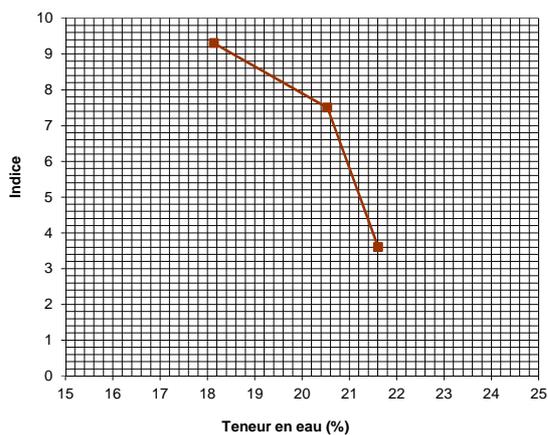
marron

Teneur en eau	18,1	20,5	21,6				%		Energie : Normale
Masse volumique sèche	1,41	1,53	1,48				t/m ³		Moule : CBR
Teneur en eau							%		
Masse volumique sèche							t/m ³		ρs estimée 2,70 t/m3
Poinçonnement IPI	9,3	7,5	3,6						W% naturelle 20,0 %

Proctor



Poinçonnement



Résultats :

Sur la fraction 0/20 ρd OPN= 1,53 t/m3
 W OPN= 20,2 %

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

Sur la fraction 0/D ρd ' OPN= 1,53 t/m3
 W' OPN= 20,2 %

Observations :

**POINCONNEMENT CBR ou IPI - Immersion NF P 94-078**Provenance échantillon : **PM2 - 0,5 m**

Date du prélèvement : 16/05/2018

Nature du matériau : **Limon graveleux marron**
+ 0,5% de chaux

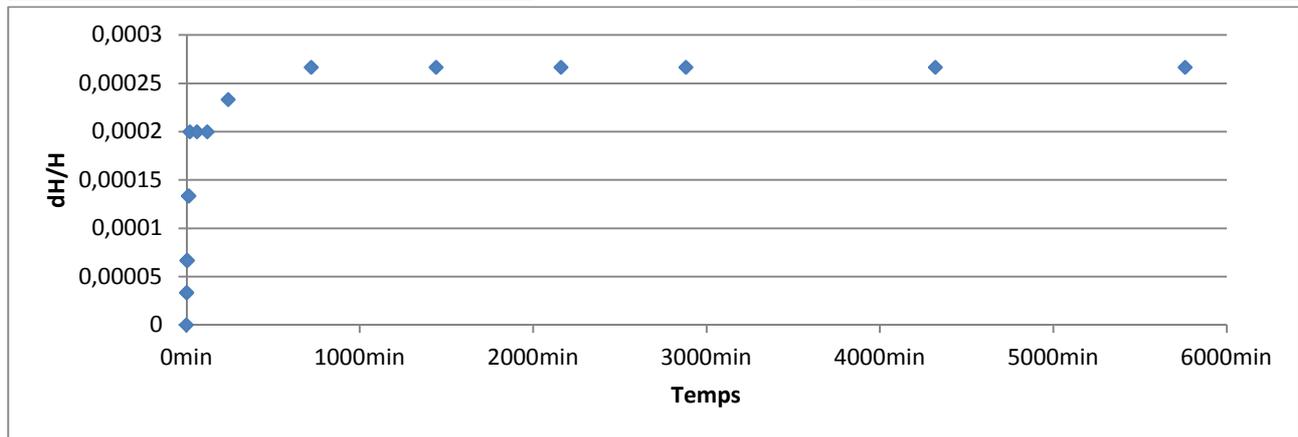
Date de l'essai : 01/06/2018

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

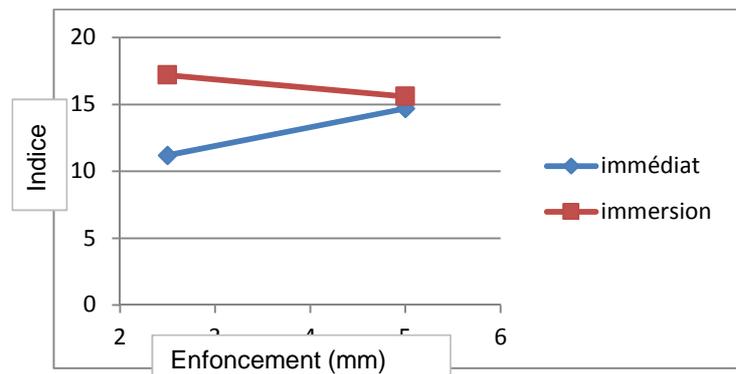
Moule	Poids total humide :	15429
	Poids du moule :	11396
	Poids du sol humide :	4033
	Volume du moule :	2114
	$\rho_{\text{humide}} (t/m^3)$:	1,908
	$\rho_{\text{sèche}} (t/m^3)$:	1,581

Teneur en eau	PH :	484
	PS :	401
	W% :	20,7%

	Lecture	Indice
E 2.5 mm	25	11,2
E 5 mm	49	14,7
Indice immédiat	14,7	

**MOULE APRES IMMERSION**

Teneur en eau	PH :	347
	PS :	282
	W% :	23,0%



	Lecture	Indice
E 2.5 mm	16	17,2
E 5 mm	22	15,6
Indice immersion	17,2	

Déformation	
$G = \Delta H/H * 100$	
G = 0,027%	

Remarque :



POINCONNEMENT CBR ou IPI - Immersion NF P 94-078

Provenance échantillon : **PM2 - 0,5 m**

Date du prélèvement : 16/05/2018

Nature du matériau : Limon graveleux marron
+ 5% de ciment

Date de l'essai : 01/06/2018

Opérateurs : CFAU

CONFECTION DU MOULE

INDICE :
ENERGIE :



CBR
normale

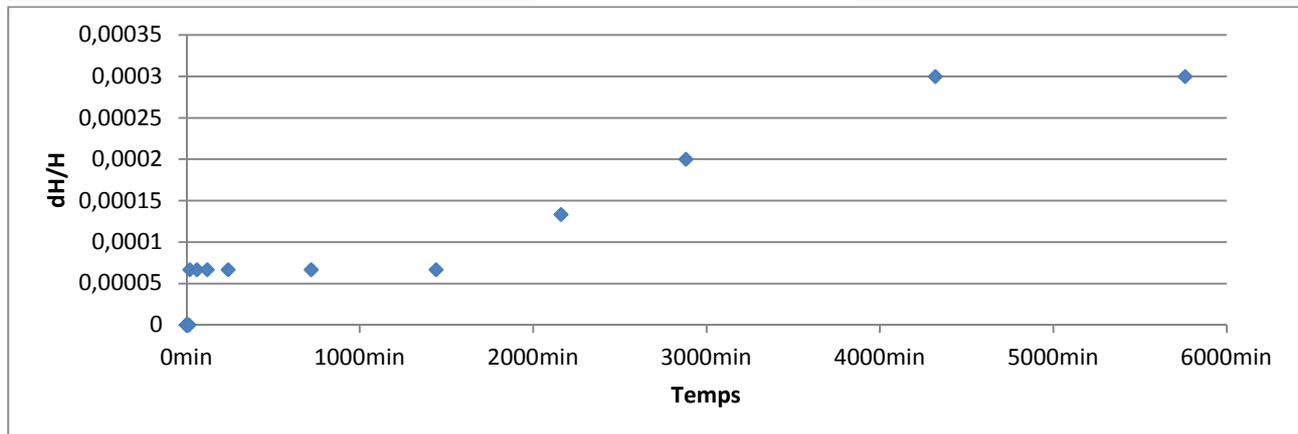


IPI
modifiée

Moule	Poids total humide :	15352
	Poids du moule :	11271
	Poids du sol humide :	4081
	Volume du moule :	2114
	$\rho_{\text{humide}} (t/m^3)$:	1,930
	$\rho_{\text{sèche}} (t/m^3)$:	1,615

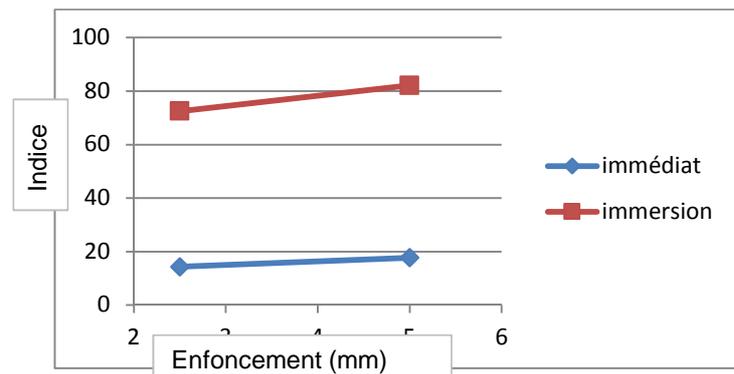
Teneur en eau	PH :	556
	PS :	465
	W% :	19,6%

	Lecture	Indice
E 2.5 mm	32	14,3
E 5 mm	59	17,7
Indice immédiat	17,7	



MOULE APRES IMMERSION

Teneur en eau	PH :	523
	PS :	425
	W% :	23,1%



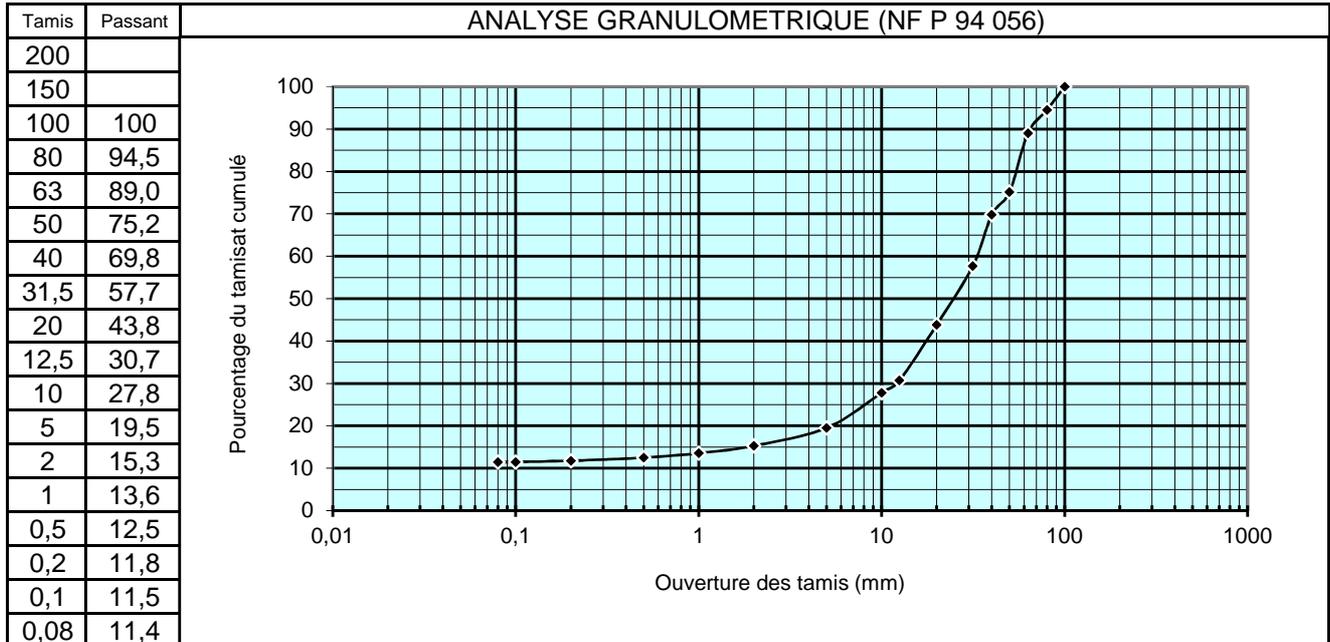
	Lecture	Indice
E 2.5 mm	223	72,5
E 5 mm	377	82,1
Indice immersion	82,1	

Déformation
$G = \Delta H/H * 100$
$G =$ 0,013%

Remarque :

ESSAIS D'IDENTIFICATION SUR SOLS

Nature des matériaux :	Grave crayeuse	Date du prélèvement :	16/05/2018
Provenance des matériaux :	PM3	Date des essais :	21/05/2018
Profondeurs :	1 m	Opérateurs :	CFAU
Observations :	blanche		



AUTRES PARAMETRES D'IDENTIFICATION

Norme	Essai	Résultat	Spécification
NF P 94 056	Passant à 0,08 mm sur fraction 0/50 =	15,2%	
NF P 94 056	D max =	100,0 mm	
NF P 94 056	Coefficient d'uniformité Cu =		
NF P 94 050	Teneur en eau sur 0/20	25,8 %	
NF P 94 068	Valeur au bleu VBS =	0,49	
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		

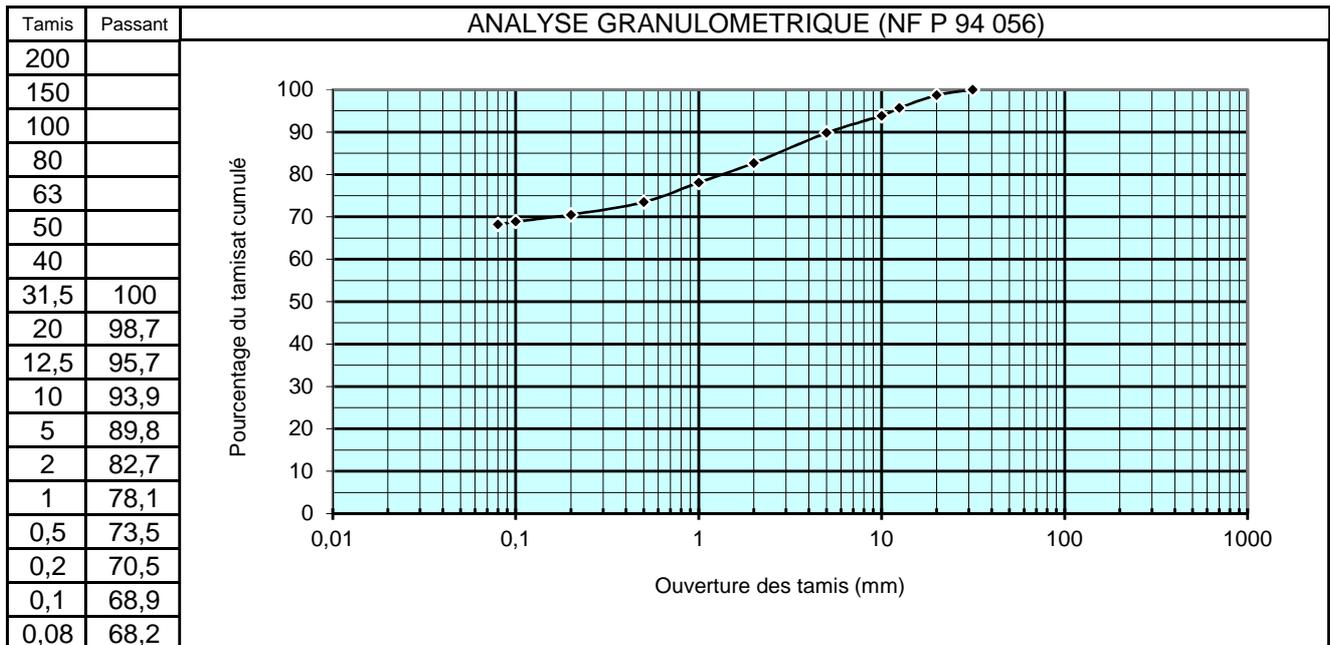
CLASSIFICATION GTR :

C1 B4

Observations :

ESSAIS D'IDENTIFICATION SUR SOLS

Nature des matériaux : Limon sablo-graveleux Date du prélèvement : 16/05/2018
Provenance des matériaux : **PM4** Date des essais : 21/05/2018
Profondeurs : 0,3 m Opérateurs : CFAU
Observations : marron



AUTRES PARAMETRES D'IDENTIFICATION

Norme	Essai	Résultat	Spécification
NF P 94 056	Passant à 0,08 mm sur fraction 0/50 =	68,2%	
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	17,0 %	
NF P 94 068	Valeur au bleu VBS =	3,28	
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 :

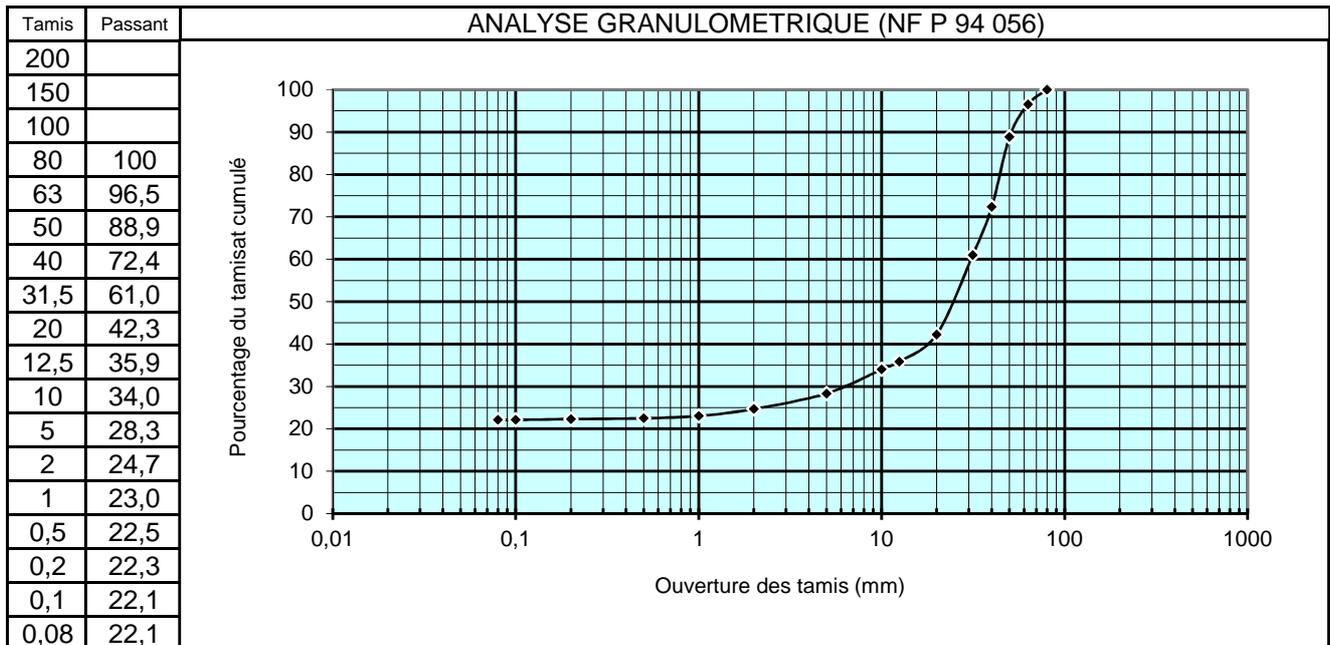
A2

Observations :

ESSAIS D'IDENTIFICATION SUR SOLS

Nature des matériaux : Grave crayeuse
Provenance des matériaux : **PM9**
Profondeurs : 1 m
Observations : blanche

Date du prélèvement : 16/05/2018
Date des essais : 23/05/2018
Opérateurs : CFAU



AUTRES PARAMETRES D'IDENTIFICATION

Norme	Essai	Résultat	Spécification
NF P 94 056	Passant à 0,08 mm sur fraction 0/50 =	24,9%	
NF P 94 056	D max =	80,0 mm	
NF P 94 056	Coefficient d'uniformité Cu =		
NF P 94 050	Teneur en eau sur 0/20	24,8 %	
NF P 94 068	Valeur au bleu VBS =	0,26	
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 :

C1 B5

Observations :



COMPTE RENDU D'ESSAI PROCTOR NF P 94 093

Nature des matériaux :

Grave crayeuse

Date du prélèvement : 16/05/2018

Classification GTR :

C1B5

Date des essais : 31/05/2018

Provenance des matériaux :

PM9

Opérateurs : RB

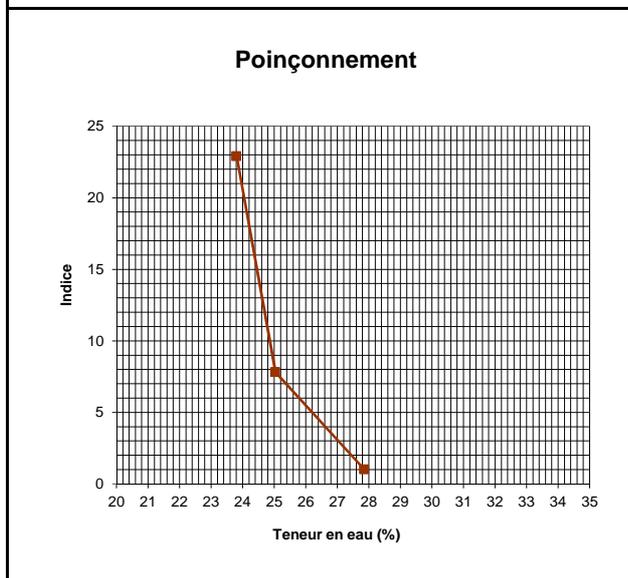
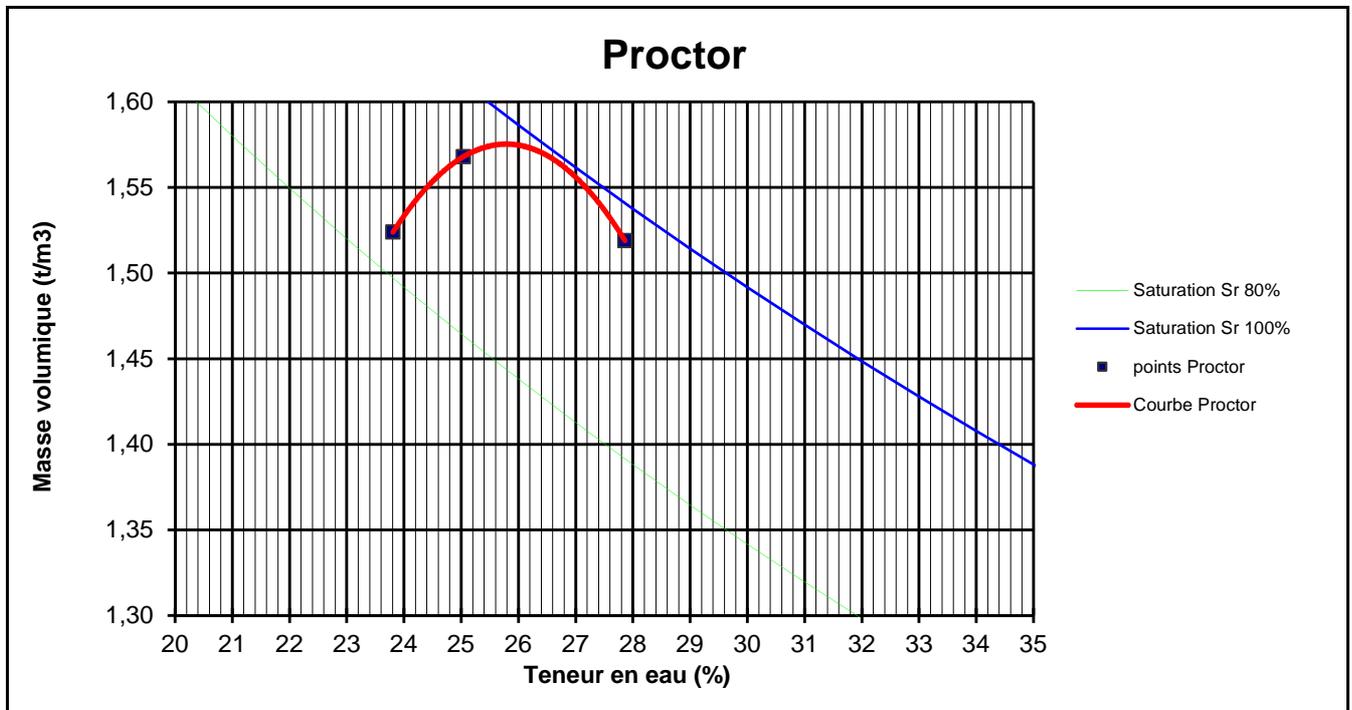
Profondeur :

1 m

Observations :

blanche

Teneur en eau	23,8	25,0	27,9				%		Energie : Normale
Masse volumique sèche	1,52	1,57	1,52				t/m ³		Moule : CBR
Teneur en eau							%		
Masse volumique sèche							t/m ³		ρs estimée 2,70 t/m3
Poinçonnement IPI	22,9	7,8	1						W% naturelle 24,8 %



Résultats :

Sur la fraction 0/20 ρd OPN= 1,58 t/m3
 W OPN= 25,8 %

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

Sur la fraction 0/D ρd ' OPN= 1,58 t/m3
 W' OPN= 25,8 %

Observations :

POINCONNEMENT CBR ou IPI - Immersion NF P 94-078

Provenance échantillon :	PM9 - 1 m	Date du prélèvement :	16/05/2018
Nature du matériau :	Graves crayeuses + 0,5% de chaux	Date de l'essai :	01/06/2018
		Opérateurs :	CFAU

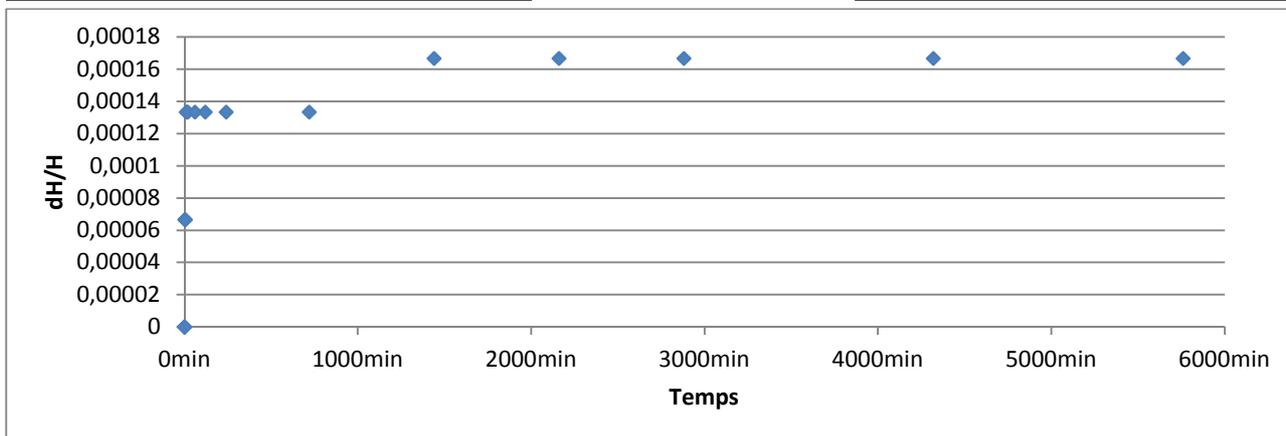
CONFECTION DU MOULE

INDICE : CBR normale IPI modifiée
ENERGIE :

Moule	Poids total humide :	15073
	Poids du moule :	11213
	Poids du sol humide :	3860
	Volume du moule :	2114
	$\rho_{humide} (t/m^3)$:	1,826
	$\rho_{sèche} (t/m^3)$:	1,488

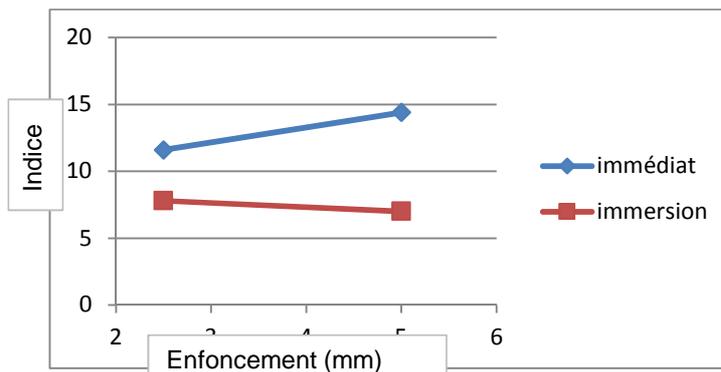
Teneur en eau	PH :	595
	PS :	485
	W%:	22,7%

	Lecture	Indice
E 2.5 mm	26	11,6
E 5 mm	48	14,4
Indice immédiat	14,4	



MOULE APRES IMMERSION

Teneur en eau	PH :	538
	PS :	422
	W%:	27,5%



	Lecture	Indice
E 2.5 mm	24	7,8
E 5 mm	32	7
Indice immersion	7,8	

Déformation
$G = \Delta H/H * 100$
$G = \mathbf{0,017\%}$

Remarque :

POINCONNEMENT CBR ou IPI - Immersion NF P 94-078

Provenance échantillon :	PM9 - 1 m	Date du prélèvement :	16/05/2018
Nature du matériau :	Graves crayeuses + 5% de ciment	Date de l'essai :	01/06/2018
		Opérateurs :	CFAU

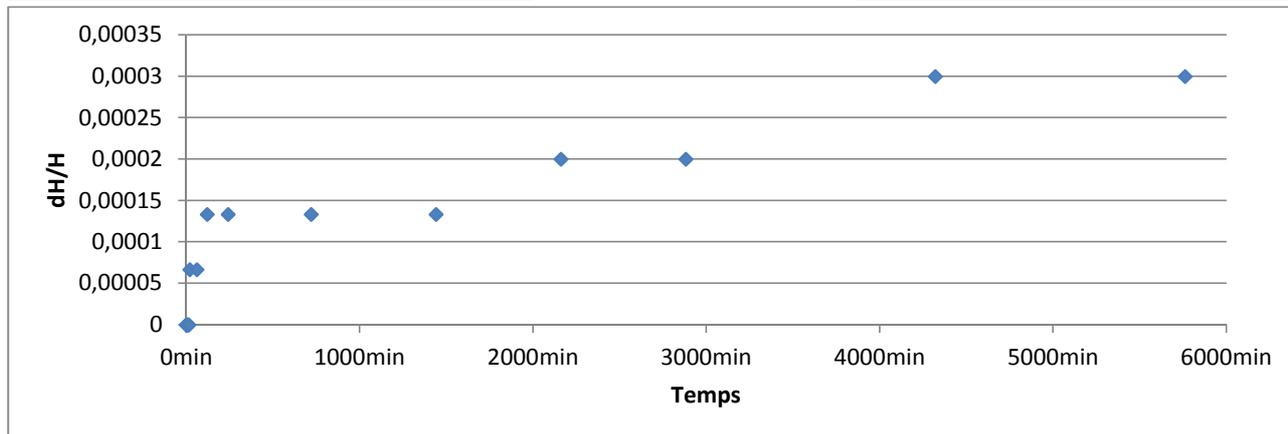
CONFECTION DU MOULE

INDICE : CBR normale IPI modifiée
ENERGIE :

Moule	Poids total humide :	14963
	Poids du moule :	11082
	Poids du sol humide :	3881
	Volume du moule :	2114
	$\rho_{\text{humide}} (t/m^3)$:	1,836
	$\rho_{\text{sèche}} (t/m^3)$:	1,502

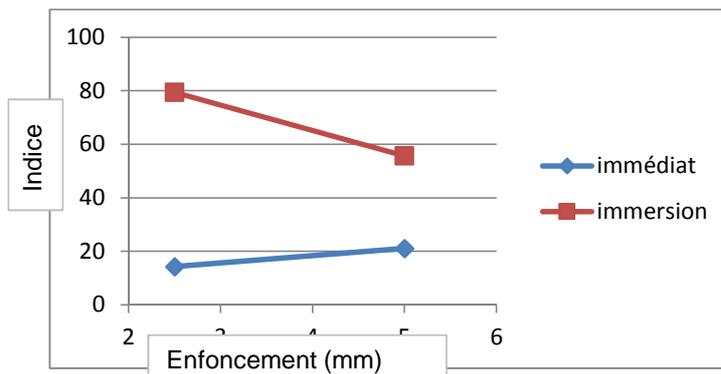
Teneur en eau	PH :	511
	PS :	418
	W% :	22,2%

	Lecture	Indice
E 2.5 mm	32	14,3
E 5 mm	70	21,1
Indice immédiat	21,1	



MOULE APRES IMMERSION

Teneur en eau	PH :	561
	PS :	446
	W% :	25,8%



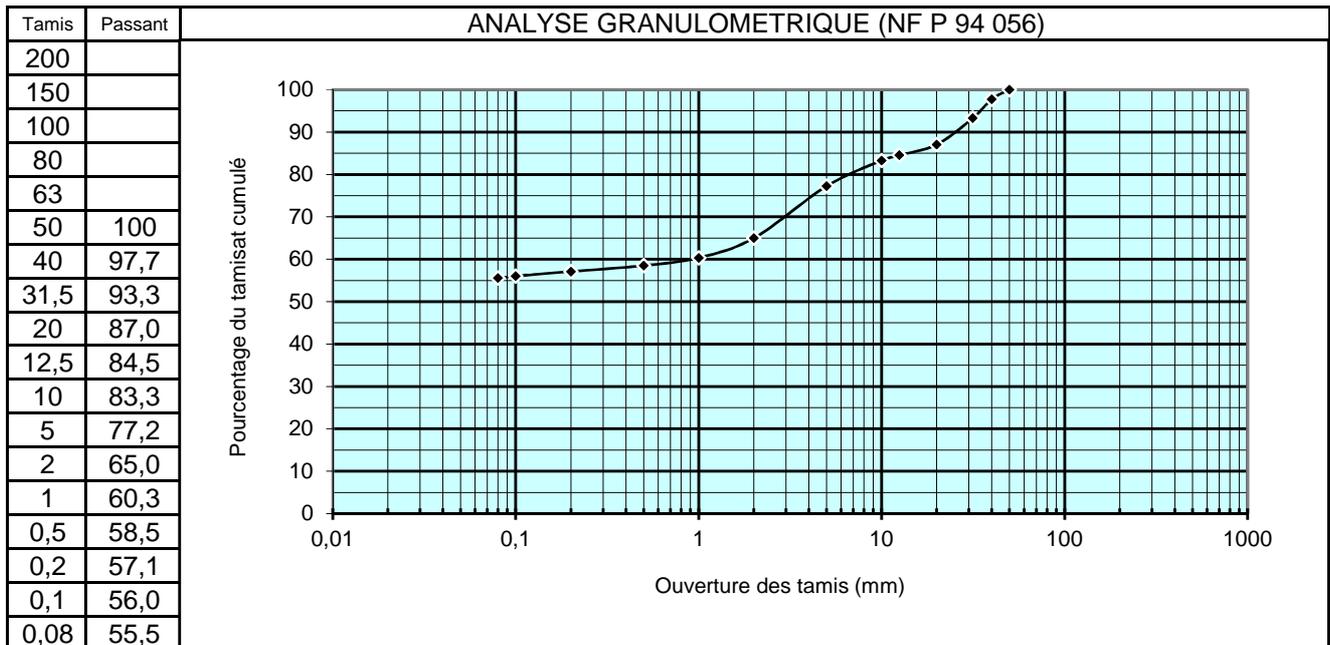
	Lecture	Indice
E 2.5 mm	80	79,4
E 5 mm	84	55,7
Indice immersion	79,4	

Déformation
$G = \Delta H/H * 100$
$G =$ 0,020%

Remarque :

ESSAIS D'IDENTIFICATION SUR SOLS

Nature des matériaux : Limon graveleux Date du prélèvement : 16/05/2018
Provenance des matériaux : **PM10** Date des essais : 21/05/2018
Profondeurs : 0,5 m Opérateurs : CFAU
Observations : marron clair à beige (graves de craie et silex)



AUTRES PARAMETRES D'IDENTIFICATION

Norme	Essai	Résultat	Spécification
NF P 94 056	Passant à 0,08 mm sur fraction 0/50 =	55,5%	
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	21,1 %	
NF P 94 068	Valeur au bleu VBS =	2,05	
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 :



GÉotechnique
sciences de la terre sas

GEOTECHNIQUE EST SAS
672 rue des Mercières - 69140
RILLIEUX LA PAPE - 04 78 88 75 83

Chantier : **BULLY LES MINES (62)**

Client : **VIRTUO**

Date : **31/05/2018**

N°dossier : **2018-04-76**

Nos réf : **2018-04-76-001**

MASSE VOLUMIQUE SECHE ROCHE (NF P 94-064)

Maître d'œuvre :

Opérateur : BILL

Maître d'ouvrage :

Date des essais : 31/05/2018

Lieu de prélèvement	Profondeur	W%	pd (t/m ³)
PM3	2,45 m	26,40	1,619
		25,70	1,616
PM9	1 m	21,17	1,696
		21,18	1,669
		21,55	1,668

Observations :

Annexe 6 : Essais de perméabilité



Essai de perméabilité in-situ

SONDAGE : **PM3**

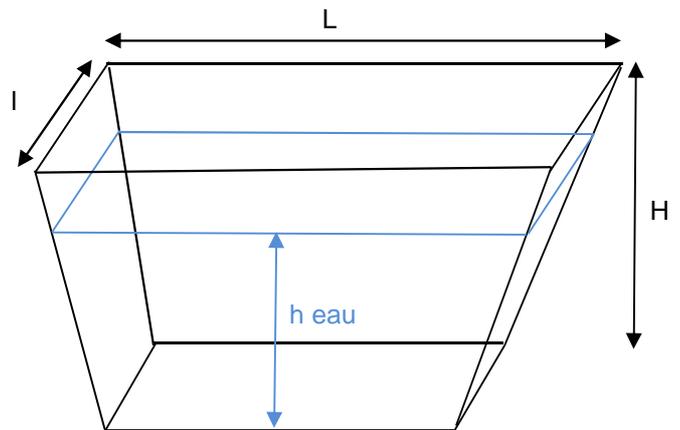
DATE DE L'ESSAI : 16/05/2018

NATURE DU TERRAIN : Craie altérée blanchâtre

OPERATEUR : CF

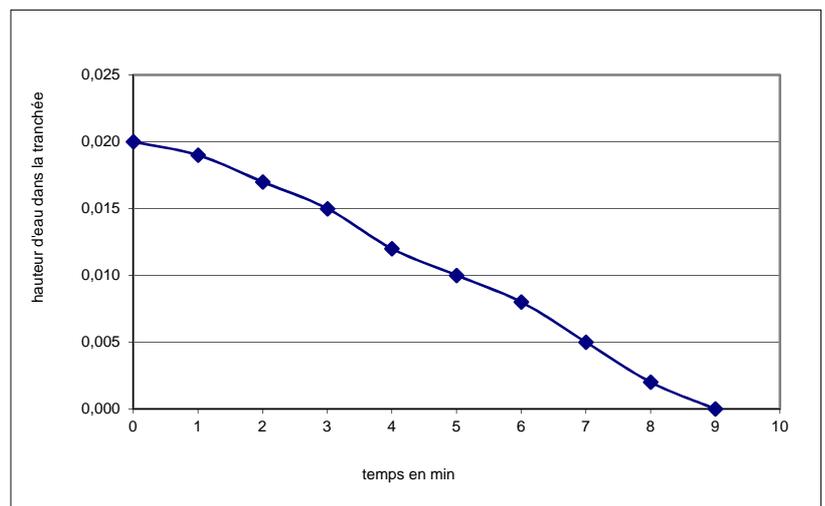
Dimensions de la fouille

longueur L	1,20	m
largeur l	0,40	m
hauteur H	2,45	m
surface	0,48	m ²
Section hydraulique a	0,15	a=L*l/2(L+l)
Volume d'eau	0,0096	m ³



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

Temps (min)	Hauteur d'eau (m)	Perméabilité K (m/s)
0	0,020	1,47E-05
1	0,019	2,98E-05
2	0,017	3,01E-05
3	0,015	4,59E-05
4	0,012	3,11E-05
5	0,010	3,14E-05
6	0,008	4,79E-05
7	0,005	4,89E-05
8	0,002	3,31E-05
9	0,000	



Kmoyen = 4,33E-05 m/s

Sol très perméable

Le laboratoire:

Annexe 7 : Pré-dimensionnement chaussées

TITRE DE L'ETUDE :

BULLY LES MINES (62)

Date : 05/04/2018

Variante :

Enregistrée sous : P:\21-DOSSIERS-2018-GENESYS\2018-03-19 - G2 PRO + G4 bât 3 LAMBRES LEZ DOUAI - 59\calculs\

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) : 250 Poids Lourds

Durée de service : 20 ans

Taux de croissance : 0 % par an

Plate-forme : PF2+

VALEURS INTERMEDIAIRES :

Nombre Cumulé de Poids Lourds : 1 825 000

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 : 90 °C.j

Indice de Gel Admissible : 94 °C.j =====> Chaussée protégée au gel

Q1 / PF2+	Norme	Classe	Epaisseur
Enrobés			6 cm
GB3	NF P 98-138	3	9 cm
GB3	NF P 98-138	3	10 cm
			Total = 25 cm

Commentaire du matériau : GB3

Commentaire de la structure : Enrobés/GB3/GB3

Pour les épaisseurs entre 8 et 10 cm, prévoir obligatoirement une GB en 0/14.

Pour les épaisseurs entre 12 et 15 cm, prévoir obligatoirement une GB en 0/20.

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 : Lille (59)

Type d'hiver : Hiver Rigoureux Non Exceptionnel

Indice de Gel brut : 90 °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 : Traitée

Quantité de gel admis par la partie non gélive de la plateforme : 4,48

Apport mécanique de la chaussée

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

TITRE DE L'ETUDE :

BULLY LES MINES (62)

Date : 05/04/2018

Variante :

Enregistrée sous : P:\21-DOSSIERS-2018-GENESYS\2018-03-19 - G2 PRO + G4 bât 3 LAMBRES LEZ DOUAI - 59\calculs\

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) : 250 Poids Lourds

Durée de service : 20 ans

Taux de croissance : 0 % par an

Plate-forme : PF2+

VALEURS INTERMEDIAIRES :

Nombre Cumulé de Poids Lourds : 1 825 000

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 : 90 °C.j

Indice de Gel Admissible : 93 °C.j =====> Chaussée protégée au gel

Q1 / PF2+	Norme	Classe	Epaisseur
Enrobés			6 cm
GB3	NF P 98-138	3	9 cm
GB3	NF P 98-138	3	10 cm
			Total = 25 cm

Commentaire du matériau : GB3

Commentaire de la structure : Enrobés/GB3/GB3

Pour les épaisseurs entre 8 et 10 cm, prévoir obligatoirement une GB en 0/14.

Pour les épaisseurs entre 12 et 15 cm, prévoir obligatoirement une GB en 0/20.

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 : Lille (59)

Type d'hiver : Hiver Rigoureux Non Exceptionnel

Indice de Gel brut : 90 °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 : 45 cm

Couche de forme : Non Traitée

Quantité de gel admis par la partie non gélive de la plateforme : 4,418182

Apport mécanique de la chaussée

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